

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS

Departamento de Plancton y Ecología Marina



**CARACTERIZACIÓN DE LAS ASOCIACIONES DE
LARVAS DEL PECES DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC, MÉXICO.**

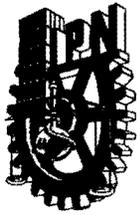
TESIS

Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias

PRESENTA

OSCAR LÓPEZ CHÁVEZ

Junio de 2010



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 24 del mes de Mayo del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

**“CARACTERIZACIÓN DE LAS ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES
DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC, MÉXICO”**

Presentada por el alumno:

LÓPEZ
Apellido paterno

CHÁVEZ
materno

OSCAR
nombre(s)

Con registro:

A	0	8	0	0	6	6
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director(a) de Tesis

DR. GERARDO ACEVES MEDINA

DR. RENÉ FUNES RODRÍGUEZ

**DRA. SYLVIA PATRICIA ADELHEID JIMÉNEZ
ROSENBERG**

MC. RICARDO JAVIER SALDIERNA MARTÍNEZ

MC. ALEJANDRO TRINIDAD HINOJOSA MEDINA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**IPN
CICIMAR
DIRECCION**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 26 del mes Mayo del año 2010, el (la) que suscribe ECOL. OSCAR LÓPEZ CHÁVEZ alumno(a) del

Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A080066 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

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

DR. GERARDO ACEVES MEDINA y cede los derechos del trabajo titulado:

"CARACTERIZACIÓN DE LAS ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES

DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC, MÉXICO"

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. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: oscar_3935@hotmail.com - gaceves@ipn.mx

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


ECOL. OSCAR LÓPEZ CHÁVEZ

nombre y firma

DEDICATORIA

A mi familia por todo su apoyo que siempre me han brindado.

AGRADECIMIENTOS

A los Programas de becas CONACYT y PIFI del IPN, por su apoyo económico.

Al comité revisor de tesis integrado por: Dr. Rene Funes Rodríguez, Dra. Sylvia P. A. Jiménez Rosenberg, MC Alejandro Trinidad Hinojosa Medina, por sus observaciones y aporte de información, especialmente a MC. Ricardo Javier Saldierna Martínez por su asesoría y apoyo en la identificación taxonómica.

A mi director de tesis: Dr. Gerardo Aceves Medina por dirigir mi tesis.

Al Dr. Reginaldo Durazo de la UABC, por su asesoría y aporte de bibliografía para el procesamiento y descripción de las variables físicas analizadas en este trabajo.

Al MC Raymundo Avendaño Ibarra por el aporte de gráficas de clorofila, Orso J. Angulo por su ayuda en la edición de figuras y Homero Urias por su apoyo en la identificación de larvas.

A la Secretaría de Marina de México por el tiempo de Barco otorgado y al jefe de la Estación de Investigación Oceanográfica de Salina Cruz, Capitán de Fragata del Servicio de Ingenieros de la Armada José Luis Eguileta Arias, por las facilidades otorgadas en la estación de investigación

A todo el personal de la SEMAR y la Estación de Investigación Oceanográfica que colaboró con nosotros en la obtención de muestras, Jose Paul Murad Serrano, Octaviano Hernández Hernández y Ángel Marín Gutiérrez, gracias por su apoyo.

A mis amigos Norma y Jose Raúl por todo su apoyo brindado desde el inicio.

A Martín Hernández Rivas, Fernando del Moral y Deivis Samuel por su aporte de bibliografía.

ÍNDICE GENERAL.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
GLOSARIO.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	11
4. HIPÓTESIS.....	14
5. OBJETIVO GENERAL.....	14
5.1. Objetivos Particulares.....	14
6. ÁREA DE ESTUDIO.....	15
7. MÉTODOS.....	21
7.1 Recolección de muestras.....	21
7.2 Análisis de laboratorio.....	21
7.3. Análisis de variables ambientales.....	22
7.4. Listado.....	23
7.5. Análisis de la comunidad.....	23
8. RESULTADOS.....	27
8.1. Condiciones ambientales.....	27
8.1.1 Temperatura y salinidad para verano 2007.....	27
8.1.2 Velocidad geostrófica verano 2007.....	31
8.1.3 Distribución espacial de Clorofila a para verano 2007.....	32
8.1.4 Biomasa zooplanctónica para verano 2007.....	33
8.1.5 Temperatura y salinidad para primavera 2008.....	33
8.1.6 Velocidad geostrófica primavera 2008.....	37
8.1.7 Distribución espacial de Clorofila a para primavera 2008.....	38
8.1.8 Biomasa zooplanctónica para primavera 2008.....	39
8.2. Lista sistemática.....	40
8.3 Estructura de la comunidad de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec	44
8.3.1 Composición de especies y abundancia de larvas en verano 2007.....	44
8.3.2 Afinidad del hábitat de los adultos para verano 2007.....	48
8.3.3 Diversidad y equidad en verano 2007.....	51
8.3.4 Composición de especies y abundancia de larvas en primavera 2008.....	53
8.3.5 Afinidad del hábitat de los adultos para primavera 2008.....	56
8.3.6 Diversidad y equidad en primavera 2008.....	59
8.3.7 Prueba estadística para la diferencia entre la diversidad alfa del 2007 y 2008.	60

8.4 Caracterización de las asociaciones de las especies de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec.....	62
8.4.1 Análisis de agrupamientos para verano 2007.....	62
8.4.2 Regionalización para verano del 2007.....	63
8.4.3 Asociaciones de especies de larvas de peces para verano 2007.....	64
8.4.4 Análisis de ordenación para verano del 2007.....	69
8.4.5 Análisis de agrupamientos para primavera 2008.....	73
8.4.6 Regionalización para primavera 2008	74
8.4.7 Asociaciones de especies de larvas de peces para primavera 2008.....	75
8.4.8 Análisis de ordenación para primavera del 2008.....	80
9. DISCUSIÓN.....	85
9.1 Caracterización ambiental.....	85
9.2 Listado taxonómico y composición de especies.....	87
9.3 Estructura de la comunidad.....	93
9.4 Caracterización de asociaciones.	95
10. CONCLUSIONES.....	104
11. RECOMENDACIONES.....	106
12. LITERATURA CITADA.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista sistemática de larvas de peces recolectadas en el Golfo de Tehuantepec durante verano 2007 y primavera 2008. Hábitat (HAB): (cp) pelágico costero; (op) pelágico oceánico; (mp) mesopelágico; (bp) batipelágico; (d) demersal (ds); demersal somero; (dd) demersal profundo; (nd) no determinado.....	41
Tabla 2. Abundancia total estandarizada en número de larvas/10m² (Abund.) de las familias de peces presentes en el Golfo de Tehuantepec en verano 2007: (Ab%) = abundancia relativa, (Esp.) = número de especies de cada familia y (%sp) = porcentaje que representaron con respecto al total de especies.....	44
Tabla 3. Abundancia y frecuencia relativa de los 97 taxa encontrados en el Golfo de Tehuantepec, durante verano del 2007. Sombreado en gris las especies que suman el 85% de la abundancia y en negritas las especies de baja abundancia pero presentes al menos en el 10% del total de estaciones muestreadas.....	46
Tabla 4. Frecuencia del número de especies por intervalo de clase de abundancia de larvas de peces para el verano del 2007. (I. C.) Intervalo de clase en número de larvas/10m²; Frecuencia = número de especies dentro del I. C.....	47
Tabla 5. Abundancia de larvas (número de larvas/10 m²) y número de especies por hábitat, para verano 2007: pelágico costero (cp); pelágico oceánico (op); mesopelágico (mp); batipelágico (bp); demersal somero (ds); demersal profundo (dd); no determinado (nd).....	49
Tabla 6. Abundancia total (Abund.), estandarizada en número de larvas/10m², para las familias de peces presentes en el Golfo de Tehuantepec en primavera 2008: (Ab%) = abundancia relativa, (Esp.) = número de especies de cada familia y (%sp) = porcentaje que representaron con respecto al total de especies.....	53
Tabla 7. Abundancia y frecuencia relativa de los 110 taxa encontrados en el Golfo de Tehuantepec en primavera 2008. Sombreado en gris las especies que suman el 85% de la abundancia y en negritas las especies de baja abundancia pero presentes al menos en el 10% del total de estaciones muestreadas.....	54
Tabla 8. Frecuencia del número de especies por intervalo de clase de abundancia de larvas de peces para primavera 2008. (I. C.) Intervalo de clase en número de larvas/10m²; Frecuencia = número de especies dentro del I. C.....	55
Tabla 9. Abundancia de larvas (número de larvas/10 m²) y número de especies por hábitat, para primavera 2008: pelágico costero (cp); pelágico oceánico (op); mesopelágico (mp); batipelágico (bp); demersal somero (ds); demersal profundo (dd); no determinado (nd).....	57

Tabla 10. Prueba estadística t para la diferencia entre los índices de diversidad (H') para verano 2007 y primavera 2008. $t = -5.692$; $P= 0.95$; $GL=786$.....	61
Tabla 11. Especies Indicadoras de las regiones RV1 y RV2 en verano del 2007; el $IV>30$.....	68
Tabla 12. Correlaciones para las 6 variables en verano del 2007. Temperatura de la superficie del mar (TSM), Temperatura Promedio de 0 m hasta la Termoclina (TPT), Salinidad Promedio desde 0 m hasta la Picnoclina (SPP).69	69
Tabla 13. Varianza explicada para los tres primeros ejes en el ACC de verano del 2007.....	72
Tabla 14. Especies características de una región en particular según el $IV>30$, $p\leq 0.1$. Para primavera del 2008.	79
Tabla 15. Correlaciones para las 6 variables en primavera del 2008. Temperatura de la superficie del mar (TSM), Temperatura Promedio de 0 m hasta la Termoclina (TPT), Salinidad Promedio desde 0 m hasta la Picnoclina (SPP).....	80
Tabla 16. Varianza explicada en la distribución de la abundancia para los tres ejes canónicos de primavera del 2008.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Área de estudio con la red de estaciones para julio 2007 (A) y para primavera 2008 (B). La isobata de -200 m en color rojo..... 15**
- Figura 2. Diagrama TS para verano 2007. Contornos de densidad en unidades de Kg m^{-3} 27**
- Figura 3. Perfiles verticales de temperatura y salinidad para verano 2007: Temperatura transecto 1 (A), transecto 2 (C) y transecto 3 (E), las isotermas incrementan en 1°C . Salinidad transecto 1(B), transecto 2 (D) y transecto 3 (F), las isohalinas incrementan 0.2 ups..... 29**
- Figura 4. Profundidad de la Pycnoclina en metros (A) y temperatura a los 60 m de profundidad (B), para verano 2007. 30**
- Figura 5. Velocidad geostrofica superficial (cm/s^{-1}). Transecto 1 y transecto 2 para verano 2007. Las isolineas con número negativo indican dirección hacia el oeste y las isolineas con número positivo indican dirección hacia el este. 31**
- Figura 6. Distribución de clorofila a para verano 2007. Las líneas y el círculo en negro indican la ubicación de las estaciones..... 32**
- Figura 7. Distribución de la biomasa zooplanctónica, valores en $\text{ml}/1000\text{m}^3$ para verano 2007. La isobata de los 200 m en línea azul..... 33**
- Figura 8. Diagrama TS para primavera 2008. Contornos de densidad en unidades de Kg m^{-3} 34**
- Figura 9. Perfiles verticales de temperatura y salinidad para primavera 2008. Temperatura transecto 1 (A), transecto 2 (C) y transecto 3 (E), las isotermas incrementan en 1°C . Salinidad transecto 1(B), transecto 2 (D) y transecto 3 (F), las isohalinas incrementan 0.2 ups..... 35**
- Figura 10. Profundidad de la Pycnoclina en metros (A) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) a los 60 m de profundidad, para primavera 2008. 36**
- Figura 11. Velocidad geostrofica superficial (cm/s^{-1}). Transecto 1 y transecto 2 para primavera 2008. Las isolineas con número negativo indican dirección hacia el oeste y las isolineas con número positivo indican dirección hacia el este. 37**
- Figura 12. Distribución de clorofila a para primavera 2008. Las líneas y el círculo en negro indican la ubicación de las estaciones..... 38**
- Figura 13. Distribución de la biomasa zooplanctónica, valores en $\text{ml}/1000\text{m}^3$ para primavera 2008. La isobata de los 200 m en línea negra. 39**
- Figura 14. A) Distribución de la abundancia de larvas de peces mostrando la isobata de los 200 m en rojo; B) porcentaje del número de estaciones muestreadas por intervalo de clase de abundancia de larvas para verano**

2007. Los valores de abundancia en ambas figuras están referidos al número de larvas/10m² de superficie marina.....	48
Figura 15. Distribución de la riqueza de especies de larvas de peces en verano 2007 de acuerdo al hábitat. Demersales someros (A), mesopelágicos (B), pelágicos costeros (C), batipelágicos (D), pelágicos oceánicos (E). La escala de colores está expresada en Número de especies por estación.....	50
Figura 16. Distribución horizontal de los valores de diversidad de Shannon (H') para el periodo de verano del 2007.....	51
Figura 17. Distribución de los valores de equidad (J) para el periodo de verano del 2007.....	52
Figura 18. A) Distribución de la abundancia de larvas de peces mostrando la isobata de los 200 m en rojo; B) porcentaje del número de estaciones muestreadas por intervalo de clase de abundancia de larvas, para primavera 2008. Los valores de abundancia en ambas figuras están referidos al número de larvas/10m² de superficie marina.....	56
Figura 19. Distribución de la frecuencia de especies de larvas de peces encontradas en primavera 2008 de acuerdo al hábitat. Demersales someros (A), mesopelágicos (B), pelágicos costeros (C), batipelágicos (D), pelágicos oceánicos (E). La escala de colores está expresada en Número de especies por estación.....	58
Figura 20. Distribución horizontal de los valores de diversidad de Shannon (H') para el periodo de verano del 2007.....	59
Figura 21. Distribución horizontal de los valores de equidad (J) para el periodo de verano del 2007.....	60
Figura 22. Dendrogramas cruzados modo Q y R usando el índice de similitud de Bray-Curtis. Se incluye la matriz de la abundancia larval en código de colores de las especies más abundantes y frecuentes: Región Norte (RV1), Región Sur (RV2); Grupo de especies 1 (GV1), Grupo de especies 2 (GV2), Grupo de especies 3 (GV3).....	62
Figura 23. Mapa de Regiones propuestas para verano del 2007 con la isobatas de 200 m y con las isolíneas de velocidades geostróficas de superficie (cm/s⁻¹), números negativos indican una dirección hacia el oeste y positivos hacia el este.....	64
Figura 24. Distribución horizontal del número de especies por estación de: Grupo de especies 1(GV1), Grupo de especies 2 (GV2), Grupo de especies 3 GV3 para el periodo de verano 2007. La escala de colores está expresada en número de especies por estación.....	66
Figura 25. Distribución horizontal de la abundancia de los grupos de larvas de peces para el periodo de verano 2007. Grupo de especies 1(GV1), Grupo de especies 2 (GV2), Grupo de especies 3 (GV3).....	67

Figura 26. (A) Diagrama de dispersión obtenida del CCA por especies para verano del 2007. (B).Especies ordenadas por valor descendente de abundancia (Abund.) y frecuencia (Frecc.).	70
Figura 27. Diagrama de dispersión por estaciones para los dos primeros ejes obtenido del CCA para verano del 2007 mostrando las variables correlacionadas. La línea punteada indica la separación de las regiones.	72
Figura 28. Dendrogramas cruzados modo Q y R usando el índice de similitud de Bray-Curtis con la matriz de la abundancia larval de las especies más abundantes y frecuentes en código de colores. Región Norte (RV1), Región Sur (RV2); Grupo de especies 1 (GV1), Grupo de especies 2 (GV2), Grupo de especies 3 (GV3).	73
Figura 29. Mapa de Regiones propuestas a partir del AC para primavera del 2008 con las isobatas de 200 m. Las flechas negras representan el flujo geostrófico estimado para el periodo de estudio.	74
Figura 30. Distribución horizontal de grupos de larvas de peces para el periodo de primavera 2008. (A) GP1, (B) GP2, (C) GP3, (D) GP4, (E) grupo 5, (F) grupo 6, (G) grupo 7. La escala de colores está expresada en número de especies.	77
Figura 31. Distribución horizontal de grupos de larvas de peces para el periodo de primavera 2008. (A) GP1, (B) GP2, (C) GP3, (D) GP4, (E) grupo 5, (F) grupo 6, (G) grupo 7.	78
Figura 32. (A) Diagrama de dispersión obtenida del ACC por especies para primavera del 2008. (B) Especies ordenadas por valor descendente de abundancia (Abund.) y frecuencia (Frecc.).	81
Figura 33. Diagrama de dispersión por estaciones para los dos primeros ejes obtenido del CCA para primavera del 2008 mostrando las variables correlacionadas. La línea punteada indica la separación de las regiones. La línea punteada indica la separación de las regiones.	83

RESUMEN

Se analizó la diversidad, distribución y abundancia de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec para caracterizar las asociaciones entre especies e investigar que variables ambientales determinaron su distribución y abundancia. El estudio se realizó a partir de 32 muestras de zooplancton en verano 2007 y 36 en primavera 2008, recolectadas con arrastres oblicuos de redes Bongo. En cada estación se obtuvieron además datos de temperatura y salinidad de la columna de agua, obtenidos de lances de CTD. Se identificaron un total de 145 especies (97 en verano y 110 en primavera), siendo las más abundantes las pelágico-costeras y mesopelágicas, pero las especies demersales someras son el componente más diverso. La zona estuvo caracterizada por la dominancia de *Bregmaceros bathymaster* y *Vinciguerria lucetia*. El verano del 2007 presentó una menor riqueza específica y abundancia larval asociadas a valores bajos de clorofila *a* y biomasa zooplanctónica, mientras que la primavera del 2008 presentó una mayor riqueza específica y abundancia de larvas, sobre todo de pelagicos costeros. En ambos periodos la mayor diversidad se encontró en la parte central y oriental del golfo. El análisis de grupos mostró tres asociaciones de especies para verano y siete para primavera que de acuerdo a sus gradientes de distribución mostraron dos regiones para el verano (norte y sur), y cuatro regiones para primavera (costera este, costera oeste, una de transición y una oceánica). Esta distribución estuvo determinada por dos factores principales: a) la sincronización espacio-temporal de los desoves de las especies neríticas sobre la plataforma continental y de las especies oceánicas fuera de la plataforma y b) por el flujo geostrofico de cada temporada, que determina los patrones de deriva larvaria en el Golfo de Tehuantepec.

ABSTRACT

The larval fish diversity, distribution and abundance were analyzed in order to characterize the species assemblages in the Gulf of Tehuantepec and investigate which environmental variables determine its distribution and abundance. This study was done with 32 zooplankton samples from summer 2007 and 36 from spring 2008, collected with oblique tows with Bongo nets. On each sampling station we also obtained temperature and salinity of the water column data through CTD casts. A total of 145 species were identified (97 in summer and 110 in spring), coastal-pelagic and mesopelagic species were the most abundant, but shallow demersal species were the most diverse component. The study area was characterized by the dominant species *Bregmaceros bathymaster* and *Vinciguerria lucetia*. Summer 2007 showed a lower species richness and larval abundance coinciding with lower Chlorophyll *a* and zooplankton biomass values, while spring had the highest species richness and larval abundance, mainly from coastal pelagic species. In both periods the highest diversity was found in the central and east region of the Gulf. Clusters analysis showed three species assemblages for summer and seven assemblages for spring, that according its distribution gradients showed two main regions for summer (north and south) and four regions for spring (east coast, west coast, transition zone and oceanic zone). Assemblages distribution were determined by two main factors: a) Spatial and temporal spawns synchronization of neritic species over the continental shelf as well as the oceanic species outside the continental shelf and, b) the geostrophic flux on each season, which determine the larval drift patterns in the Gulf of Tehuantepec.

GLOSARIO

Abundancia: número total de individuos de una especie o especies por unidad de área, volumen o comunidad.

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

Advección: del lat. *advectio*, *-ōnis*, transporte, conducción. Proceso mediante el cual son transportadas las propiedades inherentes a un fluido en movimiento.

Agrupamiento: cuantificación de la similitud o disimilitud entre dos objetos basado en las observaciones de los descriptores (abundancia de las especies; e. g. densidad, biomasa) que tiene por objeto agrupar a los elementos en grupos homogéneos en función de las similitudes entre ellos.

Asociación de larvas de peces: agrupación de huevos y larvas de peces que ocurren en el mismo tiempo y espacio. Esta agrupación puede ser dada por procesos físicos como corrientes, frentes, surgencias ó giros, y por procesos biológicos como el hábitat y estrategias reproductivas de los adultos.

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

Biomaza zooplanctónica: estimación de volumen de la masa total de organismos zooplanctónicos recolectados.

Capa de mezcla: capa superficial de temperatura más elevada y relativamente uniforme, (capa de mezcla) debido a la turbulencia generada por la acción de viento.

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

Comunidad: grupo de organismos pertenecientes a taxa distintos que ocurren en el mismo hábitat o área, que interactúan mediante relaciones tróficas y espaciales. Típicamente está caracterizada por la referencia a una o más especies dominantes.

Convergencia: Fenómeno que se presenta cuando aguas de diferente origen tiene una componente de su flujo que se unen en una línea o en un área, la cual es llamada línea o zona de convergencia. (Del lat. *convectio*).

Corriente geostrofica: Corriente que se produce por el equilibrio de la fuerza de gradiente de presión en la horizontal.

Demersal: que vive en o cerca del fondo del mar, pero que posee la capacidad de nadar activamente.

Dendrograma: un diagrama que muestra las relaciones producidas por una clasificación jerárquica.

Diversidad: es la riqueza de especies con el grado de homogeneidad de la abundancia relativa de las especies componentes.

Equidad: grado de homogeneidad existente en las abundancias relativas de las especies.

Especie indicadora: especie cuya presencia o ausencia es indicativa de un hábitat particular, comunidad o conjunto de condiciones ambientales; especie característica; especie guía.

Estratificación: capas horizontales de diferente densidad producida en la columna de agua por cambios de densidad.

Fitoplancton: Porción vegetal del plancton. Comunidades de plantas microscópicas que flotan libremente en el agua.

Frecuencia: número de veces que se presenta una especie dada en “*n*” muestras.

Hábitat: Conjunto de recursos y condiciones ambientales definidos espacio temporalmente que determinan la presencia, supervivencia y reproducción de una población o especie.

Hidrografía: Disciplina que se ocupa de las mediciones y la descripción de las características físicas de los cuerpos de agua.

Ictioplancton: La fase planctónica de la mayoría de los peces; comprende tanto a los huevos como a las larvas de éstos.

Intrusión: Es la entrada de un tipo de agua en un espacio donde existía otro tipo de agua diferente, conservando parcial o totalmente sus características por un tiempo generalmente corto.

Mesoescala: Se refiere a la extensión geográfica de fenómenos marinos, la cual va de 10-1000km.

Mesopelágico: se refiere a los organismos que viven en la columna de agua, en la zona entre los 200 m y los 1000 m de profundidad, en el océano abierto.

Ordenación: el ordenamiento de un juego de puntos de datos con respecto a uno o más ejes.

Picnoclina: es la porción de la columna de agua donde la densidad decrece bruscamente con el incremento de la profundidad.

Plancton: organismos que habitan libres en la columna de agua y cuyo poder de locomoción es insuficiente para evitar ser transportados por las corrientes.

Plataforma continental: fondo marino poco profundo de pendiente gradual que se encuentra alrededor de un margen continental, usualmente de una profundidad no mayor de 200m.

Termoclina: es la porción de la columna de agua donde la temperatura decrece bruscamente con el incremento de la profundidad.

1. INTRODUCCIÓN

Los peces teleósteos tienen en general una fase larval, con un tiempo de desarrollo que varía de acuerdo a la especie (Lagler, 1984). Sin embargo, el desarrollo y sobrevivencia de larvas pelágicas dependen en principio de las características ambientales del momento y lugar en que se dan los desoves (Rakocinski *et al.*, 1996). Las características de los desoves, como son la temporada, duración y ubicación espacial, pueden cambiar en diferentes escalas temporales debido a las variaciones del ambiente y/o la condición de los adultos (Doyle *et al.*, 1993). Posteriormente, en la fase larval, las variables físicas, químicas y biológicas del ambiente también influyen en la composición de especies, su abundancia y en su distribución (Heath, 1992).

Los procesos físicos oceanográficos de diferentes escalas de tiempo y espacio (corrientes oceánicas, giros, mezcla, frentes, etc.) influyen en menor ó mayor grado en las larvas de peces (Bakun y Parrish, 1982; Bruce *et al.*, 2001; Bakun, 2006). Estos procesos determinan patrones de circulación del agua que promueven el transporte y/o la retención de huevos y larvas a áreas favorables de crianza y alimentación, o bien pueden representar fronteras físicas que interfieren en el paso de larvas entre diferentes ecosistemas y en su distribución en la columna de agua (Brogan, 1994; Reiss y McConaughy, 1997; Ramos *et al.*, 2006). Junto a esos procesos, variables como la latitud geográfica, profundidad del lugar y la topografía costera, también influyen en la formación y/o modificación de los patrones espaciales de la abundancia de las especies (Ciechomski *et al.*, 1981; Graber y Limouzy-Paris, 1997).

En los procesos biológicos se involucran factores como la búsqueda, disponibilidad y competencia por el alimento, así como la abundancia de depredadores. Estos son factores que contribuyen con la sobrevivencia y distribución larval horizontal y vertical en el agua y pueden determinar cambios fisiológicos y de conducta debidos al estrés químico y físico del ambiente al que se enfrentan las larvas (McGowan y Miller, 1980; Hall y Wake, 1994; Gisbert *et al.*, 2004; Ramos *et al.*, 2006).

Las características del ambiente marino pueden presentar gradientes más o menos marcados en temperatura, salinidad, profundidad, intensidad de la luz, las mareas, estratificación de la columna de agua, etc., que afectan la organización y estructura de la comunidad de larvas de peces al modificar sus patrones de distribución y abundancia tanto en las costas como en las zonas oceánicas (McGowan y Miller, 1980; Hare *et al.*, 1999). La manera en cómo responden las larvas a los procesos oceanográficos y a los cambios ambientales es diferente en cada especie, debido a las diferencias de capacidad fisiológica y morfológica que presenta cada una y de sus requerimientos para sobrevivir (Aceves-Medina *et al.*, 2004).

La respuesta de las especies a los procesos oceanográficos y a los gradientes ambientales, genera similitudes y diferencias en abundancia y frecuencia de ocurrencia entre las especies de un área, definiendo así asociaciones o grupos de especies que llegan a ser recurrentes en espacio y tiempo bajo condiciones ambientales similares (Jiménez-Rosenberg y Aceves Medina, 2009).

El análisis de las asociaciones de larvas de peces permite establecer cuáles son las especies que tienen patrones similares repetitivos en espacio y tiempo de abundancia y presencia/ausencia en un ambiente (Gruber *et al.*, 1982). Reconociendo así, los tipos de asociaciones características e indicadoras de una variable o un grupo de variables específicas, por coexistir durante periodos y características hidrográficas particulares (Silva-Segundo *et al.*, 2008; Jiménez-Rosenberg, 2008).

Las asociaciones entre especies a través de larvas de peces pueden ser usados en conjunto con el análisis de diversidad, para evaluar cambios temporales y espaciales sobre la estructura de la comunidad e inferir acerca de su relación con los cambios ambientales (Franco-Gordo *et al.*, 2008). Esto permite establecer áreas y/o épocas preferenciales de distribución que obedecen a los gradientes espaciales (por ejemplo de temperatura y salinidad) y temporales como es el caso de los cambios estacionales en una serie de tiempo (Aceves-Medina *et al.*, 2004; Funes-Rodríguez *et al.*, 2006).

Establecer las áreas y épocas en las que una o varias asociaciones de especies son recurrentes, contribuye a entender los procesos de la estructura de la comunidad (Burrows *et al.*, 2009), que junto con la caracterización ambiental en la que se desarrollan las asociaciones, permite complementar los estudios de regionalización biológica que en la biogeografía y la ecología, tienen la finalidad de integrar información de unidades sistémicas similares que permiten hacer evaluaciones, manejo y conservación de áreas costeras y oceánicas (CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, 2007; Lipkovich *et al.*, 2008).

Una ventaja del análisis de asociaciones con las larvas de peces es que las larvas pelágicas, como integrantes del zooplancton, son un estadio transitorio para un hábitat distinto en la fase adulta (Chambers y Tripple, 1997). Esto nos da la ventaja de que al obtener muestras del ictioplancton en la columna de agua marina, tenemos una representatividad de especies de hábitat marinos distintos, que van desde el bentónico hasta el de las zonas epipelágica, mesopelágica, e incluso batipelágica, así como de ambientes distintos al marino, como los estuarinos y lagunares, porque sería difícil obtenerlas juntas en la fase adulta o juvenil, ya que tendríamos que valernos de distintos métodos de muestreo para cada ambiente en particular. Este hecho nos permite tener aproximaciones en cuanto a la diversidad de las especies de peces de una región determinada.

El Golfo de Tehuantepec (GT) es un sitio netamente tropical del sureste de México, con un alto potencial pesquero debido a sus características fisiográficas y batimétricas, que en combinación con la estacionalidad de procesos atmosféricos y oceanográficos lo hacen mantener una productividad relativamente alta prácticamente a lo largo del año, favoreciendo el desove de diferentes especies marinas. Esto lo convierte también en un lugar de crianza y alimentación de especies con importancia comercial y lugar de importantes pesquerías como el camarón, atún y sardina entre otras especies (Ortega-García *et al.*, 2000) que son explotadas por parte de la flota arrastrera de Sonora y Sinaloa que se desplaza hacia esta región (Acal y Arias, 1990).

Hasta la fecha el Golfo de Tehuantepec prácticamente carece de investigaciones que aborden el estudio de larvas de peces a nivel de comunidad,

ya que sólo existen los trabajos de Ahlstrom (1972) en área del Pacífico tropical oriental denominado EASTROPAC (Eastern Tropical Pacific Ocean), y el de Ayala-Duval *et al.* (1998) en el Golfo de Tehuantepec. En este último trabajo, se abordó la distribución de estos organismos a nivel de familia. Por tal motivo la presente investigación es el primer trabajo en contribuir al conocimiento de la estructura de la comunidad de larvas de peces en el Golfo de Tehuantepec, México, a través de la determinación de la diversidad de las asociaciones en relación al ambiente.

2. ANTECEDENTES

A pesar de que el área de estudio es una región importante debido a que junto con el Golfo de Papagayo y el Domo de Costa Rica representan las únicas fuentes de enriquecimiento de nutrientes por procesos de surgencia en toda la costa Pacífico de Centroamérica, el Golfo de Tehuantepec es una de las regiones del mundo con la menor información sobre comunidades marinas y variabilidad ambiental (Ortega-García *et al.*, 2000).

Esta carencia de información se refleja prácticamente en todos los grupos de especies marinas, pero particularmente para el caso de los peces se desconocen todos los aspectos básicos que modelan la composición, distribución y abundancia de los huevos y larvas de las especies que se distribuyen en esta zona.

Trabajos anteriores con adultos sugieren una gran diversidad de especies de peces en el Golfo de Tehuantepec (Acal y Arias, 1990; Bianchi, 1991; Tapia-García *et al.*, 1994; Tapia-García, 1997; Ramirez-Guitierrez *et al.*, 2007). No obstante, hasta la fecha se carece de una estimación confiable de la riqueza de especies de la zona.

Entre los pocos estudios que se tienen, se sabe que la ictiofauna de la región costera que va de Salina Cruz y todo Chiapas y que corresponde a la parte con una plataforma continental más amplia, está constituida principalmente por especies demersales (170 especies), existiendo una interacción con los sistemas lagunares-estuarinos como las lagunas Inferior y Mar muerto, sobre todo al inicio del periodo de lluvias cuando aumenta la riqueza y abundancia de peces lagunares y estuarinas, con una disminución al inicio de la temporada de secas (Tapia-García *et al.*, 1994 y Tapia-García, 1997), mientras que en lo que respecta a la parte más angosta de la plataforma continental (al oeste de Salina Cruz), se identifican en Huatulco 64 especies que corresponden a una comunidad de hábitat coralino y rocoso, que cambia en la temporada de secas al presentarse las surgencias (Ramirez-Guitierrez *et al.*, 2007), mostrando aumento de especies pelágicas en ese periodo, que de acuerdo a Acal-Sánchez (1989), son un componente importante del Golfo de Tehuantepec, principalmente en lo que

respecta a la sardina crinuda *Opisthonema libertate* y *Opisthonema medirastre* en los meses cálidos.

Para el caso particular de las larvas de peces, los primeros trabajos de los que se tiene registro son los realizados en los cruceros EASTROPAC, (ETP I y II), en los cuales Ahlstrom (1972) compara la composición, abundancia y distribución de larvas de peces en el Pacífico tropical oriental, pero sólo contempla una pequeña fracción de la región Oceánica del Golfo de Tehuantepec, siendo solamente una estación por crucero en la parte más oceánica la que se posiciona en el Golfo de Tehuantepec. En este trabajo se indica que las larvas de peces más abundantes en la zona oceánica del Pacífico tropical oriental circundante al Golfo de Tehuantepec son, las especies mesopelágicas *Vinciguerria lucetia* y *Diogenichthys laternatus*, además del pelágico-costero *Bregmaceros bathymaster*.

Posteriormente Ayala-Duval *et al.* (1998), reportan la distribución de algunos grupos de peces en su estadio larvario pero sólo a nivel familia como son: Clupeidae, Engraulidae, Synodontidae, Ophidiidae, además del Orden Pleuronectiformes, relacionando su presencia con la biomasa zooplanctónica. Encuentran que las mayores densidades de larvas de peces y de biomasa zooplanctónica se observan en enero para la parte costera occidental del golfo y que en la parte oriental se observan las mayores densidades para mayo, mientras que en noviembre se encuentran zonas de grandes densidades en todo el Golfo. Explican además que las áreas de mayor densidad de organismos se relacionan con bajas temperaturas superficiales en invierno y con los aportes pluviales para verano.

Otro dato que se tiene en el Golfo de Tehuantepec sobre larvas de peces, es que frente a Salina Cruz se encuentran larvas de clupeidos a profundidades someras (6-30 m). Según Acal y Corro (1994) esta es una zona de desove para este grupo de especies.

No existen más antecedentes en el Golfo de Tehuantepec que permitan tener una idea clara de que variables ambientales y procesos oceanográficos están determinando la distribución y abundancia de los primeros estadios de vida de los peces, sin embargo se conoce que el Golfo de Tehuantepec presenta

características ambientales que en otras regiones del mundo se sabe afectan significativamente la composición, distribución y abundancia de las larvas de peces. Estas características del Golfo de Tehuantepec están principalmente relacionadas con la presencia de sistemas lagunares de extensión considerable con aportes de agua dulce principalmente en las épocas de lluvia que va de mayo a junio y de septiembre a octubre (Magaña *et al.* 1999), una plataforma continental más amplia en la región este del Golfo y muy estrecha en el oeste (Carranza-Edwards *et al.*, 1998), así como la presencia de intensas surgencias ocasionadas por los fuertes tehanos que adicionalmente promueven características oceanográficas muy complejas que incluyen el cambio en la dirección y velocidad de las corrientes, así como la formación de giros ciclónicos y anticiclónicos de mesoescala que en conjunto determinan características importantes como los gradientes temporales y espaciales de temperatura y salinidad del agua, así como la profundidad de la termoclina, la profundidad de la capa de mezcla y la formación de frentes térmicos (Lavin *et al.*, 1992; Filonov y Trasviña, 2000; Trasviña *et al.*, 2003; Zamudio *et al.*, 2006; Trasviña y Barton, 2008).

Los trabajos realizados en otras áreas geográficas tanto en la zona costera o nerítica como en la zona oceánica, dan una idea de cómo podrían estas características ambientales del Golfo de Tehuantepec afectar la composición, distribución y abundancia de las larvas de peces en la zona, así como en la composición de las asociaciones larvales.

La zona nerítica cercana a ecosistemas costeros como estuarios y lagunas costeras, está caracterizada, como en el caso del mar muerto y las lagunas superior e inferior del Golfo de Tehuantepec, por cambios abruptos en variables como la temperatura y salinidad. Los agrupamientos de larvas dentro de estos sistemas y las aéreas costeras inmediatas cambian estacional y espacialmente y se componen de especies residentes del lugar y especies transitorias al estuario, cuya distribución y abundancia muestra correlaciones importantes con la temperatura y precipitación pluvial, así como con la distancia al estuario que está influida por agua más salada del océano y agua de menor salinidad de las descargas continentales (Ramos *et al.*, 2006). En estas regiones de transición,

tanto el oxígeno como las corrientes de superficie inducidas por el viento determinan las asociaciones de larvas de peces, porque dispersan y transportan a las larvas hacia fuera de la costa (Rakocinski *et al.*, 1996).

Por otro lado, es sabido que la plataforma continental juega un papel importante en la composición y abundancia de las asociaciones de larvas de peces de otros océanos del mundo. En general, se conoce la tendencia a encontrar grupos de especies principalmente de hábitats costeros hacia la parte más somera, que traslapan su distribución con aquellos grupos de especies de afinidad oceánica en las vecindades de la plataforma continental (Moser *et al.*, 1974; Moser *et al.*, 1987; Moser y Smith, 1993; Olivar y Shelton, 1993; Marancik *et al.*, 2003). Si bien es posible observar en general este esquema de distribución de las asociaciones, los cambios espaciales y estacionales en temperatura del mar, así como los cambios de los patrones de corrientes y procesos de surgencias como las encontradas en el Golfo de Tehuantepec durante el invierno y parte de la primavera (Lavin *et al.*, 1992) se ha visto que impactan de manera importante en la composición y distribución de las asociaciones de larvas de peces en otras áreas.

Los procesos de surgencia por ejemplo, modifican estos patrones generales ya sea transportando especies de áreas someras lejos de la costa por procesos de advección (Aceves-Medina *et al.*, 2003; Aceves-Medina *et al.*, 2006) o favoreciendo los desoves típicos de especies de pelágicos menores en las zonas de surgencia (Funes-Rodríguez *et al.*, 2004; Aceves-Medina *et al.*, 2009), esto debido al aporte de nutrientes y al consecuente incremento de la producción primaria que incrementa la probabilidad de encontrar alimento para las larvas de peces.

La intensidad y dirección de las corrientes costeras y sus cambios estacionales, determina también en gran medida la deriva larvaria y junto con procesos de mesoescala como son los giros ciclónicos y anticiclónicos, determinan la retención o bien la dispersión de huevos y larvas a zonas distintas a las que ocurrió el desove (Logerwell y Smith, 2001; Sampey *et al.*, 2004; Munling y Beckey, 2007; Okazaki y Nakata, 2007).

Por otro lado, hay trabajos realizados fuera de la plataforma continental que muestran cambios en los patrones de las asociaciones, entre la zona costera y oceánica. En el trabajo de Richardson *et al.* (1980), durante cuatro años de estudios en Oregon (E.U.) encuentran: un agrupamiento costero, un agrupamiento fuera de la costa y estaciones de transición entre esos agrupamientos. Esos patrones se relacionan en parte con las áreas de desove de los adultos, por ejemplo de especies que desovan sobre de la plataforma y aquellas que lo hacen en la zona oceánica. No obstante, posteriormente las corrientes de la zona originan un transporte larval hacia la costa en verano y un transporte larval hacia fuera de la costa en invierno. Este transporte ayuda a las larvas a mantenerse en zonas paralelas a lo largo de la costa, modificando la localización de los agrupamientos con respecto a la distancia de la costa. Un ejemplo del transporte es *Sebastes* spp, el cual en fase adulta tiene su hábitat dentro de la plataforma y cuyas larvas son transportadas hacia fuera de la plataforma (Richardson *et al.*, 1980).

Somarakis *et al.* (2002), encuentran diferentes agrupamientos en el Mar Egeo, donde la circulación está determinada por la entrada de agua salobre que proviene del Mar Negro, así mismo, por los vientos que crean frentes termohalinos y giros anticiclónicos, casi todo el año. Esto determina agrupamientos costeros y oceánicos, que tienden a estar separados por una estrecha zona de transición paralela a la costa cerca de la isobata de los 200 m. Los agrupamientos están influidos por la amplia plataforma continental y por la distribución de los desoves de adultos dentro y fuera de la costa.

En el trabajo de Munk *et al.* (2004), al oeste de Tailandia, encuentran un agrupamiento dentro de la costa, otro a la mitad de la plataforma (transición) en una zona de frente hidrográfico y otro agrupamiento más, cerca del talud en aguas oceánicas. En el área hay un fuerte calentamiento en la superficie y una masa de agua fría bajo la superficie, esta diferencia forma una fuerte picnoclina. En la costa el agua es mezclada por los vientos, así se produce una inclinación de las isopícnas que llegan hasta el fondo de 55 a 60 m de profundidad. Esto establece la zona de frente y los gradientes que determinan los agrupamientos, los cuales

coinciden con las zonas de desoves conocidas por los adultos ya sea dentro de la costa o afuera.

3. JUSTIFICACIÓN

Los peces son uno de los grupos más conspicuos y conocidos del medio marino y tienen un papel ecológico relevante en los ecosistemas marinos como transmisores de energía en diferentes niveles de la cadena trófica; algunas especies son buenos indicadores de los efectos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos, pero también representan un recurso pesquero sumamente importante para la humanidad (Helfman *et al.*, 1997).

En general este tipo de organismos están distribuidos de manera heterogénea en los océanos tanto en tiempo como en espacio y debido a su gran importancia como fuente alimenticia y generadora de recursos económicos, han justificado fuertes inversiones en investigaciones de gran envergadura como el programa GLOBEC que tiene como principal objetivo, investigar los procesos que generan variabilidad en la abundancia, la distribución y la dinámica de las poblaciones de las especies de peces en diferentes escalas de tiempo (Lehodey *et al.*, 2006).

En el caso de peces óseos marinos, una parte importante de la variabilidad en el reclutamiento se atribuye a la alta y variable mortalidad de los estadios tempranos de su ciclo de vida (Houde, 1989), por lo que la identificación de los procesos que influyen en la distribución, abundancia y sobrevivencia de huevos y larvas de peces es esencial para llegar a un entendimiento de su dinámica poblacional (Caley *et al.* 1996).

De esta forma, los estudios ecológicos de ictioplancton tienen gran importancia porque proporcionan información de las áreas y épocas de reproducción de los peces en el periodo más crítico de su ciclo de vida y junto con mediciones de variables ambientales, nos permiten investigar sobre como éstas determinan la variabilidad en la distribución y abundancia de los peces.

Es importante hacer notar que gran parte de las investigaciones sobre ecología de larvas de peces ha sido desarrollada en regiones donde se desarrollan pesquerías de gran magnitud, particularmente en las zonas de surgencia de latitudes medias, como es el caso de la Corriente de California, la Corriente de Humboldt, las Canarias y la corriente de Benguela (Ortega-García *et al.*, 2000), pero en el Golfo de Tehuantepec, que presenta una alta producción

primaria y soporta una intensa actividad pesquera (Robles–Jarero y Lara–Lara, 1993; Ortega–García *et al.*, 2000), se desconocen los aspectos básicos de la composición de especies de larvas de peces que se distribuyen en la zona y de los procesos que determinan la distribución y abundancia de los primeros estadios de vida de los peces.

Elaborar este tipo de investigación en el Golfo de Tehuantepec es fundamental porque a pesar de ser una región muy poco estudiada, se estima una alta diversidad de peces por las características tropicales de la región, su alta productividad primaria y por presentar gran diversidad de ecosistemas entre los que se incluyen arrecifes rocosos, playas arenosas, lagunas costeras y desembocaduras de ríos entre otras (Briggs, 1974).

El estudio de las larvas de peces en el Golfo de Tehuantepec es también importante para el entendimiento biogeográfico porque su fauna íctica muestra que en el Golfo de Tehuantepec, particularmente en la Bahía de Tangolunda, se encuentra ubicada la frontera entre dos principales regiones biogeográficas: la provincia Panámica y la provincia Mexicana (Briggs, 1974).

Otro aspecto importante del presente trabajo es el determinar las asociaciones de larvas de peces. Diversos trabajos han mostrado la importancia de este tipo de estudios porque entre otras cosas, las asociaciones de especies de larvas de peces son útiles para definir fronteras entre comunidades y regiones faunísticas y bajo el concepto de que las asociaciones suelen ser entidades que pueden ser recurrentes en tiempo y espacio bajo condiciones ambientales específicas, suelen utilizarse como indicadores biológicos de las condiciones ambientales imperantes, o bien del cambio ambiental, aún cuando este no haya sido aun detectado en las variables ambientales comúnmente medidas (Jiménez-Rosenberg y Aceves Medina, 2009; Aceves-Medina *et al.*, 2004).

En el Golfo de Tehuantepec no se ha explorado en absoluto con este tipo de estudios sobre asociaciones de larvas de peces, por lo que toda la información generada de este estudio aportará datos que permitan obtener un primer acercamiento de cuáles son las principales variables ambientales que determinan la distribución y abundancia de las asociaciones de larvas de peces.

Estudios anteriores que comprenden desde la geología hasta la oceanografía física y química de la zona han permitido proponer que a lo largo de todo el año, el Golfo de Tehuantepec presenta una regionalización costa-océano y este-oeste que se refleja en la mayor parte de los pocos grupos estudiados (fitoplancton, copépodos, eufáusidos y peces adultos). Analizar cómo se acopla la distribución de las asociaciones de larvas de peces a estas regiones propuestas es un resultado importante porque nos puede permitir establecer antecedentes para el establecimiento de grupos de especies indicadoras de condiciones ambientales específicas, así como a ayudar a delimitar espacial y temporalmente fronteras entre regiones.

Adicionalmente, los trabajos sobre regionalizaciones muestran, cuales son las porciones alrededor de la costa, que son prioridad o que deban ser consideradas dentro de leyes de conservación marina, porque ahí pasan su primera fase de vida los peces (Marancik et al., 2003). Al respecto a esto, el Golfo de Tehuantepec posee dos áreas costeras consideradas por la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) como reservas de la biosfera, una en Huatulco (Oaxaca) que comprende parte de área marina con 46.77 km² y la otra es La Encrucijada (Chiapas) con 292.16 km² de área de mar, esta última en su costa comprende un sistema de lagunas y manglares (<http://www.conanp.gob.mx>). Estas son consideradas zonas que tienen prioridad, por su alta riqueza, diversidad y endemismo. Por lo tanto trabajos como este, contribuyen aun más en el aporte de información de esas áreas sobre todo para larvas de peces.

4. HIPÓTESIS

Las asociaciones de larvas de peces mostrarán gradientes de distribución relacionados con los gradientes ambientales del Golfo de Tehuantepec (temperatura del mar, salinidad, distancia a la costa y la batimetría).

5. OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución de las asociaciones de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec en condiciones de verano y primavera, así como el efecto de la temperatura del mar, salinidad, distancia a la costa y batimetría en la distribución y abundancia de estos organismos.

5.1. Objetivos Particulares

1. Describir las condiciones ambientales de la columna de agua en términos de la temperatura, salinidad, Clorofila a, biomasa zooplanctónica y flujo geostrófico.
2. Elaborar el listado taxonómico de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec.
3. Determinar la composición de especies, abundancia y diversidad de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec.
4. Caracterizar las asociaciones de larvas de las especies de peces durante el verano 2007 y la primavera de 2008.
5. Determinar el efecto de las variables ambientales (temperatura, salinidad, distancia a la costa y batimetría) en la distribución, abundancia y diversidad de las asociaciones de larvas de peces en el Golfo de Tehuantepec.

6. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de Tehuantepec se ubica en la región sur del Pacífico mexicano, frente a los estados de Oaxaca y Chiapas ($16^{\circ} 30' - 12^{\circ} 20'$ latitud N, $98^{\circ} 31' - 93^{\circ} 10'$ longitud O), en aguas del Pacífico Tropical Oriental (Fig. 1).

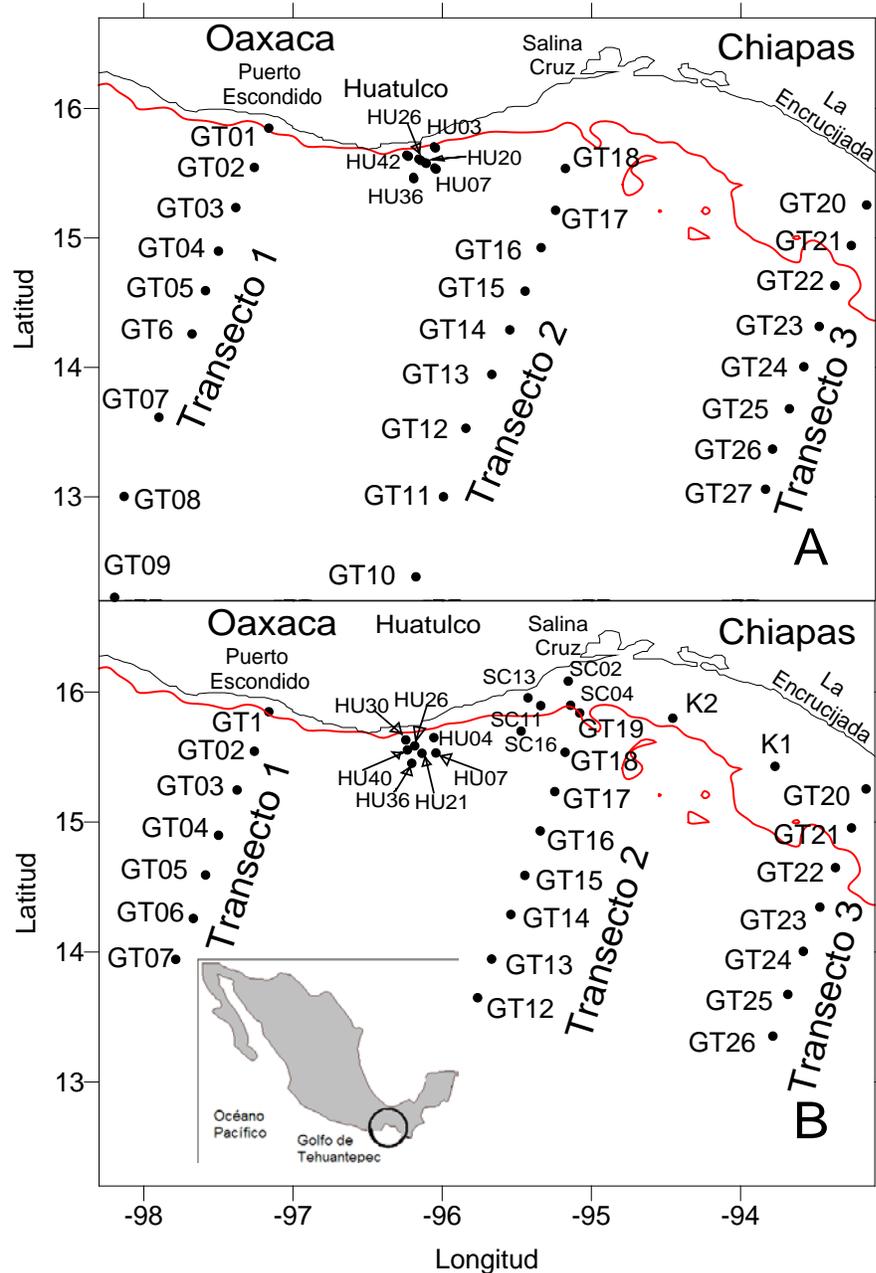


Figura 1. Área de estudio con la red de estaciones para julio 2007 (A) y para primavera 2008 (B). La isobata de -200 m (en línea de color rojo).

La topografía del Golfo de Tehuantepec se caracteriza en su parte occidental por una plataforma continental muy estrecha que presenta un fondo rocoso y coralino, mientras que en el lado oriental, la plataforma es amplia y se subdivide en el banco Oaxaqueño de fondo arenoso con escasos aportes epicontinentales y el banco Chiapaneco de fondo arenoso-lodoso, arenas con gravas, con influencia de sistemas lagunares-estuarinos y con gran aporte de agua epicontinental (Carranza-Edwards *et al.*, 1998) por otra parte, la cuenca costa de Chiapas está caracterizada por la desembocadura de una gran cantidad de ríos (Rodiles-Hernández *et al.*, 2005).

Los vientos que predominan en el Golfo de Tehuantepec de octubre a abril son conocidos comúnmente como tehuanos (Hurd, 1929), llegan al norte del golfo, hacia el Océano Pacífico, con ráfagas en promedio de 10 m s^{-1} con máximas de 50 o hasta 60 m s^{-1} (Stumpf, 1975). Estas máximas velocidades son poco frecuentes y a lo largo del año se pueden presentar otras direcciones de los vientos, del este, noreste, noroeste y oeste; esta última dirección con mayor frecuencia en primavera. De junio a agosto, excepto cuando pasan las tormentas tropicales, el Golfo de Tehuantepec se caracteriza por vientos suaves con direcciones del norte, noreste y este. En mayo y septiembre es variable debido a que hay cambios, entre las épocas de nortes y vientos suaves. En verano tienen mínimas velocidades, pero son muy frecuentes, con un relativo incremento en julio (Blackburn *et al.*, 1962; Romero-Centeno *et al.*, 2003; Amador *et al.*, 2006).

Los cambios en el patrón de vientos marcan las temporadas de sequía y de lluvias, que de acuerdo al ciclo anual de la precipitación sobre el sureste de México, tiene su máximo durante los meses de mayo-junio y de septiembre-octubre con una relativa disminución de la lluvia a la mitad de verano que corresponde a julio (Magaña, 1999). Por lo tanto, el invierno se caracteriza, por las sequías y por la influencia de los vientos sobre el mar, que conducen a descensos de temperatura de superficie del agua, hasta 8° C de diferencia con respecto al máximo de 31° C (Barton *et al.*, 1993). De acuerdo a Roden (1961) en invierno las temperaturas de superficie en promedio son de 18° - 19° C en la parte Norte del Golfo, y para verano, caracterizado por las lluvias son de 28° y 30° C .

Los vientos tehuanos generan remolinos anticiclónicos, en la parte occidente y ciclónicos en la parte oriente del Golfo de Tehuantepec, como resultado de la fuerza que empuja el agua superficial de la costa hacia mar adentro, esto genera una mezcla vertical de la columna de agua en la costa, produciendo también afloramiento de agua fría, rica en nutrientes, incrementando las concentraciones de clorofila en las capas superficiales del agua (Lavin *et al.*, 1992).

Los vientos que imprimen energía al océano en el Golfo de Tehuantepec, también crean una propagación de ondas internas sobre la plataforma continental que contribuyen a la mezcla vertical modificando la distribución de la temperatura y el oxígeno durante los meses de invierno (Filonov y Trasviña, 2002; González-Silvera *et al.*, 2004).

En verano también se pueden formar giros, Zamudio *et al.* (2006) demostró por medio de observaciones satelitales de altimetría, la formación de un giro anticiclónico, durante verano. Posteriormente, Trasviña y Barton (2008) en el periodo libre de huracanes, mostraron que la circulación costera de julio a agosto se caracteriza por giros ciclónicos/anticiclónicos. Los giros anticiclónicos se propagan hacia fuera de la costa, de 7-8 km d⁻¹ con dirección hacia el suroeste. A pesar de que los vientos pueden ser débiles, ocasionan un patrón de circulación costera similar al invierno.

Con respecto al patrón general de corrientes, la Corriente Costera de Costa Rica (CRCC) es la que rige sobre el patrón de circulación costera en el Golfo de Tehuantepec (Wyrki, 1966).

De acuerdo a Kessler (2006), la CRCC se origina como una extensión de la Contra Corriente Norecuatorial (NECC), que proviene desde Centro América, fluye hacia el noroeste, por toda la costa de Centro América, para llegar hasta el norte del Golfo de Tehuantepec, donde es forzada a salir, hacia fuera de la costa, para eventualmente alimentar a la Corriente Norecuatorial (NEC), aunque se cree que parte de esta corriente, fluye hacia el norte superficialmente por toda la costa mexicana. Según Kessler (2006) la circulación de la CRCC, puede variar dentro del Golfo de Tehuantepec, a causa de los vientos tehuanos forzándola a salir de la costa.

Durante el periodo de lluvias la CRCC, fluye más alejada de la costa con dirección hacia el noroeste (Roden, 1961; Blackburn, 1962). Según Badan (1997) lo que se sabe del patrón de circulación de la CRCC es puramente esquemático y tentativo, sin embargo la masa de agua de Superficie para la CRCC corresponde a Agua Tropical Superficial (TSW) la cual tiene un espesor de 20 a 50 m de profundidad.

Con respecto a las masas de agua, Fiedler y Talley (2006) mencionan que de acuerdo a los patrones de temperatura y salinidad, en la zona oceánica se encuentra el Agua Tropical Superficial (TSW) que posee una temperatura $> 25^{\circ}$ C y una salinidad < 34 ups al norte del ecuador, diferenciándose del Agua Ecuatorial de Superficie (ESW) con una temperatura $< 25^{\circ}$ C y una salinidad $S > 34$ ups.

La columna de agua presenta una capa de mezcla muy somera en promedio con 20-30 m de profundidad (Monreal-Gómez *et al.*, 1998). A lo largo del año se observa una termoclina fuerte (0.7° C/m) y somera en promedio al rededor de los 20 y 30 m de profundidad, que coincide también en profundidad con la haloclina. Así mismo, la nutriclina es fuerte debido a la fuerte termoclina y una marcada picnoclina, manteniéndose así una relación entre la temperatura y nutrientes (Fiedler y Talley, 2006).

Las diferencias espaciales este-oeste determinan que la producción primaria en el Golfo de Tehuantepec registre dos zonas ecológicamente diferentes en su costa, la región oeste-central, en su mayor parte zona oceánica, donde se detectan afloramientos pero valores de biomasa zooplanctónica bajos; y la región este con valores de producción primaria y de biomasa zooplanctónica altos (Moulin-Ruiz, 1979). Según Robles-Jarero y Lara-Lara (1993) la costa oriente del Golfo contribuye con el 54.3% de la Clorofila total y sugieren que la parte oriental-central tiene valores de producción primaria moderados, debido a la intensa mezcla que no permite mantener una condición óptima de luz para el fitoplancton en la zona eufótica. La nutriclina se registra superficial sobre la plataforma continental. Las aguas son productivas de octubre a abril con máximas de noviembre a enero y en verano son productivas en la parte oriental (Lluch-Cota *et al.*, 1995). La mayor densidad del fitoplancton se localiza en la costa occidental,

predominando las diatomeas; en cambio la costa oriental posee, fluctuaciones de comunidades de diatomeas y dinoflagelados (Valero-Gamboa, 1982). Los copépodos están ampliamente distribuidos en todo el Golfo, sin embargo su densidad va disminuyendo de la costa hacia mar abierto (Verdi, 1986). Estos presentan dos asociaciones principales: nerítica y oceánica cuya composición corresponde con la fisiografía de la zona, y el fuerte gradiente de variación en dirección costa-océano que es comúnmente observado en otras asociaciones de organismos planctónicos (Fernández-Alamo *et al.*, 2000).

Otro grupo del zooplancton, los eufausidos, se encuentran en el Golfo de Tehuantepec en dos regiones: el occidente por tener mayor profundidad, presenta grandes concentraciones de eufausidos, el oriente tiene bajas concentraciones (Farber-Lorda *et al.*, 1994).

Por lo que respecta a los peces, con base en la distribución de estos, Briggs (1974) menciona que la parte norte del Golfo de Tehuantepec, en la Bahía Tangolunda (Huatulco), es el límite entre las provincias biogeográficas: mexicana y la Panámica. Esto define a la parte más amplia de la plataforma continental que va de Salina Cruz Oax., hacia la costa de Chiapas, este constituida en dos subsistemas (Carranza-Edwards *et al.*, 1998) el subsistema Oaxaqueño y el Chiapaneco donde la mayoría de las especies de peces son demersales, asociados al tipo de fondo y condiciones hidrológicas de cada subsistema, estos mantienen una interacción con los sistemas lagunares-estuarinos como las lagunas de Oaxaca y Chiapas sobre todo al inicio del periodo de lluvias cuando aumenta la riqueza y abundancia de peces con una disminución al inicio de la temporada de secas (Tapia-García *et al.*, 1994 y Tapia-García, 1997).

En la parte más angosta de la plataforma continental, en Huatulco, las especies corresponden a una comunidad de hábitat coralino, rocoso y de escombros que cambia en la temporada de secas al presentarse las surgencias, cuando muestra un aumento de especies pelágicas en ese periodo (Briggs, 1974; Ramirez-Guitierrez *et al.*, 2007).

En el Golfo de Tehuantepec el máximo número de especies reportadas es el de Acal y Arias (1990), con 292 especies, tras una evaluación de las biomásas de

peces demersales y pelágicos en el sur del Pacífico mexicano, siendo las de mayor volumen *Chloroscombrus orqueta*, *Orthopristis sp*, *Orthopristis chalceus*, *Opisthonema libertate*, *Diapterus peruvianus*, *Eucinostomus gracilis*, *Sphyaena ensis* y *Diapterus aureolus*. Acal-Sánchez (1989), identifica que las especies de sardina en el Golfo de Tehuantepec son, la Crinuda *Opisthonema libertate* y *Opisthonema medirastre*, abundantes en los meses cálidos. De las especies de pelágicos y demersales las que tienen más amplia distribución y mayor abundancia entre el Golfo de Tehuantepec y el Golfo de Papagayo (Costa Rica) son *Selene peruviana* y *Chloroscombrus orqueta*.

7. MÉTODOS

7.1 Recolección de muestras

El trabajo se sustenta en dos cruceros oceanográficos en el Golfo de Tehuantepec, realizados en el buque oceanográfico ALTAIR de la Secretaria de Marina de México. Un crucero se realizó en verano (del 03 al 12 de julio del 2007) muestreando 32 estaciones y el segundo en primavera (del 26 de mayo al 08 de junio del 2008) con 36 estaciones (Fig. 1). El plan de estaciones fue diseñado por la secretaria de marina.

Durante estos cruceros se tomaron muestras de zooplancton mediante arrastres oblicuos usando una red tipo Bongo con 0.6 m de diámetro en cada boca y provistas de redes cilíndrico cónicas con 303 y 505 μm de luz de malla y colectores flexibles de malla nytex. Cada red se equipó con un flujómetro digital en la boca para medir el volumen de agua filtrada, el método de arrastre es descrito con detalle por Smith y Richardson (1979). El material colectado se preservó en una solución de formol al 4% neutralizado con Borato de Sodio y alcohol al 96% para cada una de las redes respectivamente. Para el desarrollo de este trabajo sólo se utilizó el material recolectado de la red de 505 μm . Con un CTD Seabird se tomaron lecturas de temperatura y salinidad de la columna de agua hasta 600 m de profundidad o hasta donde la profundidad de la estación lo permitiera, dejando siempre un margen de 10 m con el fondo.

7.2 Análisis de laboratorio

De cada muestra se calculó el volumen de la biomasa zooplanctonica por el método de volumen desplazado (Beers, 1976.) y se normalizó a $\text{ml} / 1000 \text{ m}^3$. Posteriormente las larvas se separaron de la muestra madre, se cuantificaron y se identificaron hasta nivel de especie cuando fue posible usando literatura especializada (Matsumoto, 1959; Sumida *et al.*, 1985; Nishikawa y Rimmer, 1987; Jiménez–Rosenberg, 1998; Aceves-Medina *et al.*, 1999; Funes-Rodriguez., *et al.*, 2004; Saldierna-Martínez *et al.*, 2005) y siguiendo los criterios de Moser (1996). La abundancia de las larvas se normalizó a número de larvas/10 m^2 de superficie marina de acuerdo a Smith y Richardson (1979), para obtener de esta manera bases de datos de abundancia de larvas de peces por especie y por estación.

7.3. Análisis de variables ambientales

Con datos de temperatura y salinidad se realizaron perfiles verticales, hasta los 200 m de profundidad, para analizar visualmente los gradientes de estas variables en la columna de agua, así como la profundidad de la termoclina, haloclina y picnoclina. La profundidad de la termoclina y de la picnoclina se calculó de acuerdo al procedimiento de Peterson *et al.* (1988). Para lo cual se obtuvo el promedio de cada variable cada 5 m de profundidad hasta los 200 m. Una vez obtenida esta matriz se utilizó la fórmula:

$(T_2 - T_1) / (P_2 - P_1)$ ó $\Delta T / \Delta z$ para el caso de la temperatura

$(\delta t_2 - \delta t_1) / (P_2 - P_1)$ ó $\Delta \delta t / \Delta z$ para el caso de la densidad

Donde: T es la temperatura, δt es la densidad y Z es la profundidad en metros

Se determinó la Temperatura Promedio desde Superficie hasta la Termoclina (SPT) y la Salinidad Promedio desde la superficie hasta la Picnoclina (SPP).

Esta fórmula nos ofrece el valor de la pendiente (derivada) entre las dos profundidades más próximas. El establecimiento de la profundidad donde comienza la termoclina o la picnoclina en su caso se obtiene de acuerdo a Peterson *et al.* (1988) cuando el valor de la pendiente es mayor o igual a 0.1. Los valores de temperatura de esta ecuación se graficaron para cada estación y se observó la profundidad a la que se encontraba la termoclina y con datos de densidad, para la profundidad de la picnoclina.

Se utilizaron mapas de clorofila (Chla) construidos a partir de datos descargados de la NASA en la página web: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>, SEAWIFS Level 3 con una composición mensual, posteriormente se ordenaron para ser interpolados por el método de Kriging en Surfer 8.

Los cálculos de la velocidad de la corriente geostrofica se realizaron por medio de datos de temperatura, salinidad y profundidad que son los que determinan la densidad de los transectos perpendiculares a la costa. Este procedimiento sólo se realizó en las estaciones que presentaron más de 500 m

de profundidad usando el software Matlab 4.5 y siguiendo la metodología de Helland-Hansen's (Pirie, 1973) que al calcular la densidad de las columnas de agua cada estación y estas al tener diferente distribución de densidad determinan una inclinación con las isopicnas estableciéndose un declive geopotencial y un flujo de corriente geostrofica en el océano. Para ésto se debe conocer el gradiente de presión en la horizontal con la profundidad, asumiendo que a los 500 m tenemos 0 velocidad (Rosas-Cota, 1976).

7.4. Listado

Se elaborará un listado de especies siguiendo la clasificación de Nelson (2006) hasta nivel de familia y para cada especie, se obtuvo información del tipo de hábitat de los adultos de acuerdo a Eschmeyer (1998) de la siguiente manera: demersales (profundas o someras), pelágicas (costeras u oceánicas), mesopelágicas y batipelágicas. Las especies se depositaron en viales de Borosilicato en la colección de Larvas de Peces del Pacífico Mexicano del departamento de Plancton.

En el caso de las formas identificadas a nivel de genero ó familia, éstas se agruparon en morfotipos similares de acuerdo a sus características merísticas, morfológicas y de pigmentación, comparándose con los registros ya obtenidos en la colección de larvas de peces del departamento de Plancton y Ecología Marina de CICIMAR para asignarles la secuencia de un número específico a morfotipos similares que representan taxa equivalentes a nivel de especie (p.ej. *Syacium* sp. 1 y *Syacium* sp. 2 ó Sciaenidae sp. 4 y Sciaenidae sp. 5).

7.5. Análisis de la comunidad

La distribución de la abundancia total de larvas se expresó en mapas para observar las áreas de mayor abundancia de organismos sin distinguir la especie. También se construyeron tablas y gráficas de la abundancia para expresar la distribución de la frecuencia de los datos de abundancia en intervalos de clase como parte de la estadística descriptiva que permitiera una comparación de la

estructura comunitaria entre ambos cruceros. Los intervalos de clase se obtuvieron de acuerdo a Reyes-Castañeda (2002) y Zar (1997)

En el caso de la clasificación del hábitat de los adultos para las larvas de peces, Se calculó la abundancia y el número de especies por hábitat (demersal, pelágico, etc), así como el aporte en términos de porcentaje que estos representaron en la comunidad.

La descripción dentro de la comunidad se realizó mediante la estimación de índices para medir la diversidad alfa, para esto se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), que mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra pertenezcan a la misma especie, la probabilidad aumenta o disminuye de acuerdo al número de especies y la uniformidad de su abundancia o equidad, su valor máximo es 5 (Magurran, 1989). Así mismo, se utilizó el índice de equidad (J') de Pielou, que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Cuando su valor es mínimo (0) indica dominancia de una especie y cuando su valor es máximo (1) indica que todas las especies de una muestra son igualmente abundantes (Moreno, 2001). Por otro lado se realizó una prueba estadística t para la diferencia entre dos índices de diversidad (H') (Zar, 1997) para saber si existen diferencias significativas entre los valores de diversidad de cada temporada. Para calcular los índices los índices de diversidad, los datos de abundancia se transformaron a \log_2 .

De la base de datos de cada crucero, se hizo una selección de estas para eliminar a las especies raras y poco abundantes, obteniendo una matriz de datos sólo con especies abundantes y frecuentes. Para esto se incluyeron primero las especies más abundantes que en conjunto sumarán al menos el 85% de la abundancia. Después de esta primera selección se incluyeron también todas aquellas especies que aunque no fueran abundantes estuviesen presentes en al menos el 10% de las estaciones muestreadas de cada crucero. Esta matriz de datos se utilizó para realizar un Análisis de Clasificación (AC) y un Análisis Canónico de Correspondencias (ACC).

Debido a la gran variación de abundancia que existe comúnmente entre muestras de zooplancton y entre especies, los valores de abundancia se transformaron para el AC y ACC utilizando la fórmula $\text{Log}(x+1)$ base 10; donde x es la abundancia estandarizada de cada especie por estación.

Las asociaciones de larvas de peces se obtuvieron mediante el AC y utilizando dendrogramas en modo R (grupos de especies). También se realizaron dendrogramas en modo Q (grupos de estaciones) para analizar la similitudes entre estaciones. Como medida de similitud se utilizó el índice de Bray-Curtis entre valores de abundancia por especie (Richardson, 1980). La agrupación de estos valores se realizó por el método de ligamiento de promedios simples (simple average link) mediante el software Biodiversity Pro V4.

Los dendrogramas obtenidos en modo R y Q se dispusieron por cruceo de manera cruzada y se incluyó la matriz de datos para analizar de manera combinada la agrupación de estaciones y las asociaciones entre especies en relación a los gradientes de abundancia de las especies. Posteriormente se realizaron mapas de distribución tanto de abundancia como del número de especies por estación, lo que nos permitió conocer las áreas de distribución de cada asociación obtenida.

Una vez conocidas las áreas o regiones de distribución obtenidas con el AC en modo Q y R, se calculó el Índice de especies indicadoras (IV) con el programa PC-ORD v.4, para determinar si existían especies representativas de cada región y cada temporada (Dufrêne y Legendre, 1997). Este índice varía en un intervalo de 0 (no indicadora) a 1 (indicador perfecto). Los resultados de este análisis fueron sometidos a una prueba de significancia estadística usando el método Monte Carlo con un mínimo de 4600 iteraciones aleatorias. Sólo aquellas especies con $IV > 30\%$ ($P \geq 90$) fueron consideradas como especies indicadoras de alguna condición particular. Este índice es máximo, cuando todos los individuos de una especie son encontrados en un mismo grupo de estaciones (Dufrêne y Legendre, 1997).

El ACC se utilizó para establecer el efecto de las variables ambientales medidas en los gradientes de abundancia de las especies (Ter Braak, 1986), usando el software PC-ORD v.4. Este análisis elabora la ordenación de una matriz principal (matriz de abundancias), mediante promedios recíprocos delimitados por una regresión múltiple con las variables ambientales incluidas en una segunda matriz (McCune y Grace, 2002). En este caso, el ACC circunscribe la ordenación de las variables bióticas a las diferencias ambientales que se ha visto que determinan la distribución y abundancia de las larvas de peces y que pueden ser expresadas principalmente en variables cuantitativas (temperatura, salinidad, distancia a la costa y batimetría). El ACC explica fácilmente las relaciones entre la estructura de la comunidad y las variables ambientales y es una prueba recomendada cuando el problema principal es determinar la relación entre especies en un ambiente particular (McCune y Medford, 1999; Ter Braak y Verdonschot, 1995). El ACC tiene ventaja sobre otras técnicas, por que permite una interpretación automática, sobre los ejes de ordenación (Ter Braak, 1986).

Para la matriz secundaria utilizada en el ACC se utilizarón 6 variables ambientales: Temperatura Superficial del Mar (TSM), Temperatura promedio desde superficie hasta alcanzar la termoclina (TPT), Salinidad Promedio desde superficie hasta alcanzar la Pícnoclina (SPP), Profundidad de Termoclina, Profundidad Pícnoclina y Biomasa zooplanctónica

Los valores de las variables se transformaron a valores de una distribución t para ser comparables entre ellas utilizando la siguiente ecuación:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{S_x}$$

Donde:

t es el valor de la variable

\bar{X} = media de la muestra

μ = es la media

S_x = es el error estándar de la media

8. RESULTADOS

8.1. Condiciones ambientales

8.1.1 Temperatura y salinidad para verano 2007

Con los datos de CTD se elaboró el diagrama T/S para el periodo de verano del 2007. El diagrama T/S mostró la presencia de Agua Superficial Tropical (TSW) con valores de salinidad de 33.4-34.4 ups y de temperatura $> 25^{\circ}$ C entre los contornos 21 y 22 de densidad para los transectos 1-3 y Huatulco. Bajo la TSW, se observa como los puntos caen en contornos de densidad mayor. Esos puntos corresponden a masas de agua más profundas no clasificadas en este trabajo (Fig. 2).

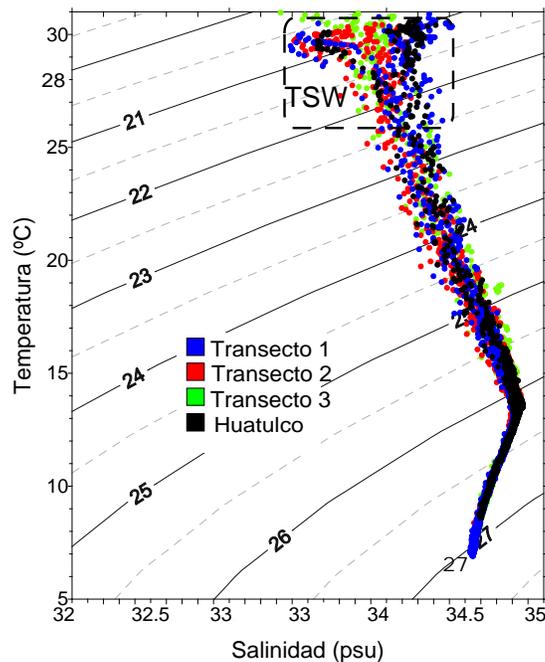


Figura 2. Diagrama TS para verano 2007. Contornos de densidad en unidades de Kg m^{-3} .

La temperatura y salinidad se muestra a través de perfiles verticales por transecto a una profundidad de 200 m de los 15.9 hasta los 12.2 ° de Latitud Norte (Fig. 3). No se elaboraron perfiles de temperatura y salinidad para Huatulco, debido a que esas estaciones muestreadas no estaban alineadas.

La temperatura superficial del mar fue en promedio de 30.4° C con una máxima de 31° C para todo el Golfo de Tehuantepec. En la superficie se muestra una capa cálida homogénea en términos de temperatura (capa de mezcla), con 30.1° C en promedio, que se profundizó hasta los 20 o 30 m (Fig. 3 A, C, E).

En los transectos 1 y 2, se registró una mayor separación vertical entre isotermas comparada con la separación entre isotermas del transecto 3. Esto indica una termoclina más débil en la parte central y oeste del golfo (transectos 1 y 2) (Fig. 3 A, C, E).

Otro aspecto que resalta, es que en el transecto 1 las isotermas se registraron ligeramente alzadas en la parte central, mientras que en el transecto 2 las isotermas se registraron ligeramente hundidas en la parte central del mismo. Este caso no se observó para el transecto 3 (Fig. 3 A, C, E).

Las isotermas mostradas en los perfiles verticales concuerdan con los valores arrojados de la ecuación de Peterson *et al.* (1988), que indican el inicio de la termoclina entre los 20 y 30 m de profundidad en los tres transectos, a partir de los 27° C y el cambio brusco de temperatura llega hasta los 60 m aproximadamente. Bajo la termoclina a los 100 m de profundidad, la temperatura registrada fue de alrededor de 15°C en los tres transectos, lo que indica un cambio drástico de temperatura verticalmente comparado con los 30.4°C que se tienen en superficie (Fig. 3 A, C, E).

Debido a que la temperatura del mar en superficie fue muy homogénea como se explicó anteriormente, se presenta la distribución horizontal de la temperatura del mar a 60 m de profundidad, que es donde se observaron cambios importantes, que como se verá en la siguiente sección, son explicados por el flujo geostrofico observado.

La temperatura del mar a 60 m en el transecto 1 mostró un intervalo entre los 14 y 22°C, observándose que la región central fue más fría (14 a 16°C) y los extremos del transecto (incluyendo las estaciones frente a Huatulco) fueron más cálidas (Fig. 4A). El transecto 2 muestra un gradiente inverso, con los extremos más fríos (particularmente frente a Salina Cruz (14°C) y el centro más cálido (20 a

22°C). El transecto 3 fue el que presentó las menores temperaturas a lo largo de todo el transecto, particularmente en las estaciones más oceánicas (Fig. 4A).

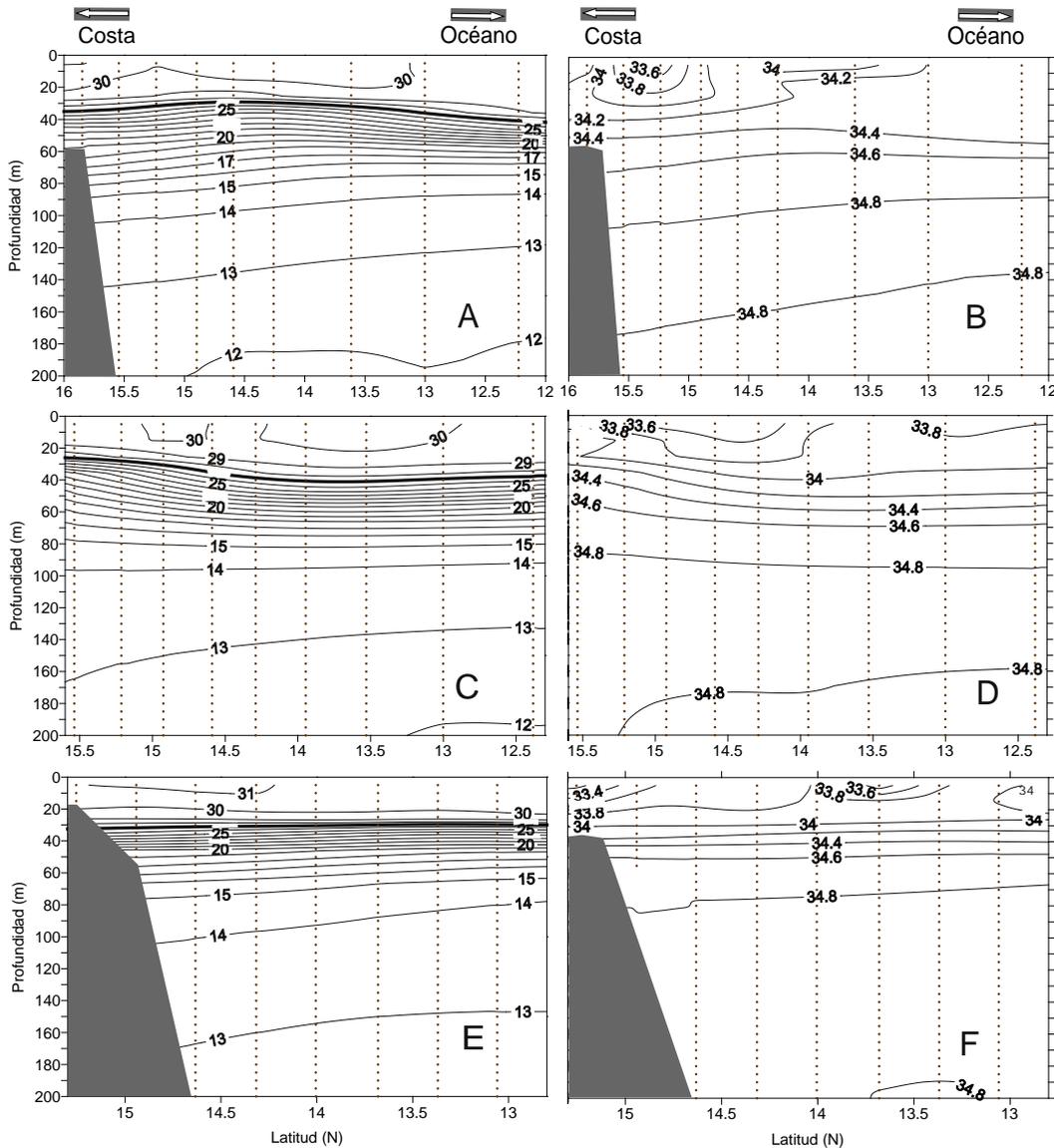


Figura 3. Perfiles verticales de temperatura y salinidad para verano 2007: Temperatura transecto 1 (A), transecto 2 (C) y transecto 3 (E), las isotermas incrementan en 1° C. Salinidad transecto 1(B), transecto 2 (D) y transecto 3 (F), las isohalinas incrementan 0.2 ups.

Para el caso de la salinidad, los valores mínimos se registraron en la costa y en la superficie, particularmente en el transecto 3 (frente a Chiapas) que es donde se encuentra el valor más bajo de 33.4 ups. (Fig. 3 B, D, F).

Al igual que en el caso de la temperatura, las isohalinas, están más separadas verticalmente en los transectos 1 y 2 comparadas con el transecto 3 lo que sugiere una haloclina más aguda al este del golfo. Las isohalinas también muestran un ligero levantamiento en la parte central del transecto 1 y un hundimiento en la parte central en el transecto 2, patrón que coincide con lo observado para las isotermas. En el transecto 3 no se observa un levantamiento o hundimiento de las isohalinas (Fig. 3 B, D, F).

De acuerdo al resultado del cálculo de la profundidad de la picnoclina, ésta se encontró en promedio a los 30 m para los tres transectos, pero en las estaciones costeras del transecto 1 y centrales del transecto 2, la picnoclina se encontró a 40 m de profundidad. Esas estaciones fueron, donde se hundieron ligeramente las isotermas y las isohalinas. (Fig. 4B).

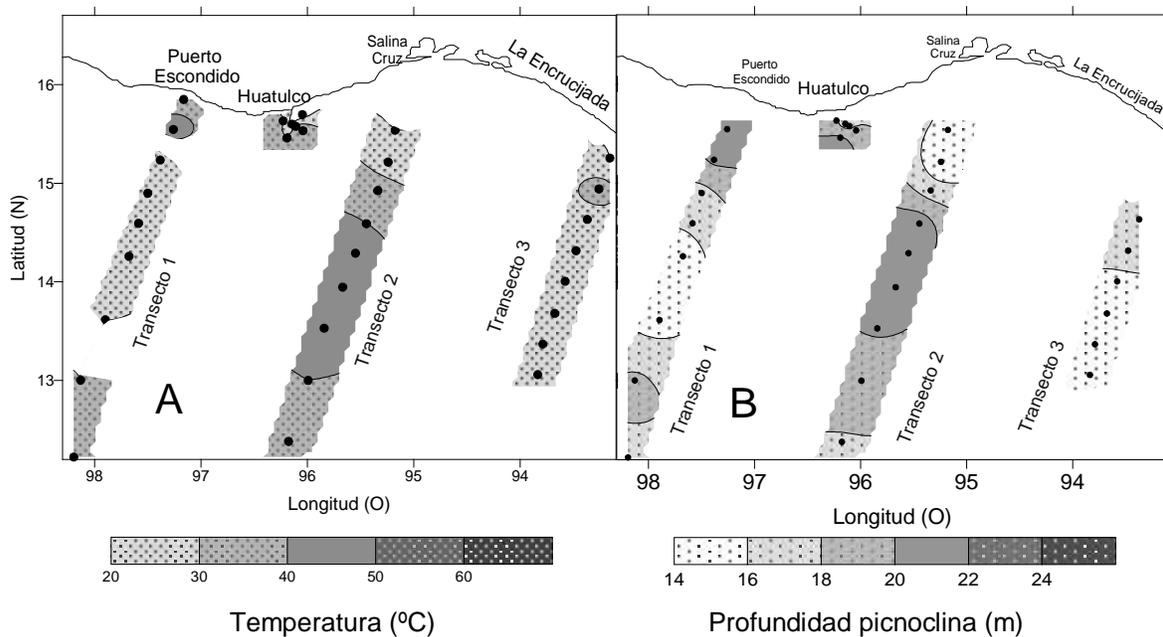


Figura 4. Profundidad de la Picnoclina en metros (A) y temperatura a los 60 m de profundidad (B), para verano 2007.

8.1.2 Velocidad geostrófica verano 2007

Las velocidades geostróficas (Fig. 5) se determinaron sólo para los dos primeros transectos 1 y 2 (tanto para el verano 2007 como para la primavera 2008) debido a que el transecto 3 no tenía en todas sus estaciones profundidades mayores a los 500 m requerido para realizar dicho cálculo.

El perfil de velocidad geostrófica para el transecto 1, mostró un flujo en las estaciones cercanas a la costa en dirección hacia el este con velocidades de 12, 8 y 6 cm/s^{-1} . Para las estaciones más oceánicas del transecto 1 los valores de velocidad disminuyeron a cero. En el segundo transecto, se detectó también un flujo costero en dirección hacia el este con velocidades de hasta 20 cm/s^{-1} . En las estaciones más oceánicas del transecto 2, la dirección fue hacia el oeste. También se aprecia que en la estación central del transecto 2, la velocidad fue cero, lo que indica una zona de calma entre los dos flujos. Esto está relacionado con el patrón mencionado antes con las isotermas y las isohalinas de los transectos 1 y 2.

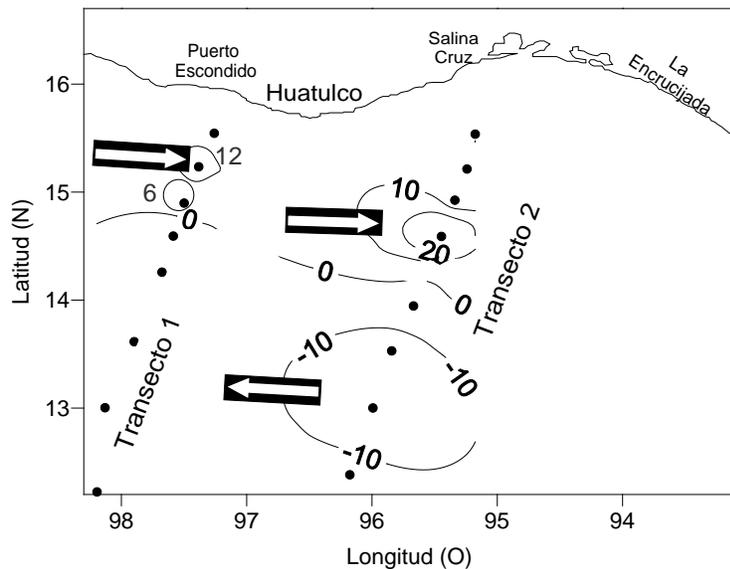


Figura 5. Velocidad geostrófica superficial (cm/s^{-1}). Transecto 1 y transecto 2 para verano 2007. Las isoclinas con número negativo indican dirección hacia el oeste y las isoclinas con número positivo indican dirección hacia el este.

El flujo costero hacia el este ocasiona un desplazamiento hacia la derecha por coriolis que produce surgencias en la zona costera y por consiguiente descensos

de temperatura principalmente frente a Salina Cruz. A su vez, el flujo geostrófico hacia el oeste del golfo en la zona oceánica transporta agua cálida hacia la zona costera, lo que ocasiona una separación entre el agua cálida proveniente del océano y el agua fría proveniente de la costa, lo que explica el núcleo cálido observado en las estaciones centrales del transecto 2 (Fig. 4A).

Los datos de flujo geostrófico, junto con los observados de temperatura a 60 m de profundidad y la imagen de satélite de Clorofila a (Figura 6) sugieren la presencia de un giro de núcleo cálido y baja concentración de clorofila que tiene como eje el transecto 2 frente a Salina Cruz.

8.1.3 Distribución espacial de Clorofila a para verano 2007

La concentración de clorofila a (Cl a) inferida de la imagen del Aqua MODIS para el periodo en el que se realizó el muestreo, presentó los valores máximos en la franja costera de la parte oriental y central del Golfo de Tehuantepec, disminuyendo hacia la zona oceánica. Por el contrario, la parte occidental frente a Puerto Escondido, es notable los valores bajos de Cl a (Fig. 6).

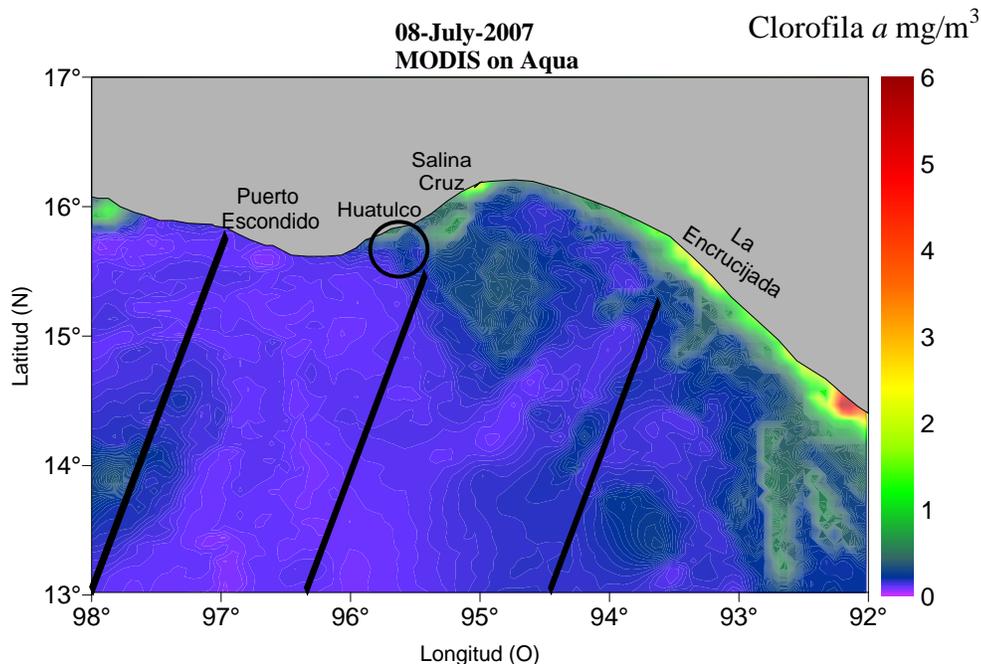


Figura 6. Distribución de clorofila a para verano 2007. Las líneas y el círculo en negro indican la ubicación de las estaciones.

Los bajos valores de de CI a en la parte occidental del Golfo de Tehuantepec están posiblemente relacionados con el patrón de flujos encontrados en los transectos 1 y 2, además que en esa parte, la plataforma continental es muy estrecha y las características de la masa de agua son oceánicas probablemente con poca concentración de nutrientes.

8.1.4 Biomasa zooplanctónica para verano 2007

Los valores de biomasa zooplanctónica se registraron entre 200 y 400 ml/1000 m³. El valor máximo (250 ml/1000 m³) se encontró cerca de la costa, frente a Huatulco y la Encrucijada cerca del talud continental y en la zona oceánica del transecto 1 (Fig. 7).

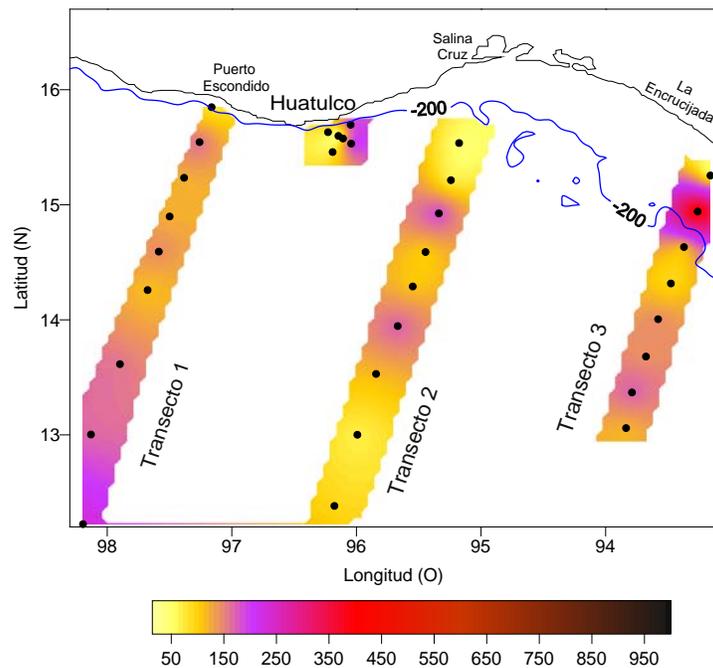


Figura 7. Distribución de la biomasa zooplanctónica, valores en ml/1000m³ para verano 2007. La isobata de los 200 m en línea azul

8.1.5 Temperatura y salinidad para primavera 2008

Para el periodo de mayo 2008 el diagrama de T/S mostró la presencia de TSW con valores de salinidad entre 32.8 a 34.4 y temperatura superficial > 25°C entre los contornos 21 y 22 de densidad, para los tres transectos muestreados y las estaciones de Huatulco y Salina Cruz. Los transectos 2 y 3 presentaron los

valores mínimos de salinidad que corresponde a datos más superficiales debido aparentemente al aporte de agua del continente (Fig. 8).

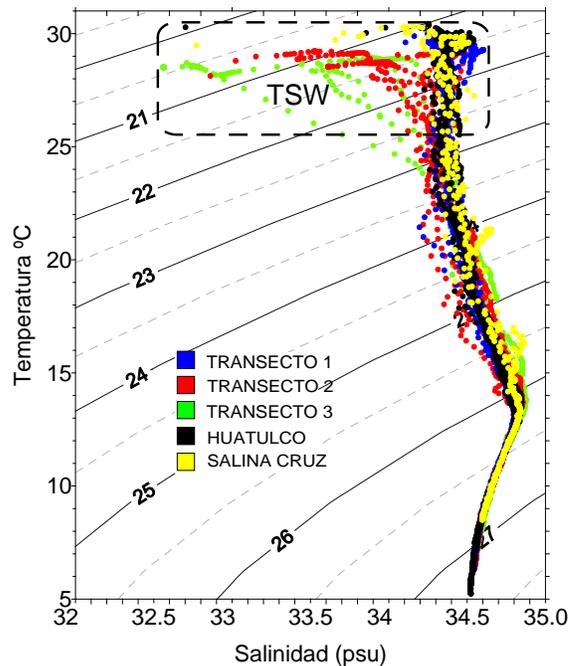


Figura 8. Diagrama TS para primavera 2008. Contornos de densidad en unidades de Kg m^{-3} .

La temperatura y salinidad se muestra a través de perfiles verticales por transecto (1-3) a una profundidad de 200 m de los 15.8 hasta los 13.2 ° de Latitud Norte (Fig. 9). No se elaboraron perfiles de temperatura y salinidad para Huatulco y Salina Cruz debido a que esas estaciones muestreadas no se encontraron alineadas y en las estaciones K01 y K02 no se hicieron lances de CTD.

La temperatura superficial del mar para todo el Golfo de Tehuantepec fue en promedio 29.2° C, con una máxima de 30.2° C. La capa de mezcla se encontró entre los 30 o 40 m con una temperatura promedio de 29.7° C (Fig. 9 A, C, E).

En los transectos 1 y 2 hay una mayor separación vertical entre isoterms que la observada en el transecto 3 indicando una termoclina más intensa en el transecto 3 coincidiendo con lo señalado antes el verano 2007 (Fig. 9 A, C, E).

Para este periodo sólo se observó un ligero hundimiento de la termoclina cerca del talud (Fig. 9 A, C, E).

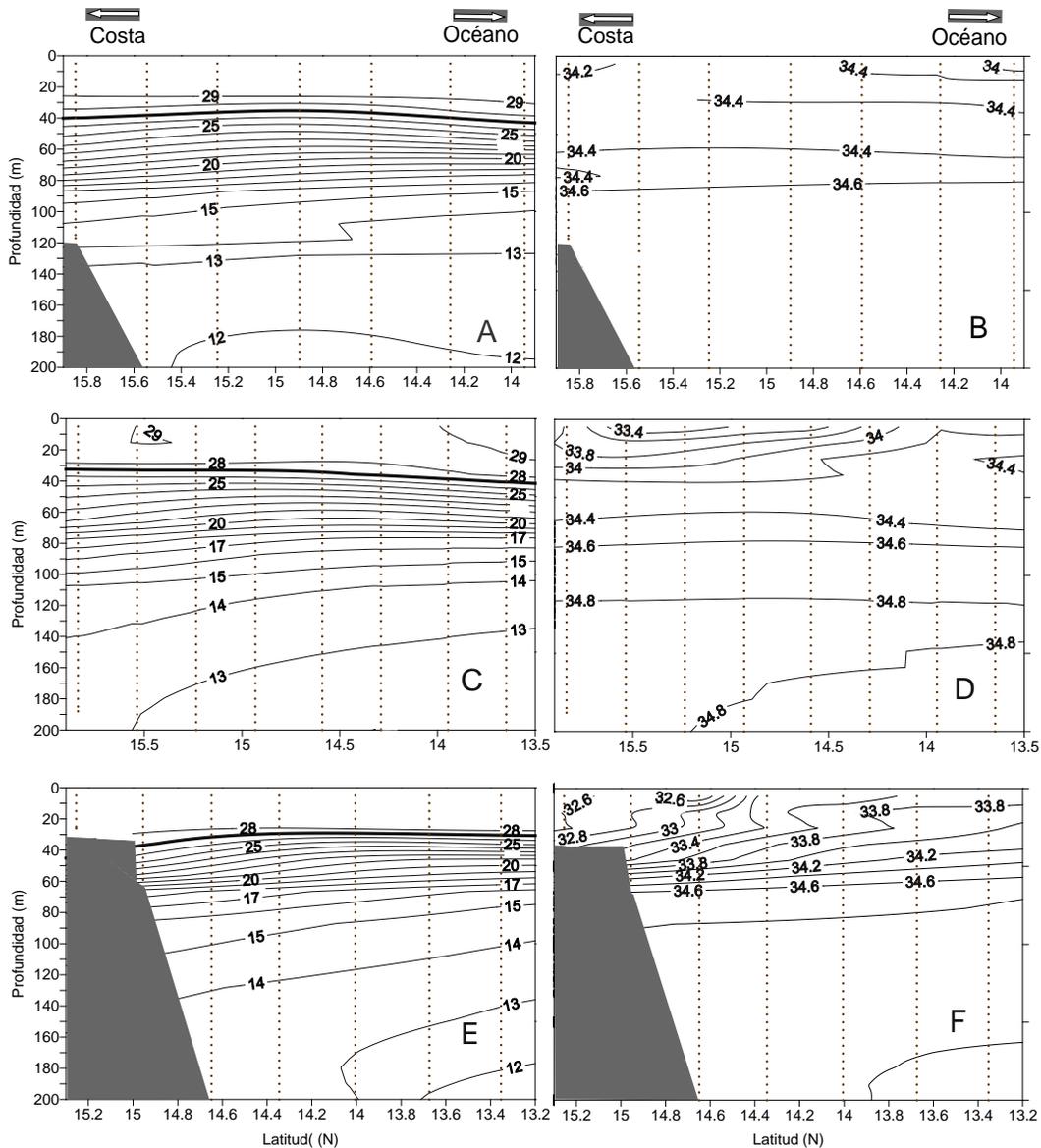


Figura 9. Perfiles verticales de temperatura y salinidad para primavera 2008. Temperatura transecto 1 (A), transecto 2 (C) y transecto 3 (E), las isotermas incrementan en 1° C. Salinidad transecto 1(B), transecto 2 (D) y transecto 3 (F), las isohalinas incrementan 0.2 ups.

Por otro lado, de acuerdo con los valores arrojados de la ecuación de Peterson *et al.* (1988), la profundidad de la termoclina inició después de los 30 o 40 m de profundidad en los tres transectos, a partir de los 27° C. En este caso se observó un fuerte cambio de temperatura con respecto a la profundidad hasta los 80 m aproximadamente. A los 100 m de profundidad, la temperatura registrada fue de alrededor de 15° C en los tres transectos. (Fig. 9 A, C, E).

La temperatura a 60 m de profundidad mostró que las estaciones centrales de todos los transectos fueron más frías (14 a 18°C) que las estaciones más costeras y oceánicas, con un gradiente más intenso en el transecto 2 (Fig. 10A)

Con respecto a la salinidad, se encontraron valores mínimos en la superficie, sobre todo en las estaciones cerca de la costa de los tres transectos, pero particularmente en el transecto 3 (frente a Chiapas), donde se encuentra el valor más bajo 32.6 ups. Esto determinó un gradiente de la salinidad horizontal que va de costa a océano, sobre todo en el transecto 3, donde es más apreciado. En comparación con el transecto 1 la salinidad de superficie tiene valores de 34.2 ups. En la capa de mezcla, hubo una salinidad de 34.0 ups en promedio para los tres transectos (Fig. 9 B, D, F).

Las isohalinas se encontraron más separadas verticalmente unas de otras en los transectos 1 y 2. En el transecto 3, éstas presentan menor separación con un patrón similar al de verano 2007. En todos los casos se observó que las isohalinas se levantan en la región central de los tres transectos.

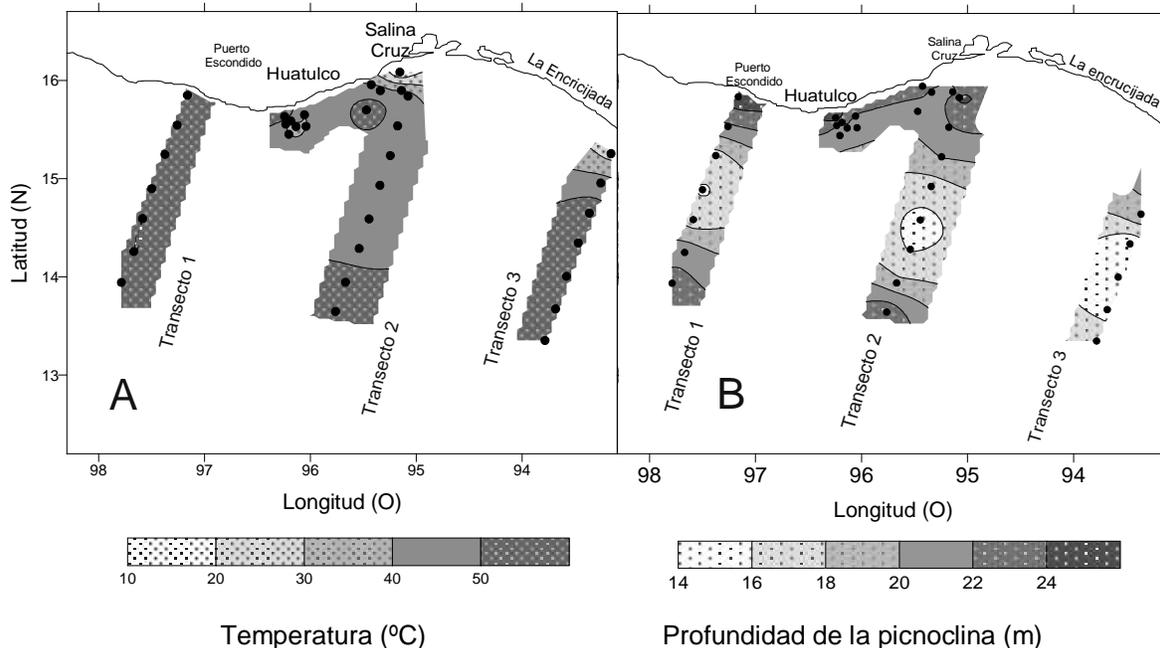


Figura 10. Profundidad de la Piconocline en metros (A) y temperatura (°C) a los 60 m de profundidad, para primavera 2008.

De acuerdo al resultado del cálculo de la profundidad de la picnoclina, ésta se encontró a una profundidad de 47 m, para todo el Golfo de Tehuantepec. La máxima profundidad de 60 m se registró en el transecto 1, así como la zona oceánica de los transectos 2 y 3 (Fig. 10B).

8.1.6 Velocidad geostrófica primavera 2008

Las velocidades geostróficas para este crucero se calcularon sólo para los dos primeros transectos (1 y 2) eliminando las dos primeras estaciones por no presentar 500 m requeridos para realizar dicho cálculo.

Se encontraron dos flujos con diferente dirección, cuyas velocidades tienden a ser máximas en la superficie. El primer flujo se encontró cercano a la costa con dirección hacia el oeste, con una velocidad de -40 cm/s^{-1} en el transecto 2 que disminuye en el transecto 1 con -10 cm/s^{-1} . El segundo flujo más oceánico se encontró con dirección hacia el este, con una velocidad de 35 cm/s^{-1} en el transecto 2 y con 20 cm/s^{-1} en el transecto 1. Se apreció que al centro del transecto 2 las velocidades de ambos flujos tienden a disminuir (Fig. 11).

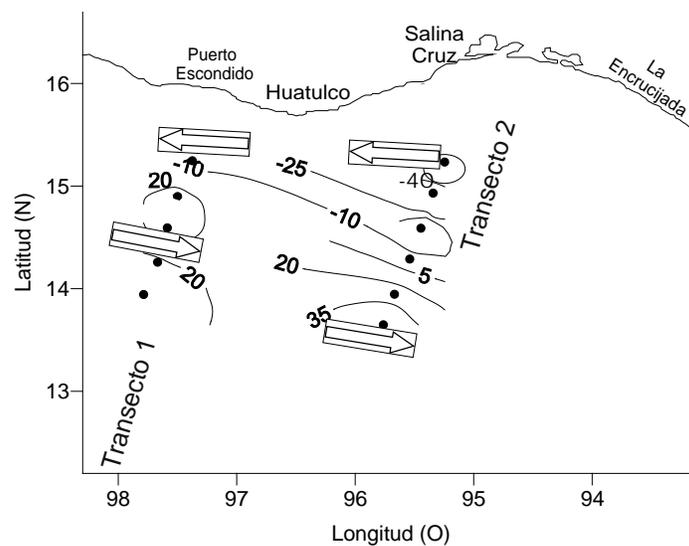


Figura 11. Velocidad geostrófica superficial (cm/s^{-1}). Transecto 1 y transecto 2 para primavera 2008. Las isoclinas con número negativo indican dirección hacia el oeste y las isoclinas con número positivo indican dirección hacia el este.

El flujo costero hacia el oeste y el flujo oceánico al este produce la presencia de una región costera cálida, una región fría en el centro del Golfo y posteriormente una región cálida en la parte oceánica como resultado de un proceso de coriolis coincidiendo con la descripción previa de la distribución de temperatura del mar a los 60 m (Fig. 10A) y coincide también con el levantamiento de los contornos de salinidad en la estaciones centrales de los transectos (Fig. 9B, D y F). Así mismo, la imagen de satélite de concentración de clorofila muestra que esta región central estuvo caracterizada por valores bajos de clorofila, mientras que los extremos de los transectos presentaron valores más altos (Fig. 12).

8.1.7 Distribución espacial de Clorofila a para primavera 2008

La concentración de Cl a para el periodo de primavera mostró concentraciones de 1 mg/m^3 cubriendo casi todo el Golfo de Tehuantepec, excepto en la parte más oceánica del occidente del Golfo de Tehuantepec. Frente a Puerto Escondido se observó más concentrada. Los valores máximos se apreciarán muy cerca de la costa frente a la Encrucijada (Fig. 12).

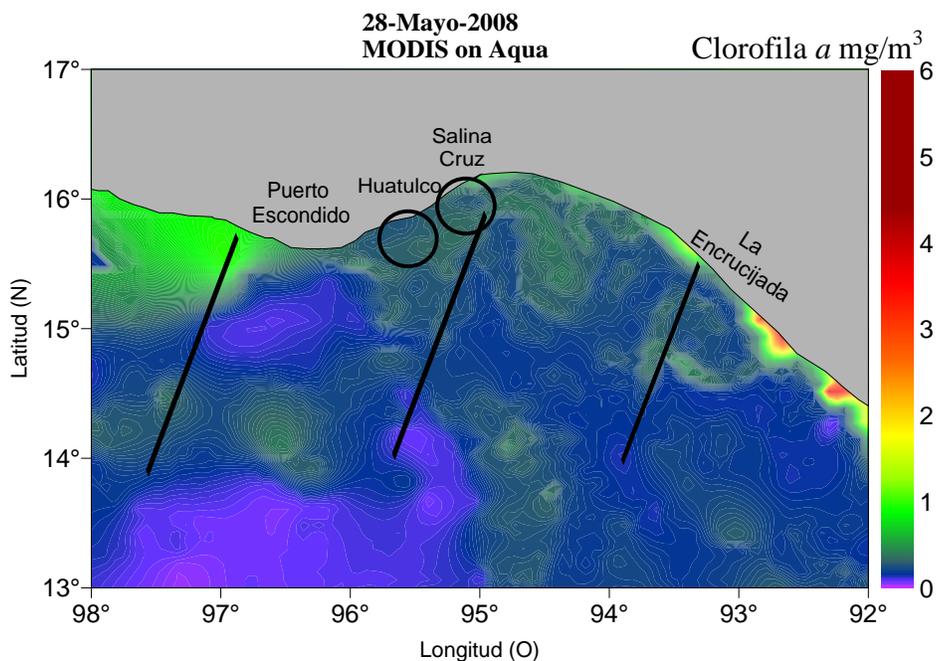


Figura 12. Distribución de clorofila a para primavera 2008. Las líneas y el círculo en negro indican la ubicación de las estaciones

8.1.8 Biomasa zooplanctónica para primavera 2008

La biomasa zooplanctónica en el transecto 1 presentó valores altos cerca de la costa frente a Puerto Escondido y disminuyó hacia el océano; así mismo para la zona costera de la parte central y este del golfo (Transectos 2 y 3) se observaron los valores más altos de biomasa zooplanctónica desde Salina Cruz hasta La Encrucijada y ésta disminuyó hacia la zona oceánica. Valores bajos se presentaron en la zona costera entre Salina Cruz y Huatulco. (Fig. 13).

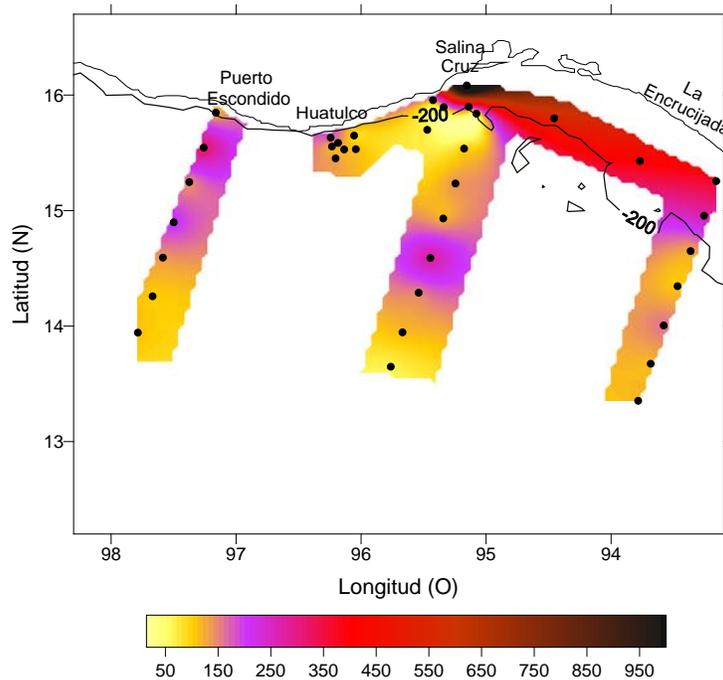


Figura 13. Distribución de la biomasa zooplanctónica, valores en ml/1000m³ para primavera 2008. La isobata de los 200 m en línea negra.

8.2. Lista sistemática

Se presenta el listado taxonómico de larvas de peces que integra los registros de 68 muestras obtenidas en los cruceros realizados en verano del 2007 y primavera del 2008 en el Golfo de Tehuantepec (Tabla 1). El listado se ordenó de acuerdo a Nelson (2006) y la afinidad de cada especie se obtuvo de acuerdo a Eschmeyer (1998).

Se identificaron un total de 145 *taxa*, agrupados en 29 géneros, 55 familias y 18 órdenes. De los 145 *taxa*, 73 fueron identificados a nivel de especie (50%), 43 a nivel de género (30%) y 29 a nivel de familia (20%). Del total de *taxa* identificados, 62 (42%) se encontraron en ambas temporadas, las 83 restantes (58%) aparecieron únicamente en un crucero.

De las 55 familias identificadas, 38 aparecieron en ambos cruceros y 17 se presentaron sólo en uno de ellos. La familia con mayor riqueza de especies fue Cynoglossidae con 13 especies (9% del total de especies), seguida de Sciaenidae con 8 especies (5.5%), Serranidae y Carangidae con 8 especies cada una (5.5% respectivamente). El resto de las familias contribuyó con porcentajes inferiores a los indicados.

De acuerdo a la clasificación del hábitat en fase adulta de las especies, las larvas de demersales someros, representaron el 56% de la riqueza de especies en la zona (81 especies), los pelágicos costeros aportaron 19%, los pelágicos oceánicos 9%, los mesopelágicos con 8%, los batipelágicos 3%, los demersales profundos 2% y un 3% no definido.

Tabla 1. Lista sistemática de larvas de peces recolectadas en el Golfo de Tehuantepec durante verano 2007 y primavera 2008. Hábitat (HAB): (cp) pelágico costero; (op) pelágico oceánico; (mp) mesopelágico; (bp) batipelágico; (d) demersal (ds); demersal somero; (dd) demersal profundo; (nd) no determinado.

Taxon	(HAB)	Taxon	(HAB)
O. ANGUILLIFORMES		O. MYCTOPHIFORMES	
S. O. Congroidei		F. MYCTOPHIDAE	
F. OPHICHTHIDAE		<i>Benthoosema panamense</i> (Tåning, 1932)	(mp)
<i>Myrophis vafer</i> (Jordan y Gilbert, 1883)	(ds)	<i>Diaphus pacificus</i> Parr, 1931	(mp)
<i>Ophichthus</i> sp. 1	(ds)	<i>Diogenichthys laternatus</i> (Garman, 1899)	(mp)
<i>Ophichthus triserialis</i> (Kaup, 1856)	(ds)	<i>Hygophum atratum</i> Garman, 1899	(mp)
<i>Ophichthus zophochir</i> Jordan y Gilbert, 1882	(ds)	<i>Lampanyctus parvicauda</i> Parr, 1931	(mp)
<i>Ophichthus</i> sp. 2	(ds)	O. LAMPRIFORMES	
F. CONGRIDAE		F. TRACHIPTERIDAE	
<i>Ariosoma gilberti</i> (Ogilby, 1898)	(ds)	<i>Trachipterus altivelis</i> Kner, 1859	(cp)
<i>Bathycongrus varidens</i> (Garman, 1899)	(ds)	O. GADIFORMES	
Congridae sp. 1	(ds)	F. BREGMACEROTIDAE	
<i>Paraconger californiensis</i> Kanazawa, 1961	(ds)	<i>Bregmaceros bathymaster</i> Jordan y Bollman, 1889	(cp)
O. CLUPEIFORMES		<i>Bregmaceros</i> sp. 1	(cp)
S.O. Clupeoidei		O. OPHIDIIFORMES	
F. CLUPEIDAE		S. O. OPHIDIIDAE	
<i>Etrumeus teres</i> (DeKay, 1842)	(cp)	F. OPHIDIIDAE	
<i>Harengula thrissina</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	(cp)	<i>Cherublemma emmelas</i> (Gilbert, 1890)	(dd)
<i>Opisthonema</i> sp. 1	(cp)	<i>Ophidion</i> sp. 1	(ds)
<i>Opisthonema</i> sp. 3	(cp)	<i>Ophidion</i> sp. 2	(ds)
F. ENGRAULIDAE		O. LOPHIIFORMES	
<i>Cetengraulis mysticetus</i> (Günther, 1867)	(cp)	S. O. Lophioidei	
O. ARGENTINIFORMES		F. LOPHIIDAE	
S. O. Argentinoidei		<i>Lophiodes</i> sp. 1	(dd)
F. MICROSTOMATIDAE		F. MELANOCETIDAE	
<i>Bathylagus nigrigenys</i> Parr, 1931	(cp)	Melanocetidae sp. 1	(bp)
<i>Bathylagus wesethi</i> Bolin, 1938	(cp)	Melanocetidae sp. 2	(bp)
O. STOMIIFORMES		O. MUGILIFORMES	
S. O. Phosichthyoidei		F. MUGILIDAE	
F. PHOSICHTHYIDAE		<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	(cp)
<i>Vinciguerria lucetia</i> (Garman, 1899)	(mp)	O. BELONIFORMES	
F. STOMIIDAE		F. EXOCOETIDAE	
<i>Idiacanthus antrostomus</i> Gilbert, 1890	(mp)	<i>Cheilopogon</i> sp. 1	(cp)
O. AULOPIIFORMES		<i>Cheilopogon</i> sp. 2	(cp)
S. O. Synodontoidei		<i>Cheilopogon</i> sp. 3	(cp)
F. SYNODONTIDAE		<i>Fodiator acutus</i> (Valenciennes, 1847)	(cp)
<i>Synodus</i> sp. 1	(nd)	<i>Prognichthys tringa</i> Breder, 1928	(op)
<i>Synodus</i> sp. 2	(nd)	F. HEMIRAMPHIDAE	
S. O. Alepisauoidei		<i>Oxyporhamphus micropterus</i> (Valenciennes, 1847)	(cp)
F. SCOPELARCHIDAE		O. STEPHANOBERYCIFORMES	
<i>Scopelarchoides nicholsi</i> (Parr, 1929)	(bp)	F. MELAMPHAIDAE	
F. PARALEPIDIDAE		<i>Melamphaes</i> sp. 1	(mp)
<i>Lestidiops neles</i> (Harry, 1953)	(op)	Melamphaidae sp. 1	(mp)
<i>Lestidiops</i> sp. 1	(op)	Melamphaidae sp. 2	(mp)
Paralepididae sp. 1	(op)	<i>Scopelogadus bispinosus</i> (Gilbert, 1915)	(mp)

Continuación Tabla 1, Lista sistemática de larvas de peces recolectadas en el Golfo de Tehuantepec durante verano 2007 y primavera 2008. Hábitat (HAB): (cp) pelágico costero; (op) pelágico oceánico; (mp) mesopelágico; (bp) batipelágico; (d) demersal (ds); demersal somero; (dd) demersal profundo; (nd) no determinado.

Taxon	(HAB)	Taxon	(HAB)
O. BERYCIFORMES		<i>Eucinostomus gracilis</i> (Gill, 1862)	(ds)
S.O. Holocentroidei		F. HAEMULIDAE	
F. HOLOCENTRIDAE		Haemulidae sp. 1	(ds)
<i>Myripristis leiognathos</i> Valenciennes 1846	(dd)	Haemulidae sp. 2	(ds)
O. SCORPAENIFORMES		Haemulidae sp. 3	(ds)
S.O. Scorpaenoidei		Haemulidae sp. 4	(ds)
F. SCORPAENIDAE		Haemulidae sp. 5	(ds)
<i>Pontinus</i> sp. 1	(ds)	<i>Xenistius californiensis</i> (Steindachner, 1876)	(ds)
<i>Scorpaenodes xyris</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	(ds)	F. POLYNEMIDAE	
F. TRIGLIDAE		<i>Polydactylus approximans</i> (Lay y Bennett, 1839)	(ds)
<i>Prionotus</i> sp. 1	(ds)	F. SCIAENIDAE	(ds)
O. PERCIFORMES		Sciaenidae sp. 1	(ds)
S.O. Percoidei		Sciaenidae sp. 2	(ds)
F. SERRANIDAE		Sciaenidae sp. 3	(ds)
<i>Cephalopholis panamensis</i> (Steindachner, 1877)	(ds)	Sciaenidae sp. 4	(ds)
<i>Diplectrum</i> sp. 1	(ds)	Sciaenidae sp. 5	(ds)
<i>Diplectrum</i> sp. 3	(ds)	Sciaenidae sp. 6	(ds)
<i>Epinephelus</i> sp.1	(ds)	Sciaenidae sp. 7	(ds)
<i>Paralabrax nebulifer</i> (Girard, 1854)	(ds)	Sciaenidae sp. 8	(ds)
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner,1868)	(ds)	F. Kyphosidae	
<i>Serranus</i> sp. 1	(ds)	Kyphosidae sp. 1	(ds)
<i>Serranus</i> sp. 3	(ds)	S.O. Labroidei	
F. APOGONIDAE		F. Pomacentridae	
<i>Apogon</i> sp. 1	(ds)	<i>Abudefduf troschelii</i> (Gill, 1862)	(ds)
F. CORYPHAENIDAE		<i>Stegastes</i> sp. 1	(ds)
<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758	(op)	F. Labridae	
F. CARANGIDAE		<i>Thalassoma</i> sp. 1	(ds)
<i>Caranx caballus</i> Günther, 1868	(cp)	S.O. Zoarcoidei	
<i>Caranx sexfasciatus</i> Quoy y Gaimard, 1825	(cp)	F. Stichaeidae	
<i>Chloroscombrus orqueta</i> Jordan y Gilbert, 1883	(cp)	Stichaeidae sp. 1	(nd)
<i>Decapterus</i> sp. 1	(cp)	S.O.Trachinoidei	
<i>Naucrates ductor</i> (Linnaeus, 1758)	(cp)	F. URANOSCOPIIDAE	
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch y Schneider, 1801)	(cp)	Uranoscopidae sp. 1	(nd)
<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793)	(cp)	S.O. Blennioidei	
<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866)	(cp)	F. BLENNIIDAE	
F. BRAMIDAE		<i>Hypsoblennius</i> sp. 1	(ds)
<i>Bramidae</i> sp. 1	(op)	<i>Ophioblennius steindachneri</i> Jordan y Evermann, 1898	(ds)
F. LUTJANIDAE		S.O. Gobioidi	
<i>Lutjanus peru</i> (Nichols y Murphy, 1922)	(ds)	F. ELEOTRIDAE	
<i>Lutjanus</i> sp.1	(ds)	<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson, 1844)	(ds)
F. LOBOTIDAE		Eleotridae sp. 1	(ds)
<i>Lobotes surinamensis</i> (Bloch, 1790)	(cp)	<i>Erotelis armiger</i> (Jordan y Richardson, 1895)	(ds)
F. GERREIDAE		F. GOBIIDAE	
<i>Eucinostomus currani</i> Zahuranec, 1980	(ds)	<i>Ctenogobius manglicola</i> (Jordan y Starks, 1895)	(ds)
<i>Eucinostomus dowii</i> (Gill, 1863)	(ds)	<i>Ctenogobius sagittula</i> (Günther, 1862)	(ds)

Continuación Tabla 1, Lista sistemática de larvas de peces recolectadas en el Golfo de Tehuantepec durante verano 2007 y primavera 2008. Hábitat (HAB): (cp) pelágico costero; (op) pelágico oceánico; (mp) mesopelágico; (bp) batipelágico; (d) demersal (ds); demersal somero; (dd) demersal profundo; (nd) no determinado.

Taxon	(HAB)	Taxon	(HAB)
Gobiidae sp. 1	(ds)	<i>Etropus</i> sp. 1	(ds)
<i>Microgobius</i> sp. 1	(ds)	Paralichthyidae sp. 1	(ds)
<i>Microgobius</i> sp. 2	(ds)	<i>Syacium</i> sp. 1	(ds)
F. MICRODESMIDAE		<i>Syacium</i> sp. 2	(ds)
<i>Clarkichthys bilineatus</i> (Clark, 1936)	(ds)	F. PLEURONECTIDAE	
S.O. Acanthuroidei		Pleuronectidae sp. 1	(nd)
F. EPHIPPIDAE		F. BOTHIDAE	
<i>Chaetodipterus zonatus</i> (Girard, 1858)	(cp)	<i>Bothus leopardinus</i> (Günther, 1862)	(ds)
Ephippidae sp. 1	(cp)	<i>Bothus</i> sp. 1	(ds)
F. LUVARIDAE		<i>Monolene asaedai</i> Clark, 1936	(dd)
<i>Luvarus imperialis</i> (Rafinesque, 1810)	(cp)	F. CYNOGLOSSIDAE	
S.O. Scombroidei		<i>Symphurus atramentatus</i> Jordan y Bollman, 1890	(dd)
F. SPHYRAENIDAE		<i>Symphurus callopterus</i> Munroe y Mahadeva, 1989	(dd)
<i>Sphyræna ensis</i> Jordan y Gilbert, 1882	(cp)	<i>Symphurus chabanaudi</i> Mahadeva y Munroe, 1990	(ds)
F. SCOMBRIDAE		<i>Symphurus elongatus</i> (Günther, 1868)	(ds)
<i>Auxis</i> sp. 1	(op)	<i>Symphurus melanurus</i> Clark, 1936	(ds)
<i>Euthynnus lineatus</i> Kishinouye, 1920	(op)	<i>Symphurus</i> sp. 1	(ds)
F. ISTIOPHORIDAE		<i>Symphurus</i> sp. 4	(ds)
<i>Tetrapturus audax</i> (Philippi, 1887)	(op)	<i>Symphurus</i> sp. 5	(ds)
S.O. Stromateoidei		<i>Symphurus</i> sp. 6	(ds)
F. ISTIOPHORIDAE		<i>Symphurus</i> sp. 7	(ds)
<i>Peprilus</i> sp. 1	(cp)	<i>Symphurus</i> sp. 8	(ds)
F. NOMEIDAE		<i>Symphurus</i> sp. 9	(ds)
<i>Cubiceps pauciradiatus</i> Günther, 1872	(op)	<i>Symphurus williamsi</i> Jordan y Culver, 1895	(ds)
Nomeidae sp. 1	(op)	O. TETRAODONTIFORMES	
<i>Psenes sio</i> Haedrich, 1970	(op)	S.O. Balistoidei	
O. PLEURONECTIFORMES		F. BALISTIDAE	
S.O. Pleuronectoidei		<i>Balistes polylepis</i> Steindachner, 1876	(ds)
F. PARALICHTHYIDAE		<i>Sufflamen verres</i> (Gilbert y Starks, 1904)	(ds)
<i>Cyclopsetta panamensis</i> (Steindachner, 1876)	(ds)		

8.3 Estructura de la comunidad de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec

8.3.1 Composición de especies y abundancia de larvas en verano 2007

Para el crucero de verano 2007 (Tehuano 0707), se analizaron 32 estaciones de las que se identificaron 97 especies agrupadas en 18 órdenes, 47 familias y 83 géneros.

El máximo valor de abundancia durante el verano, lo aportaron las familias Bregmacerotidae (31.4%), Phosichthyidae (24.1%) y Myctophidae con 7.5%. El resto de las familias contribuyeron con menos del 7 % de la abundancia (Tabla 2).

La familias que destacan por que presentaron el máximo número de especies en verano fueron Carangidae, que aportó el 8.2% del total de especies, seguida de Cynoglossidae con 6.1%, Gobiidae con 5.2 % y Myctophidae con 5.1%. El resto de las familias presentaron menos especies (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia total estandarizada en número de larvas/10m² (Abund.) de las familias de peces presentes en el Golfo de Tehuantepec en verano 2007: (Ab%) = abundancia relativa, (Esp.) = número de especies de cada familia y (%sp) = porcentaje que representaron con respecto al total de especies.

Familia	Abund.	Ab%	Esp.	%sp	Familia	Abund.	Ab%	Esp.	%sp
Bregmacerotidae	4461.6	31.4	1	1.0	Ophichthidae	53.4	0.4	3	3.1
Phosichthyidae	3426.7	24.1	1	1.0	Ephippidae	33.1	0.2	2	2.1
Myctophidae	1059.2	7.5	5	5.2	Sphyraenidae	32.3	0.2	1	1.0
Paralichthyidae	935.0	6.6	3	3.1	Pomacentridae	31.3	0.2	1	1.0
Scorpaenidae	628.6	4.4	2	2.1	Blenniidae	29.2	0.2	2	2.1
Scombridae	524.9	3.7	2	2.1	Engraulidae	28.8	0.2	1	1.0
Carangidae	469.7	3.3	8	8.2	Haemulidae	27.4	0.2	1	1.0
Bothidae	417.1	2.9	3	3.1	Exocoetidae	22.6	0.2	2	2.1
Lutjanidae	288.7	2.0	2	2.1	Mugilidae	22.3	0.2	1	1.0
Clupeidae	256.1	1.8	3	3.1	Trachipteridae	20.4	0.1	1	1.0
Cynoglossidae	164.0	1.2	6	6.2	Triglidae	17.6	0.1	1	1.0
Nomeidae	137.0	1.0	3	3.1	Melanocetidae	17.5	0.1	1	1.0
Microstomatidae	113.5	0.8	1	1.0	Scopelarchidae	14.9	0.1	1	1.0
Hemiramphidae	107.3	0.8	1	1.0	Microdesmidae	12.3	0.1	1	1.0
Balistidae	92.0	0.6	1	1.0	Serranidae	12.2	0.1	2	2.1
Gobiidae	90.5	0.6	5	5.2	Istiophoridae	9.2	0.1	1	1.0
Coryphaenidae	90.3	0.6	1	1.0	Stomiidae	8.8	0.1	1	1.0
Eleotridae	87.7	0.6	3	3.1	Kyphosidae	8.1	0.1	1	1.0
Congridae	87.0	0.6	4	4.1	Synodontidae	8.1	0.1	1	1.0
Melamphaidae	77.0	0.5	3	3.1	Apogonidae	4.2	0.0	1	1.0
Gerreidae	74.7	0.5	2	2.1	Luvaridae	4.2	0.0	1	1.0
Paralepididae	68.6	0.5	3	3.1	Polynemidae	4.1	0.0	1	1.0
Ophidiidae	65.3	0.5	2	2.1	Holocentridae	3.8	0.0	1	1.0
Sciaenidae	61.6	0.4	3	3.1					

En este crucero, de las 97 especies identificadas sólo 15 sumaron el 85% de la abundancia pero las especies que dominaron por su abundancia y frecuencia de ocurrencia fueron *Bregmaceros bathymaster* (31.4% de abundancia, y 68.7% de frecuencia) y *Vinciguerria lucetia* (24.1% y 6.5%). El resto de las especies aportaron menos del 5% de abundancia individualmente (Tabla 3).

Considerando a las especies más abundantes que sumaron el 85% de larvas capturadas y aquellas que se presentaron en al menos el 10% de las estaciones muestreadas, se obtuvo un total de 36 especies que fueron las que se utilizaron para realizar los análisis de clasificación y ordenación (Tabla 3).

La distribución de la abundancia con respecto al número de especies se analizó por intervalos de clase que permitieran una comparación de la estructura comunitaria entre ambos cruceros. La tabla de abundancia por intervalo de clase mostró que un 91.8% de las especies (89 especies) se encontraron dentro del intervalo de baja abundancia con valores inferiores a 250 larvas/10m² (Tabla 4). El 8.3% (8) de especies restante cae dentro de los intervalos de clase máximos con valores de abundancia mayores a 400 larvas/10m², donde encontramos a las especies *B. bathymaster*, *V. lucetia*, *Pontinus* sp. 1, *Syacium* sp. 1, *Auxis* sp. 1, *Diaphus pacificus*, *Benthoosema panamense* y *Bothus leopardinus*, pero son únicamente las tres primeras las que presentaron una abundancia mayor a 550 larvas/10m².

Tabla 3. Abundancia y frecuencia relativa de los 97 taxa encontrados en el Golfo de Tehuantepec, durante verano del 2007. Sombreado en gris las especies que suman el 85% de la abundancia y en negritas las especies de baja abundancia pero presentes al menos en el 10% del total de estaciones muestreadas.

Taxa	Abund. Relt.	Frecc. Relat.	Taxa	Abund. Relt.	Frecc. Relat.
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	31.40	68.75	Selar crumenophthalmus	0.15	12.50
<i>Vinciguerria lucetia</i>	24.12	84.38	<i>Hypsoblennius</i> sp. 1	0.15	6.25
<i>Pontinus</i> sp. 1	4.40	40.63	<i>Trachipterus altivelis</i>	0.14	9.38
<i>Syacium</i> sp. 1	3.79	75.00	<i>Erotelis armiger</i>	0.14	3.13
<i>Auxis</i> sp. 1	3.64	53.13	<i>Prognichthys tringa</i>	0.13	12.50
<i>Diaphus pacificus</i>	3.44	56.25	<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	0.12	9.38
<i>Benthoosema panamense</i>	2.90	18.75	<i>Prionotus</i> sp. 1	0.12	6.25
<i>Bothus leopardinus</i>	2.54	53.13	Melanocetidae sp. 1	0.12	9.38
<i>Syacium</i> sp. 2	1.49	31.25	<i>Ophichthus</i> sp. 1	0.12	3.13
<i>Caranx sexfasciatus</i>	1.35	18.75	<i>Eucinostomus currani</i>	0.11	6.25
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	1.29	25.00	<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	0.10	6.25
<i>Opisthonema</i> sp. 3	1.20	25.00	<i>Ctenogobius manglicola</i>	0.09	6.25
<i>Lutjanus peru</i>	1.17	21.88	<i>Clarkichthys bilineatus</i>	0.09	6.25
<i>Lutjanus</i> sp.1	0.86	3.13	Paralepididae sp. 1	0.08	6.25
<i>Bathylagus wesethi</i>	0.80	28.13	<i>Naucrates ductor</i>	0.08	6.25
<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	0.76	37.50	<i>Tetrapturus audax</i>	0.06	6.25
<i>Diogenichthys laternatus</i>	0.69	31.25	<i>Idiacanthus antrostomus</i>	0.06	6.25
<i>Psenes sio</i>	0.66	28.13	<i>Cephalopholis panamensis</i>	0.06	3.13
<i>Balistes polilepis</i>	0.65	9.38	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	0.06	6.25
<i>Coryphaena hippurus</i>	0.64	37.50	<i>Euthynnus lineatus</i>	0.06	6.25
<i>Harengula thrissina</i>	0.58	6.25	Ephippidae sp. 1	0.06	3.13
<i>Decapterus</i> sp. 1	0.57	3.13	Kyphosidae sp. 1	0.06	3.13
<i>Scopelogadus bispinosus</i>	0.46	31.25	<i>Ophichthus</i> sp. 2	0.06	3.13
<i>Dormitator latifrons</i>	0.45	21.88	Melamphaidae sp. 2	0.06	3.13
<i>Caranx caballus</i>	0.43	12.50	<i>Ophioblennius steindachneri</i>	0.06	3.13
<i>Symphurus elongatus</i>	0.43	12.50	Sciaenidae sp. 5	0.06	3.13
<i>Eucinostomus gracilis</i>	0.42	12.50	<i>Synodus</i> sp. 2	0.06	3.13
<i>Symphurus melanurus</i>	0.42	9.38	<i>Hygophum atratum</i>	0.05	3.13
<i>Cherublemma emmelas</i>	0.41	6.25	<i>Symphurus atramentatus</i>	0.05	3.13
<i>Selene peruviana</i>	0.38	12.50	<i>Ophidion</i> sp. 1	0.05	3.13
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	0.37	18.75	<i>Lestidiops</i> sp. 1	0.05	3.13
<i>Bothus</i> sp. 1	0.36	15.63	<i>Symphurus</i> sp. 5	0.05	3.13
<i>Lestidiops neles</i>	0.35	18.75	<i>Bathycongrus varidens</i>	0.04	3.13
Sciaenidae sp. 4	0.34	9.38	<i>Microgobius</i> sp. 2	0.04	3.13
<i>Oligoplites saurus</i>	0.30	12.50	Sciaenidae sp. 6	0.03	3.13
<i>Microgobius</i> sp. 1	0.28	9.38	<i>Cheilopogon</i> sp. 2	0.03	3.13
<i>Sphyraena ensis</i>	0.23	12.50	<i>Symphurus</i> sp. 9	0.03	3.13
<i>Stegastes</i> sp. 1	0.22	9.38	<i>Apogon</i> sp. 1	0.03	3.13
Congridae sp. 1	0.20	6.25	<i>Etrumeus teres</i>	0.03	3.13
<i>Ctenogobius sagittula</i>	0.20	6.25	<i>Luvarus imperialis</i>	0.03	3.13
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	0.20	6.25	<i>Monolene asaedai</i>	0.03	3.13
<i>Ophichthus zophochir</i>	0.20	6.25	Eleotridae sp. 1	0.03	3.13
<i>Ariosoma gilberti</i>	0.20	12.50	Gobiidae sp. 1	0.03	3.13
<i>Haemulidae</i> sp. 1	0.19	12.50	<i>Polydactylus approximans</i>	0.03	3.13
<i>Nomeidae</i> sp. 1	0.18	12.50	<i>Myripristis leiognathos</i>	0.03	3.13
<i>Symphurus</i> sp. 4	0.18	6.25	<i>Epinephelus</i> sp.1	0.03	3.13
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	0.18	9.38	Melamphaidae sp. 1	0.02	3.13
<i>Paraconger californiensis</i>	0.17	12.50	<i>Scorpaenodes xyris</i>	0.02	3.13
<i>Mugil cephalus</i>	0.16	9.38	Sciaenidae sp. 5	0.06	3.13

Tabla 4. Frecuencia del número de especies por intervalo de clase de abundancia de larvas de peces para el verano del 2007. (I. C.) Intervalo de clase en número de larvas/10m²; Frecuencia = número de especies dentro del I. C.

I. C.	Frecuencia	%	
50	64	65.98	91.75 %
100	17	17.53	
150	3	3.09	
200	4	4.12	
250	1	1.03	
300	0	0.00	
350	0	0.00	
400	1	1.03	8.25 %
450	1	1.03	
500	1	1.03	
550	2	2.06	
>550	3	3.09	
	97	100	

Por otro lado, la distribución espacial de la abundancia larval (Figura 14), mostró que el 31% (10) de las estaciones presentó valores bajos, dentro de los 20-170 larvas/10m², estas estaciones pertenecieron al transecto 1 y a la estación más costera del transecto 2. En los dos últimos intervalos de clase (de 720 a >920) tenemos 3 estaciones (9%), éstas presentaron los mayores valores de abundancia que corresponde a la parte cercana al talud de los transectos 2 y 3 y las ubicadas frente a Huatulco, cerca al talud. De acuerdo a los valores de abundancia de las estaciones muestreadas durante el verano, hubo una predominancia de valores bajos de abundancia larval principalmente en las estaciones más oceánicas.

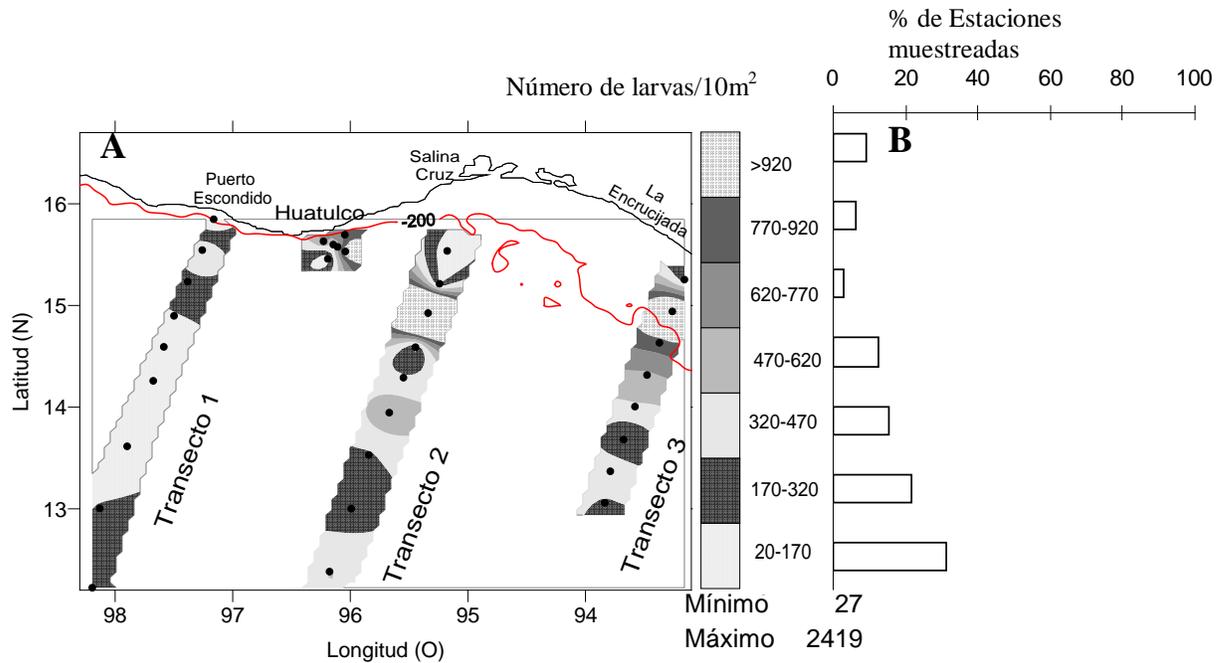


Figura 14. A) Distribución de la abundancia de larvas de peces mostrando la isobata de los 200 m en rojo; B) porcentaje del número de estaciones muestreadas por intervalo de clase de abundancia de larvas para verano 2007. Los valores de abundancia en ambas figuras están referidos al número de larvas/10m² de superficie marina.

8.3.2 Afinidad del hábitat de los adultos para verano 2007

De acuerdo a la clasificación del hábitat de los adultos destacan tres grupos principales (Tabla 5), las especies pelágicas costeras que representaron el 38.3% de la abundancia relativa, las mesopelágicas con 32.2% y las demersales someras con un 22.1%. Otros tres grupos conformados por especies batipelágicas, pelágicas oceánicas y demersales profundas aportaron valores menores al 6% de abundancia.

Tabla 5. Abundancia de larvas (número de larvas/10 m²) y número de especies por hábitat, para verano 2007: pelágico costero (cp); pelágico oceánico (op); mesopelágico (mp); batipelágico (bp); demersal somero (ds); demersal profundo (dd); no determinado (nd).

	ds	mp	cp	bp	op	dd	nd
Abundancia	3137	4572	5440	146	848	58	8
%	22.1	32.2	38.3	1.0	6.0	0.4	0.1
Num. species	50	10	21	3	11	1	1
%	51.5	10.3	21.6	3.1	11.3	1.0	1.0

Por otro lado el mayor número de especies fue de los demersales someros con el 51.5% seguidos de los pelágicos costeros con 21.6%. Las especies mesopelágicas y pelágicas costeras representaron porcentajes cercanos entre ellas (10.3 y 11.3%). Los batipelágicos y demersales profundos aportaron menos del 3% de las especies (Tabla 5).

La mayor riqueza de especies de demersales someros y pelágicos costeros se encontró en las estaciones de los transectos 2 y 3, siendo poco frecuentes en el transecto 1 y con una tendencia de mayor riqueza de especies de estos dos grupos de especies en las estaciones más cercanas a la costa y al talud continental (Figs. 15 A y C). La mayor diversidad de especies de mesopelágicos se presentó en las estaciones más oceánicas del transecto 1 y 2 y a lo largo del transecto 3 (Fig. 15 B), mientras que los batipelágicos y pelágicos oceánicos fueron encontrados con baja riqueza de especies en toda el área, pero en general fueron más frecuentemente observados en las estaciones más oceánicas de los transectos 1 y 2 y en el transecto 3 (Figs. 15 D y E).

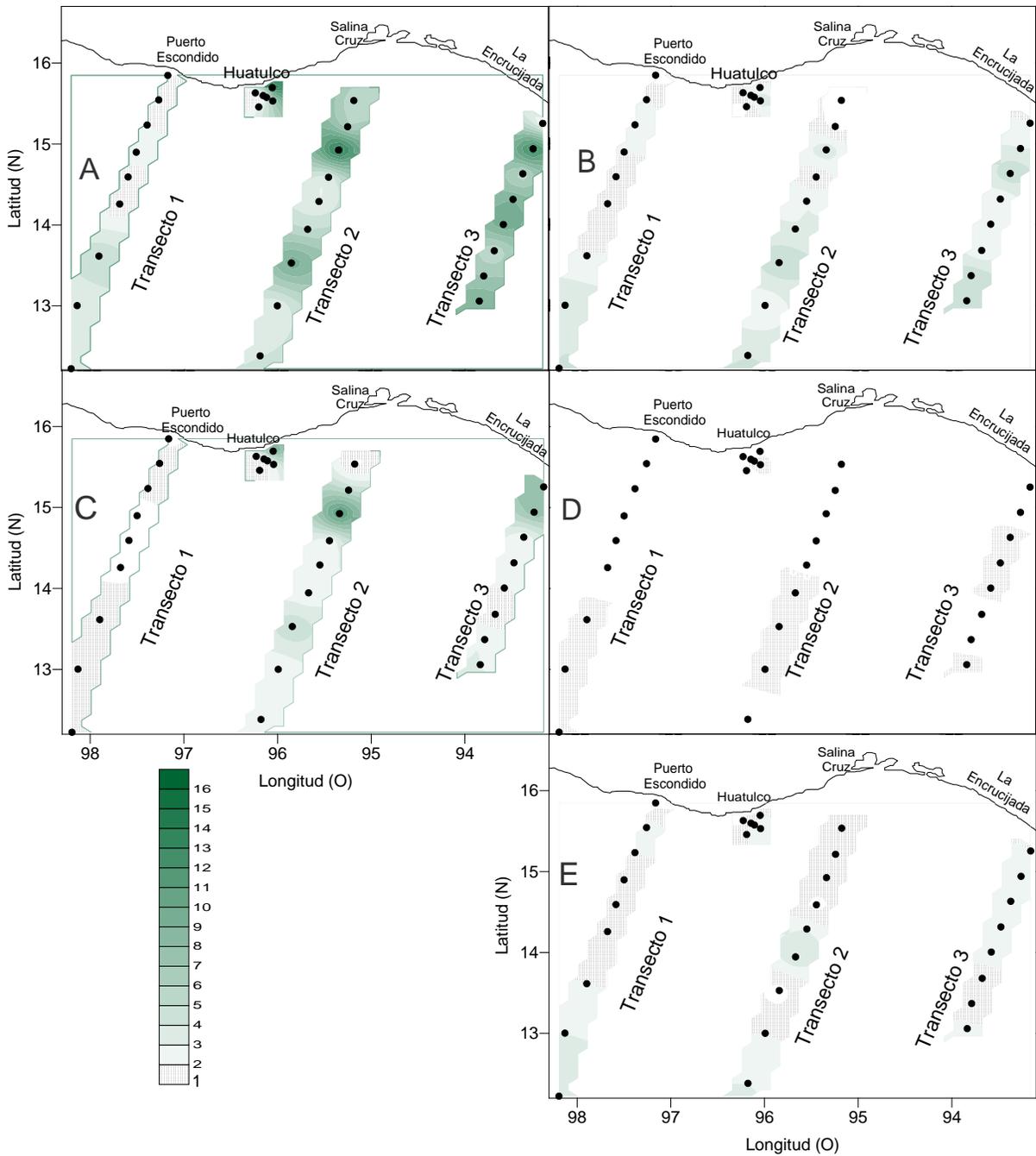


Figura 15. Distribución de la riqueza de especies de larvas de peces en verano 2007 de acuerdo al hábitat. Demersales someros (A), mesopelágicos (B), pelágicos costeros (C), batipelágicos (D), pelágicos oceánicos (E). La escala de colores está expresada en Número de especies por estación.

8.3.3 Diversidad y equidad en verano 2007

Los valores de diversidad (H') calculada para esta temporada variaron de 1 a 4 (Fig. 16) y en general, la mayor diversidad se presentó en la porción este del Golfo sobre el transecto 3 con valores de H' de 3 a 4 y fue disminuyendo hacia el oeste encontrando los valores más bajos sobre las estaciones más costeras del transecto 1.

Los transectos 1 y 2 registraron valores altos de H' (3 a 4) para las estaciones más oceánicas. En las estaciones de Huatulco los valores más bajos de diversidad se encontraron hacia el oeste (Figura 16).

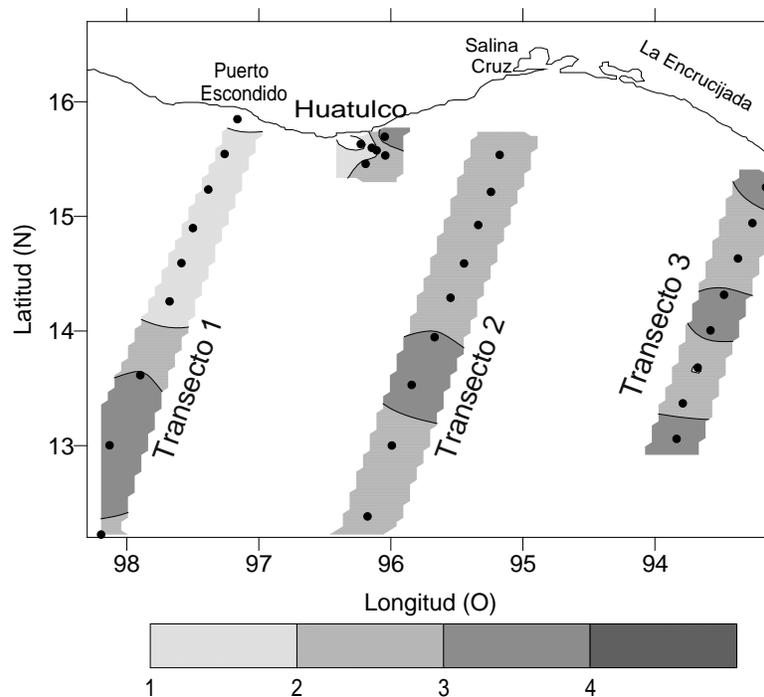


Figura 16. Distribución horizontal de los valores de diversidad de Shannon (H') para el periodo de verano del 2007.

En general, los valores de equidad (J) fueron altos (0.8) en todo el Golfo de Tehuantepec (Fig. 17). Los valores más bajos de J (0.4) se registraron en las estaciones más costeras del transecto 1 y de Huatulco, así como en la estación más oceánica del transecto 2 que coincidieron con una baja riqueza de especies (Fig. 16) y una fuerte dominancia de las especies *V. lucetia*, *D. pacificus* y *Cyclopsetta panamensis*.

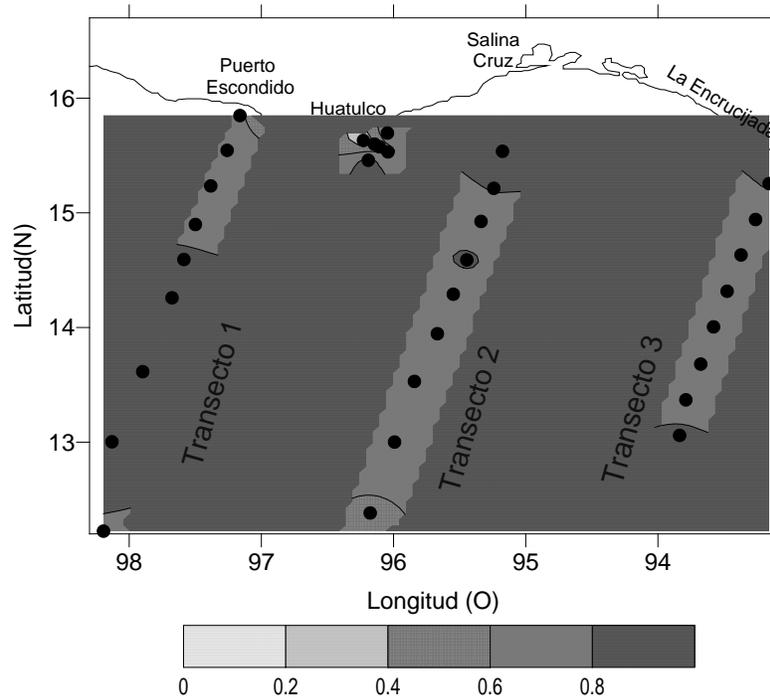


Figura 17. Distribución de los valores de equidad (J) para el periodo de verano del 2007.

8.3.4 Composición de especies y abundancia de larvas en primavera 2008

Para la primavera del 2008 (Tehuano 0805), se analizaron 36 estaciones identificándose 110 especies agrupadas en 16 órdenes, 47 familias y 89 géneros.

Las familias más abundantes (Tabla 6) fueron Bregmacerotidae (45.3%), Clupeidae (10.5%) y Phosichthyidae (8.3%), mientras que las familias con mayor riqueza de especies fueron Cynoglossidae con 10 especies (9 %) Sciaenidae con 8 especies (7.3%), Carangidae, Haemulidae y Serranidae cada una con 6 especies (5.5% respectivamente).

Tabla 6. Abundancia total (Abund.), estandarizada en número de larvas/10m², para las familias de peces presentes en el Golfo de Tehuantepec en primavera 2008: (Ab%) = abundancia relativa, (Esp.) = número de especies de cada familia y (%sp) = porcentaje que representaron con respecto al total de especies.

Familia	Abund.	Ab%	Esp	%sp	Familia	Abund.	Ab%	Esp.	%sp
Bregmacerotidae	10465.7	45.3	2	1.8	Stomiidae	54.6	0.2	1	0.9
Clupeidae	2440.0	10.6	2	1.8	Ophichthidae	51.4	0.2	5	4.5
Phosichthyidae	1926.5	8.3	1	0.9	Coryphaenidae	48.3	0.2	1	0.9
Paralichthyidae	1702.9	7.4	5	4.5	Paralepididae	47.1	0.2	1	0.9
Myctophidae	962.3	4.2	4	3.6	Polynemidae	41.2	0.2	1	0.9
Sciaenidae	737.3	3.2	8	7.3	Ophidiidae	30.0	0.1	2	1.8
Engraulidae	662.9	2.9	1	0.9	Melamphidae	29.4	0.1	2	1.8
Scorpaenidae	645.5	2.8	2	1.8	Pomacentridae	27.2	0.1	2	1.8
Cynoglossidae	524.0	2.3	10	9.1	Balistidae	22.5	0.1	2	1.8
Gerreidae	447.7	1.9	3	2.7	Scopelarchidae	15.8	0.1	1	0.9
Bothidae	368.1	1.6	3	2.7	Bramidae	14.2	0.1	1	0.9
Carangidae	281.2	1.2	6	5.5	Mugilidae	13.4	0.1	1	0.9
Nomeidae	258.3	1.1	2	1.8	Labridae	11.2	0.0	1	0.9
Hemiramphidae	227.1	1.0	1	0.9	Lobotidae	10.4	0.0	1	0.9
Lutjanidae	170.4	0.7	1	0.9	Stromateidae	8.5	0.0	1	0.9
Haemulidae	144.6	0.6	6	5.5	Melanocetidae	7.6	0.0	2	1.8
Scombridae	135.4	0.6	1	0.9	Pleuronectidae	7.1	0.0	1	0.9
Microstomatidae	119.4	0.5	2	1.8	Uranoscopidae	5.6	0.0	1	0.9
Sphyraenidae	91.5	0.4	1	0.9	Ephippidae	5.5	0.0	1	0.9
Eleotridae	79.0	0.3	3	2.7	Triglidae	4.2	0.0	1	0.9
Gobiidae	78.9	0.3	3	2.7	Stichaeidae	2.9	0.0	1	0.9
Exocoetidae	60.8	0.3	4	3.6	Istiophoridae	1.4	0.0	1	0.9
Synodontidae	56.4	0.2	1	0.9	Lophiidae	1.4	0.0	1	0.9
Serranidae	54.7	0.2	6	5.5	Stomiidae	54.6	0.2	1	0.9

En este crucero, de las 110 especies identificadas sólo 14 sumaron el 85% de la abundancia. Las especies que dominaron por su abundancia y frecuencia fueron *B. bathymaster* (45.3% de abundancia, 94% frecuencia), *V. lucetia* (8.3% y 66.7%), y *Opisthonema* sp. 3 (6.2% y 25%). El resto de las especies aportaron menos del 5% de abundancia individualmente (Tabla 7).

Considerando a las especies más abundantes que sumaron el 85% de larvas capturadas y aquellas que se presentaron en al menos el 10% de las estaciones muestreadas, se obtuvo un total de 42 especies que fueron las que se utilizaron para realizar los análisis de clasificación y ordenación (Tabla 7).

Tabla 7. Abundancia y frecuencia relativa de los 110 taxa encontrados en el Golfo de Tehuantepec en primavera 2008. Sombreado en gris las especies que suman el 85% de la abundancia y en negritas las especies de baja abundancia pero presentes al menos en el 10% del total de estaciones muestreadas.

Taxa	Abund. Relat.	Frecc. Relat.	Taxa	Abund. Relat.	Frecc. Relat.
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	45.25	94.44	<i>Coryphaena hippurus</i>	0.21	16.67
<i>Vinciguerria lucetia</i>	8.34	66.67	<i>Lestidiops neles</i>	0.20	13.89
<i>Opisthonema</i> sp. 3	6.17	25.00	<i>Haemulidae</i> sp. 2	0.19	13.89
<i>Opisthonema</i> sp. 1	4.39	19.44	<i>Dormitator latifrons</i>	0.18	16.67
<i>Syacium</i> sp. 2	3.76	52.78	<i>Polydactylus approximans</i>	0.18	13.89
<i>Syacium</i> sp. 1	3.41	66.67	<i>Bathylagus nigrigenys</i>	0.17	19.44
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	2.87	16.67	<i>Cyclopsetta panamensis</i>	0.16	11.11
<i>Pontinus</i> sp. 1	2.69	58.33	Sciaenidae sp. 8	0.15	5.56
<i>Benthoosema panamense</i>	2.08	30.56	<i>Lampanyctus parvicauda</i>	0.14	11.11
<i>Bothus leopardinus</i>	1.45	30.56	<i>Erotelis armiger</i>	0.13	11.11
<i>Diogenichthys laternatus</i>	1.14	30.56	<i>Prognichthys tringa</i>	0.13	8.33
<i>Eucinostomus dowii</i>	1.10	25.00	<i>Symphurus</i> sp. 1	0.13	8.33
Sciaenidae sp. 7	1.03	30.56	<i>Oligoplites saurus</i>	0.13	5.56
<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	0.98	27.78	<i>Scopelogadus bispinosus</i>	0.11	11.11
<i>Symphurus elongatus</i>	0.93	36.11	<i>Cherublemma emmelas</i>	0.10	8.33
<i>Caranx sexfasciatus</i>	0.90	16.67	<i>Scorpaenodes xyris</i>	0.10	8.33
<i>Psenes sio</i>	0.89	27.78	<i>Ophichthus</i> sp. 1	0.09	16.67
Sciaenidae sp. 4	0.86	8.33	<i>Diplectrum</i> sp. 1	0.09	5.56
<i>Diaphus pacificus</i>	0.80	30.56	<i>Balistes polilepis</i>	0.08	5.56
<i>Lutjanus peru</i>	0.74	36.11	<i>Bothus</i> sp. 1	0.08	5.56
<i>Eucinostomus gracilis</i>	0.60	19.44	<i>Caranx caballus</i>	0.08	5.56
<i>Auxis</i> sp. 1	0.59	30.56	<i>Selar crumenophthalmus</i>	0.08	5.56
<i>Symphurus williamsi</i>	0.54	25.00	<i>Stegastes</i> sp. 1	0.08	5.56
<i>Symphurus chabanaudi</i>	0.44	36.11	<i>Cheilopogon</i> sp. 3	0.07	5.56
<i>Sphyaena ensis</i>	0.40	22.22	<i>Ophichthus zophochir</i>	0.07	5.56
Sciaenidae sp. 2	0.37	16.67	<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	0.07	5.56
<i>Bathylagus wesethi</i>	0.35	13.89	<i>Symphurus</i> sp. 7	0.06	11.11
<i>Xenistius californiensis</i>	0.33	8.33	<i>Cheilopogon</i> sp. 1	0.06	8.33
Sciaenidae sp. 1	0.32	16.67	<i>Monolene asaedai</i>	0.06	8.33
<i>Ctenogobius manglicola</i>	0.28	25.00	<i>Serranus</i> sp. 1	0.06	8.33
<i>Synodus</i> sp. 1	0.24	16.67	<i>Mugil cephalus</i>	0.06	5.56
<i>Idiacanthus antrostomus</i>	0.24	13.89	<i>Symphurus</i> sp. 5	0.06	5.56
<i>Eucinostomus currani</i>	0.24	2.78	<i>Bramidae</i> sp. 1	0.06	2.78
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	0.23	8.33	<i>Ctenogobius sagittula</i>	0.05	5.56
Sciaenidae sp. 3	0.23	5.56	<i>Haemulidae</i> sp. 1	0.05	5.56
Sciaenidae sp. 5	0.22	8.33	<i>Thalassoma</i> sp. 1	0.05	5.56

Continuación. Tabla 7.

Taxa	Abund. Relt.	Frecc. Relat.	Taxa	Abund. Relt.	Frecc. Relat.
<i>Bregmaceros</i> sp. 1	0.05	2.78	<i>Microgobius</i> sp. 1	0.02	2.78
<i>Diplectrum</i> sp. 3	0.05	2.78	<i>Myrophis vafer</i>	0.02	2.78
<i>Abudefduf troschelii</i>	0.04	8.33	<i>Ophichthus</i> sp. 2	0.02	2.78
<i>Lobotes surinamensis</i>	0.04	5.56	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	0.02	2.78
<i>Peprilus</i> sp. 1	0.04	5.56	<i>Paralabrax nebulifer</i>	0.02	2.78
<i>Symphurus callopterus</i>	0.04	5.56	<i>Prionotus</i> sp. 1	0.02	2.78
Eleotridae sp. 1	0.03	5.56	Sciaenidae sp. 6	0.02	2.78
<i>Etropus</i> sp. 1	0.03	5.56	<i>Sufflamen verres</i>	0.02	2.78
Haemulidae sp. 4	0.03	5.56	<i>Symphurus melanurus</i>	0.02	2.78
<i>Symphurus</i> sp. 6	0.03	5.56	<i>Symphurus</i> sp. 8	0.02	2.78
<i>Ophichthus triserialis</i>	0.03	2.78	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	0.01	2.78
<i>Ophidion</i> sp. 2	0.03	2.78	<i>Fodiator acutus</i>	0.01	2.78
Pleuronectidae sp. 1	0.03	2.78	Haemulidae sp. 3	0.01	2.78
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	0.02	5.56	<i>Lophiodes</i> sp. 1	0.01	2.78
Uranoscopidae sp. 1	0.02	5.56	Paralichthyidae sp. 1	0.01	2.78
Haemulidae sp. 5	0.02	2.78	<i>Selene peruviana</i>	0.01	2.78
<i>Melamphaes</i> sp. 1	0.02	2.78	<i>Serranus</i> sp. 3	0.01	2.78
Melanocetidae sp. 1	0.02	2.78	Stichaeidae sp. 1	0.01	2.78
Melanocetidae sp. 2	0.02	2.78	<i>Tetrapturus audax</i>	0.01	2.78

Los intervalos de abundancia de acuerdo al número de especies (Tabla 8) mostraron que el 91.82% (101) de las especies presentó valores menores a 350 larvas/10m². El restante 8.18% (9) del total de la especies, lo conformarán *B. bathymaster*, *V. lucetia*, *Opisthonema* sp. 3, *Opisthonema* sp. 1, *Syacium* sp. 2, *Syacium* sp. 1, *Cetengraulis mysticetus*, *Pontinus* sp. 1. y *Benthoosema panamense* con valores mayores a 500 larvas/10m² de superficie marina.

Tabla 8. Frecuencia del número de especies por intervalo de clase de abundancia de larvas de peces para primavera 2008. (I. C.) Intervalo de clase en número de larvas/10m²; Frecuencia = número de especies dentro del I. C.

Clase	Frecuencia	%	
50	75	68.18	91.82%
100	11	10.00	
150	4	3.64	
200	3	2.73	
250	5	4.55	
300	2	1.82	
350	1	0.91	8.18%
400	0	0.00	
450	0	0.00	
500	1	0.91	
550	0	0.00	
>550	8	7.27	
	110	100	

La distribución espacial de la abundancia mostró que el 19% (7) de las estaciones cayó dentro de los intervalos con valores mayores a 920 larvas/10 m², frente a Huatulco y Salina Cruz. Los valores más bajos de abundancia correspondieron a las estaciones dentro del intervalo de 20-170 larvas/10 m² y representaron el 11% (4) del total, que corresponde a las últimas estaciones del transecto 3. En general a diferencia del verano del 2007, para primavera hubo un mayor número de estaciones con valores ligeramente altos de abundancia (Fig. 18).

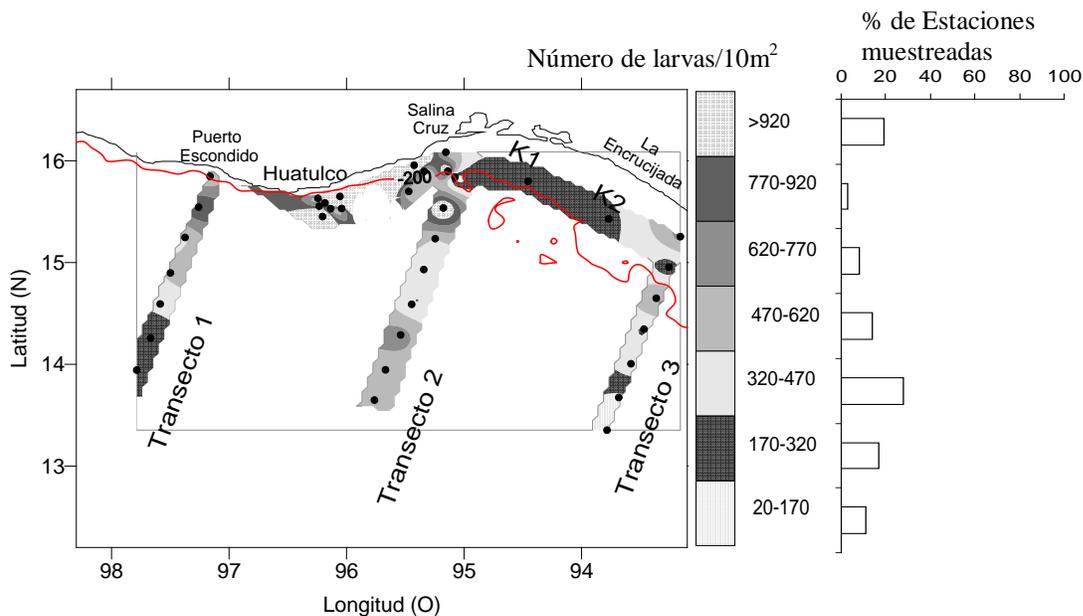


Figura 18. A) Distribución de la abundancia de larvas de peces mostrando la isobata de los 200 m en rojo; B) porcentaje del número de estaciones muestreadas por intervalo de clase de abundancia de larvas, para primavera 2008. Los valores de abundancia en ambas figuras están referidos al número de larvas/10m² de superficie marina

8.3.5 Afinidad del hábitat de los adultos para primavera 2008

De acuerdo a la clasificación del hábitat de los adultos, destacan tres grupos principales (Tabla 9), las especies pelágicas costeras que representaron el 61.6% de la abundancia relativa de este crucero, los demersales someros con un 22.1% y los mesopelágicos con 12.9 % de la abundancia relativa. El menor porcentaje de

la abundancia larval lo aportaron tres grupos, los pelágicos oceánicos con 2.4 %, los batipelágicos con 0.6 % y los demersales profundos con 0.1 %.

Tabla 9. Abundancia de larvas (número de larvas/10 m²) y número de especies por hábitat, para primavera 2008: pelágico costero (cp); pelágico oceánico (op); mesopelágico (mp); batipelágico (bp); demersal somero (ds); demersal profundo (dd); no determinado (nd).

	ds	mp	cp	bp	op	dd	nd
Abundancia	5106	2973	14238	143	545	27.7	69
%	22.1	12.9	61.6	0.6	2.4	0.1	0.3
Num. species	62	8	20	5	9	3	3
%	56.4	7.3	18.2	4.5	8.2	2.7	2.7

Por otro lado, el grupo con mayor número de especies es de los demersales someros con el 56.4% seguidos de los pelágicos costeros con 18.2%. Los pelágicos oceánicos y mesopelágicos aportaron un porcentaje de 7.3%. Los batipelágicos y los demersales profundos representaron los porcentajes menores en primavera (Tabla 9).

De acuerdo a su distribución espacial, la riqueza de especies de los demersales someros y pelágicos costeros fue mayor en las estaciones más costeras del Golfo de Tehuantepec (Figs. 19A y C). La riqueza de especies de mesopelágicos, batipelágicos y pelágicos oceánicos fue mayor en las estaciones más oceánicas (Figs. 19 B, D-E)

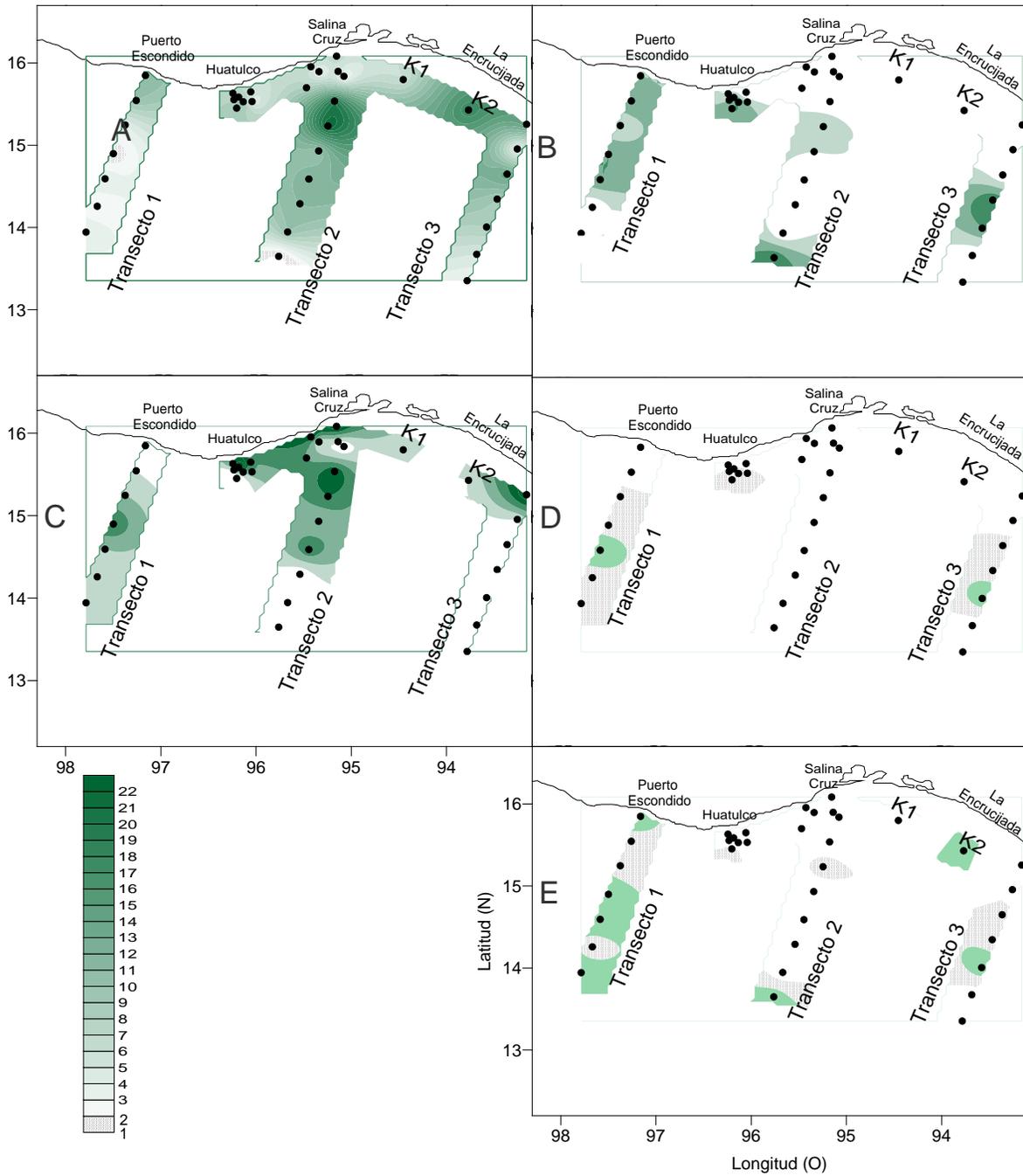


Figura 19. Distribución de la frecuencia de especies de larvas de peces encontradas en primavera 2008 de acuerdo al hábitat. Demersales someros (A), mesopelágicos (B), pelágicos costeros (C), batipelágicos (D), pelágicos oceánicos (E). La escala de colores está expresada en Número de especies por estación.

8.3.6 Diversidad y equidad en primavera 2008

La diversidad mostró valores altos de H' (2 a 4) en las estaciones de los transectos 2, 3 y K2 como consecuencia de los incrementos de la riqueza específica en los sitios señalados particularmente de demersales someros, pelágico-costeros y mesopelágicos (Fig. 20). Así mismo, se observó que la parte central y este del Golfo de Tehuantepec tienden a ser los sitios de mayor diversidad por el incremento en el número de especies. Los valores más bajos de H' (1 a 2) se registraron en las estaciones costeras de Salina Cruz, Puerto Escondido y algunas estaciones de Huatulco, debido a que en esos sitio se registrarón valores altos de abundancia de una o dos especies.

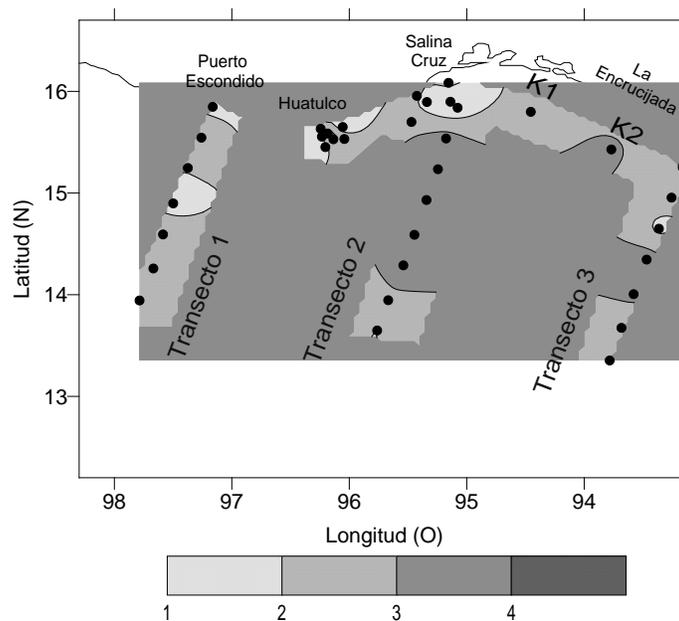


Figura 20. Distribución horizontal de los valores de diversidad de Shannon (H') para el periodo de verano del 2007.

Los valores de equidad se encontraron entre 0.4 y 0.8 por lo que comparativamente con los observados durante primavera 2008 fueron bajos. En general, los valores menores de J se presentaron en las estaciones más costeras de los tres transectos analizados, así como frente a Huatulco y Salina Cruz (Fig. 21).

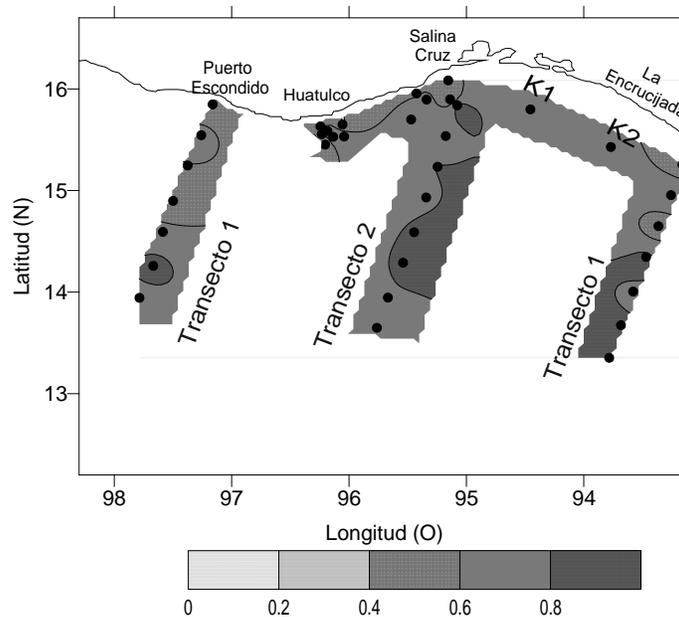


Figura 21. Distribución horizontal de los valores de equidad (J) para el periodo de verano del 2007.

8.3.7 Prueba estadística para la diferencia entre la diversidad alfa del 2007 y 2008.

Para este análisis se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

H₀: No hay diferencias significativas en los valores de diversidad de verano 2007 y primavera del 2008 de la comunidad de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec

H_A: Existen diferencias significativas en los valores de diversidad de verano 2007 y primavera del 2008 de la comunidad de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec.

Encontramos que no hay evidencia suficiente para rechazar la H_0 y suponer diferencias significativas entre los valores de diversidad de verano del 2007 y primavera 2008 ya que el valor de t calculado es menor que el crítico (Tabla 10).

Tabla 10. Prueba estadística t para la diferencia entre los índices de diversidad (H') para verano 2007 y primavera 2008. $t = -5.692$; $P = 0.95$; $GL = 786$

	Verano 2007	Primavera 2008
Diversidad	H1	H2
	4.8	5.0
Varianza	0.001333071	0.00067264

8.4 Caracterización de las asociaciones de las especies de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec

8.4.1 Análisis de agrupamientos para verano 2007

El Análisis de Clasificación (AC) se realizó a partir de la matriz de abundancia de 36 especies que sumaron en conjunto el 85% de abundancia y que aparecieron en más del 15% de las estaciones. Con la matriz de abundancia se elaboraron dendrogramas en modo Q y R y se compararon de manera cruzada en la matriz de datos. Los grupos se seleccionaron haciendo un corte en los dendrogramas al 20% del coeficiente de similitud de Bray-Curtis (Fig. 22).

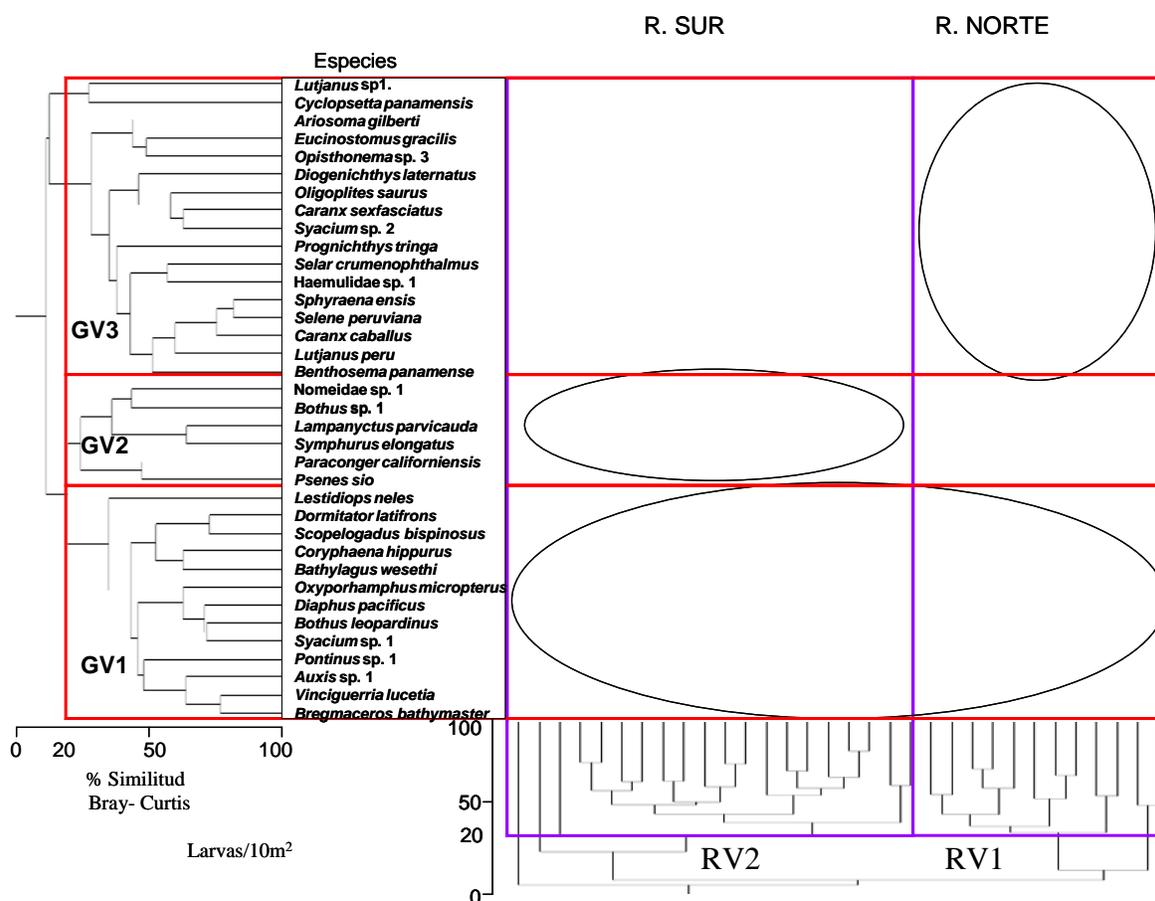


Figura 22. Dendrogramas cruzados modo Q y R usando el índice de similitud de Bray-Curtis. Se incluye la matriz de la abundancia larval en código de colores de las especies más abundantes y frecuentes: Región Norte (RV1), Región Sur (RV2); Grupo de especies 1 (GV1), Grupo de especies 2 (GV2), Grupo de especies 3 (GV3).

El dendrograma en modo Q mostró la presencia de dos grupos de estaciones (agrupamientos) definidas por los gradientes de abundancia de 3 grupos de especies (asociaciones) observados en el dendrograma en modo R (Fig. 22).

8.4.2 Regionalización para verano del 2007

De acuerdo al dendrograma en modo Q (Fig. 22): el grupo RV1 incluyó a las estaciones que se ubicaron en la parte costera y cerca del talud del golfo, desde el este hasta el oeste, denominando a esta zona como Región Norte. El RV2 incluyó estaciones de la parte oceánica del golfo con profundidades mayores a 200 m, denominado Región Sur (Fig. 22).

Sólo dos estaciones no se agruparon, una en la parte norte frente a Salina Cruz y otra en la parte oeste. La regionalización descrita previamente permite observar la separación Norte-Sur (costa-océano), sin mostrar diferencia entre el este y oeste. Esta separación, posiblemente se deba a las corrientes de superficie estimadas a partir del flujo geostrófico, como un factor que causó el desplazamiento del agua en el centro del Golfo hacia la zona oceánica (Fig. 23).

El flujo costero hacia el este ocasionó un desplazamiento hacia la derecha por coriolis que produce surgencias en la zona costera y por consiguiente incrementos en la concentración de clorofila (debido al aporte de nutrientes) como se observa en la figura 6. A su vez, el flujo geostrófico hacia el oeste del golfo en la zona oceánica transporta agua hacia la zona costera, lo que ocasiona una separación entre el agua cálida proveniente del océano y el agua fría proveniente de la costa. Este gradiente térmico costa-océano (Fig. 4A) coincide con una región costera mas fría y una región oceánica mas cálida principalmente en el transecto 2 al centro del Golfo de Tehuantepec.

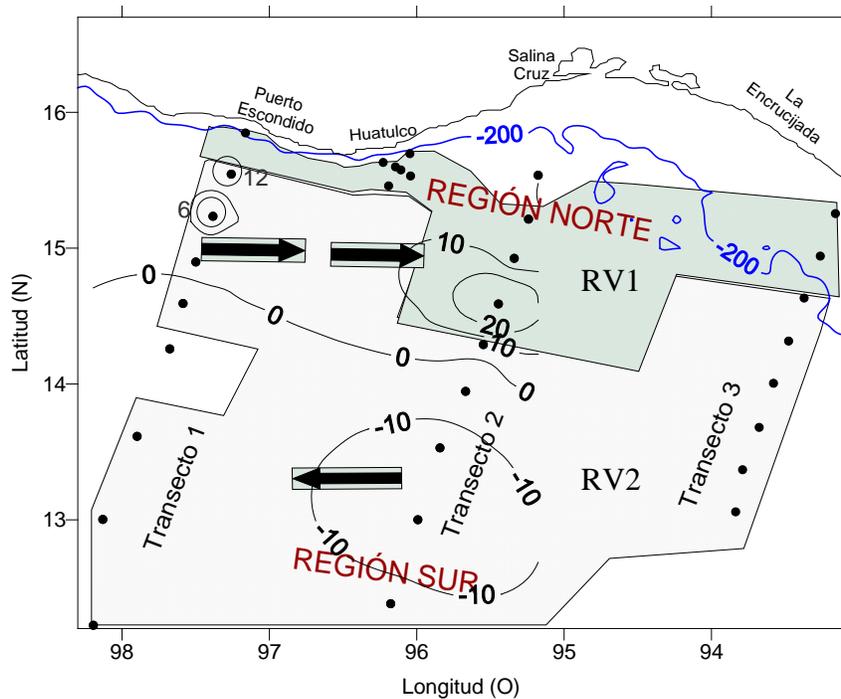


Figura 23. Mapa de Regiones propuestas para verano del 2007 con la isobatas de 200 m y con las isolíneas de velocidades geostróficas de superficie (cm/s^{-1}), números negativos indican una dirección hacia el oeste y positivos hacia el este.

8.4.3 Asociaciones de especies de larvas de peces para verano 2007

El dendrograma en modo R (Fig. 22), mostró la formación de tres grupos de especies de acuerdo a sus abundancias encontradas en las regiones RV1 y RV2, compuestos de la siguiente manera:

El primer grupo de verano (GV1), estuvo compuesto por 13 especies:

tres pelágicas costeras (*B. Bathymaster*, *Auxis* sp. 1 y *Oxyporhamphus micropterus*); cuatro mesopelágicas; (*V. lucetia*, *Diaphus pacificus*, *Bathylagus wesethi*, *Scopelogadus bispinosus*); cinco demersales someras (*Bothus leopardinus*, *Pontinus* sp. 1, *Syacium* sp. 1, *Dormitator latifrons*, *Lestidiops neles*); y un pelágico oceánico (*Coryphaena hippurus*). Las especies del GV1 se distribuyeron en todo el Golfo de Tehuantepec, sin embargo las estaciones con el mayor número de especies de este grupo se encontraron en la zona oceánica al

centro-oriente y en la costa de Huatulco (Fig. 24) donde también fueron más abundantes. (Fig. 25).

El grupo de verano 2 (GV2) estuvo representado por seis especies:

tres demersales someras (*Paraconger californiensis*, *Symphurus elongatus*, *Bothus* sp. 1); una mesopelágica (*Lampanyctus parvicauda*); una pelágica oceánica (*Psenes sio*) y una más no clasificada (Nomeidae sp. 1). La frecuencia de aparición de estas especies fue mayor en la zona oceánica (RV2) al oriente y occidente del Golfo de Tehuantepec (Fig. 24). El GV2, se encontró con poca abundancia principalmente en la zona oceánica. (Fig. 25).

El grupo de verano 3 (GV3) con 17 especies fue el más diverso integrado por:

11 especies demersales someras (*Lutjanus peru*, *Caranx caballus*, *Selene peruviana*, *Selar crumenophthalmus*, *Eucinostomus gracilis*, Haemulidae sp. 1, *Syacium* sp. 2, *Caranx sexfasciatus*, *Ariosoma gilberti*, *Cyclopsetta panamensis*, *Lutjanus* sp. 1); cuatro pelágicas costeras (*Sphyraena ensis*, *Prognichthys tringa*, *Oligoplites saurus*, *Opisthonema* sp. 3) y dos mesopelágicas (*Benthoosema panamense* y *Diogenichthys laternatus*). La frecuencia de aparición de estas especies fue mayor en la RV1 al centro y oriente del golfo (Fig. 24). El GV3, presentó los mayores valores de abundancia cerca de la costa oriental (Fig. 25).

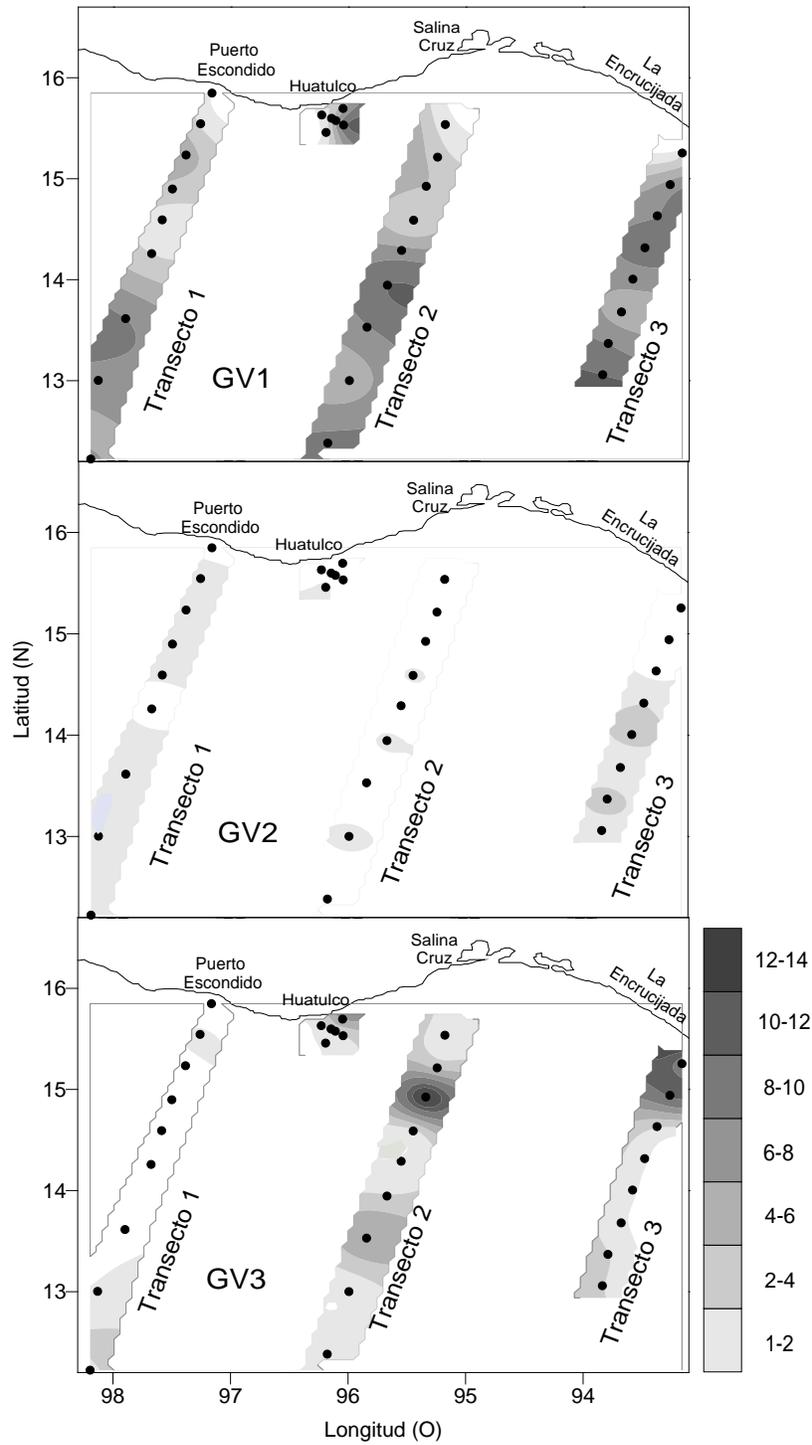


Figura 24. Distribución horizontal del número de especies por estación de: Grupo de especies 1(GV1), Grupo de especies 2 (GV2), Grupo de especies 3 GV3 para el periodo de verano 2007. La escala de colores está expresada en número de especies por estación.

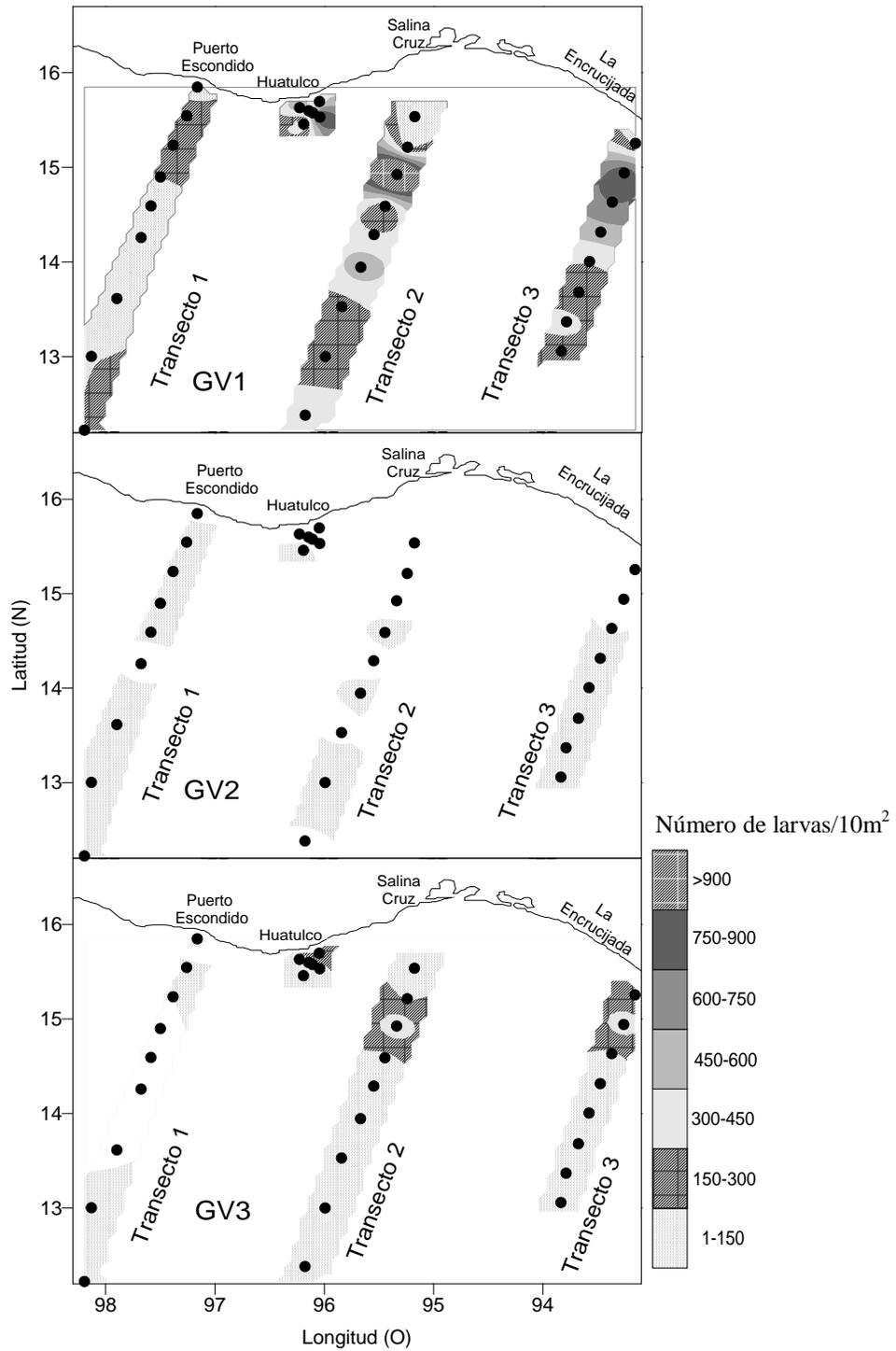


Figura 25. Distribución horizontal de la abundancia de los grupos de larvas de peces para el periodo de verano 2007. Grupo de especies 1 (GV1), Grupo de especies 2 (GV2), Grupo de especies 3 (GV3).

Los resultados del índice de especies indicadoras (IV) para el verano de 2007 muestran a 10 especies que caracterizan a la RV1 por tener un valor de $IV > 30$, no obstante sólo ocho especies (*B. Bathymaster*, *Syacium* sp. 2, *C. sexfasciatus*, *D. laternatus*, *C. caballus*, *E. gracilis*, *O. saurus* y Haemulidae sp. 1) mostrarán significancia estadística ($p \leq 0.1$) (Tabla 11). Excepto por *D. laternatus*, todas las especies en estadio adulto se distribuyen sobre la plataforma continental.

Tabla 11. Especies Indicadoras de las regiones RV1 y RV2 en verano del 2007; el $IV > 30$.

Espece	Región	IV	<i>p</i>
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	Norte (RV1)	85.4	0.002
<i>Syacium</i> sp. 2	Norte (RV1)	49.8	0.006
<i>Caranx sexfasciatus</i>	Norte (RV1)	44.1	0.005
<i>Diogenichthys laternatus</i>	Norte (RV1)	37.2	0.085
<i>Caranx caballus</i>	Norte (RV1)	36.4	0.014
<i>Eucinostomus gracilis</i>	Norte (RV1)	36.4	0.012
<i>Oligoplites saurus</i>	Norte (RV1)	36.4	0.012
Haemulidae sp. 1	Norte (RV1)	36.4	0.010
<i>Auxis</i> sp. 1	Norte (RV1)	42.7	0.252
<i>Syacium</i> sp. 1	Norte (RV1)	41.6	0.774
<i>Bothus leopardinus</i>	Sur (RV2)	74.5	0.001
<i>Diaphus pacificus</i>	Sur (RV2)	71.6	0.002
<i>Vinciguerria lucetia</i>	Sur (RV2)	56.7	0.239
<i>Pontinus</i> sp. 1	Sur (RV2)	49.3	0.041
<i>Psenes sio</i>	Sur (RV2)	47.4	0.020
<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	Sur (RV2)	46.2	0.036
<i>Coryphaena hippurus</i>	Sur (RV2)	32.6	0.204
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	Sur (RV2)	31.6	0.076
<i>Lestidiops neles</i>	Sur (RV2)	31.6	0.072

Para RV2 fueron 9 especies indicadas como características de la parte oceánica con $IV > 30$, pero sólo siete especies tuvieron un valor de significancia estadística $p \leq 0.1$ (Tabla 9). De este grupo de especies, dos son mesopelágicas (*D. pacificus* y *L. parvicauda*), dos pelágico-oceánicas (*P. sio* y *L. neles*), dos son

demersales someras (*Pontinus* sp. 1 y *B. leopardinus*) y una es pelágico-costera (*O. micropterus*). De esta forma, la RV1 está caracterizada por especies predominantemente neríticas, mientras que en RV2 hay una combinación entre especies neríticas y oceánicas.

8.4.4 Análisis de ordenación para verano del 2007

Los resultados del CCA para los dos primeros ejes (Tabla 12), mostraron que las variables que mejor se correlacionaron ($p = 0.05$) con la abundancia larval fue para el primer eje la profundidad de la termoclina ($r = 0.62$) y la biomasa zooplanctónica ($r = -0.53$). Para el segundo eje no se encontró ninguna variable que se correlacionara con un valor de r significativo. El tercer eje estuvo correlacionado con la temperatura de superficie del mar ($r = -0.55$), con la salinidad promedio de la superficie hasta la picnoclina (SPP) ($r = -0.58$) y con la temperatura promedio desde la superficie hasta la termoclina (TPT) ($r = -0.47$).

Tabla 12. Correlaciones para las 6 variables en verano del 2007. Temperatura de la superficie del mar (TSM), Temperatura Promedio de 0 m hasta la Termoclina (TPT), Salinidad Promedio desde 0 m hasta la Picnoclina (SPP).

Variable	Eje 1	Eje 2	Eje 3
TSM	-0.444	0.025	-0.556
TPT	-0.265	0.307	-0.474
Profundidad Termoclina	0.628	0.185	0.091
Profundidad Picnoclina	0.451	-0.193	0.227
Biomasa zooplanctonica	-0.534	0.053	0.018
SPP	-0.04	-0.231	-0.583

El diagrama de dispersión obtenido a partir del CCA (Fig. 26) muestra que en general las especies pertenecientes al GV3 que se distribuyeron en la región norte, tienen una relación directa con la biomasa zooplanctónica, la cual fué mas abundante en la región norte (Fig. 7) y a su vez con las áreas cercanas a la costa donde la picnoclina fue mas somera (Fig. 4B). Esto corresponde con la composición de especies del GV3, en donde la mayoría de las especies son de ambientes neríticos.

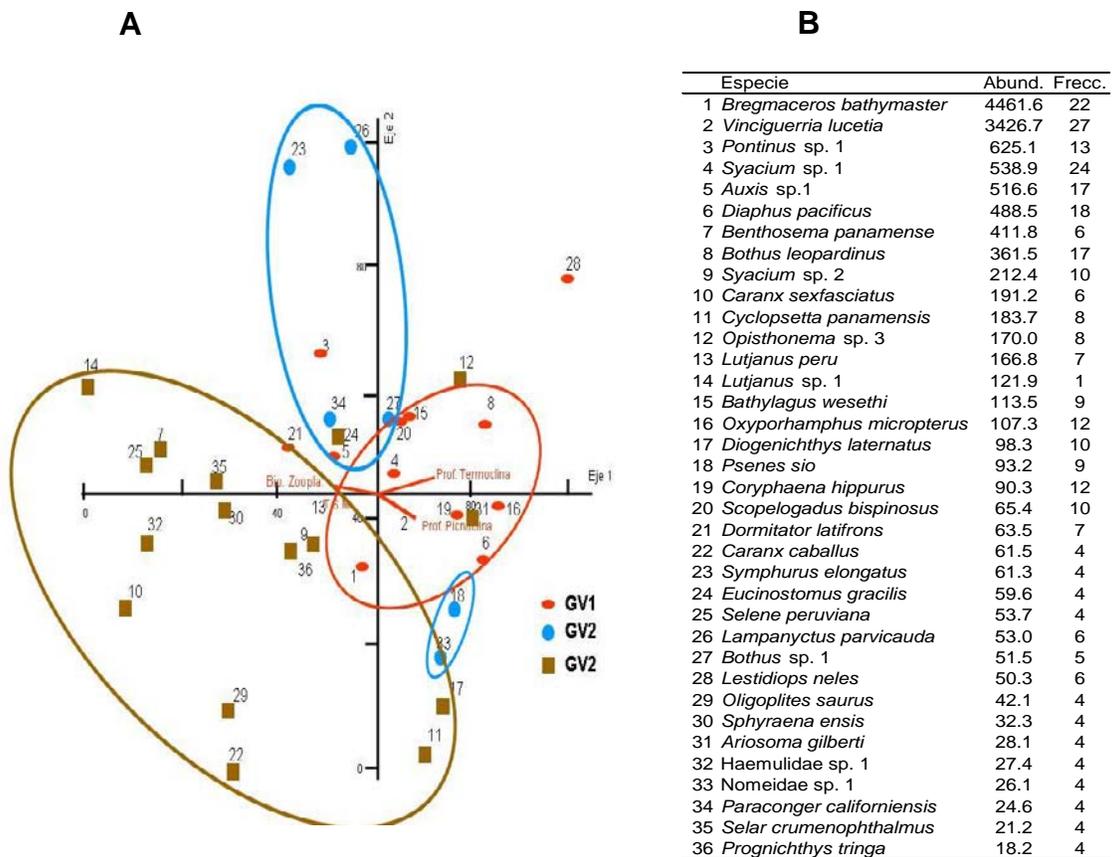


Figura 26. (A) Diagrama de dispersión obtenida del CCA por especies para verano del 2007. (B).Especies ordenadas por valor descendente de abundancia (Abund.) y frecuencia (Frecc.).

El diagrama de dispersión muestra también que las especies del GV1 que se distribuyeron en todo el Golfo de Tehuantepec (Figs. 24 A y 25 A) se encuentran en su mayoría cercanas al origen (Fig. 28), lo que denota que su distribución parece no ser afectada de manera considerable por las variables ambientales medidas.

Por último, las especies del GV2, distribuidas en la región más oceánica (RV2) muestran una distribución en el diagrama de dispersión opuesta a la observada por el grupo GV3 en donde en su mayoría se observa una mayor profundidad de la termoclina y una menor concentración de biomasa zooplanctónica. La mayor dispersión de los puntos en la gráfica de GV2 con respecto a la observada en el GV3 responde al hecho de que este grupo se formó por especies tanto de afinidad a ambientes neríticos como oceánicos, como es el caso de *Symphurus elongatus* y *Paraconger californiensis* que son de ambientes neríticos y se encuentran a la izquierda del eje 2 (Fig. 26).

Los grupos encontrados de estaciones costeras y oceánicas mostraron una distribución de acuerdo al gradiente de las variables analizadas, principalmente con la profundidad de la termoclina (Fig. 27). Se observa en el diagrama de dispersión que la mayoría de las estaciones de la región norte (RV1) se encuentran en la porción inferior del diagrama de dispersión, en el lado opuesto de la mayoría de las estaciones de la región sur (RV2). Estos resultados corroboran los obtenidos en el AC y evidencian un gradiente, costa-océano en las variables ambientales medidas que determinan la distribución y abundancia de las especies de los grupos GV2 y GV3. No obstante, como se observa en la tabla 13, la varianza acumulada en los dos primeros ejes fue muy baja (11.9%).

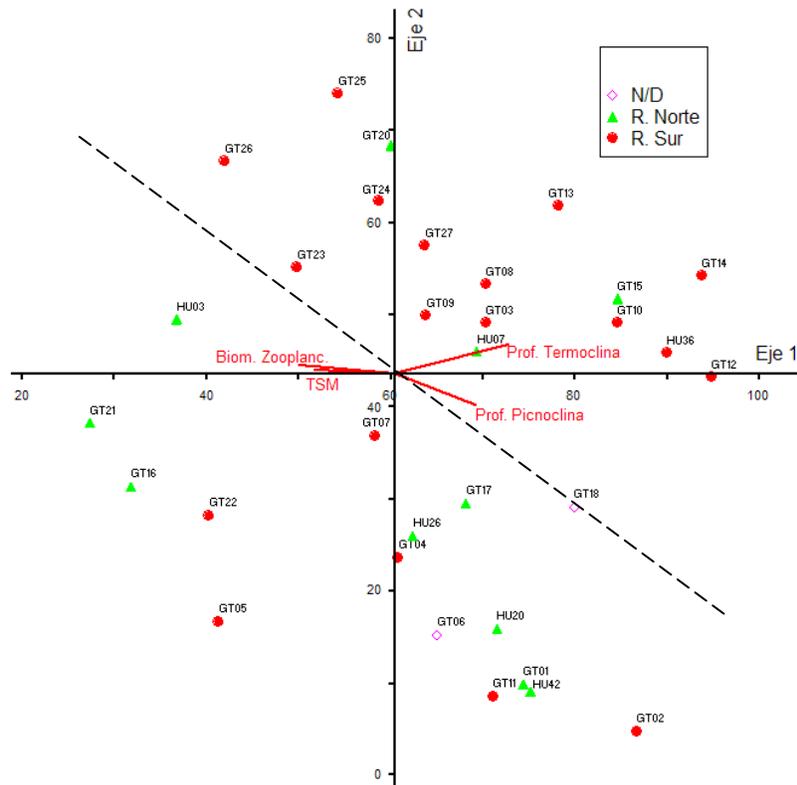


Figura 27. Diagrama de dispersión por estaciones para los dos primeros ejes obtenido del CCA para verano del 2007 mostrando las variables correlacionadas. La línea punteada indica la separación de las regiones.

Tabla 13. Varianza explicada para los tres primeros ejes en el ACC de verano del 2007.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigenvalor	0.155	0.103	0.095
Varianza explicada %	7.1	4.8	4.4
Varianza explicada acumulada %	7.1	11.9	16.2

8.4.5 Análisis de agrupamientos para primavera 2008

Los dendrogramas en modo R y Q del AC de primavera elaborado a partir de 42 especies que sumaron en conjunto el 85% de abundancia, mostraron la presencia de 4 grupos de estaciones y 7 asociaciones de especies al nivel de 35% del coeficiente de similitud de Bray-Curtis del (Fig. 28).

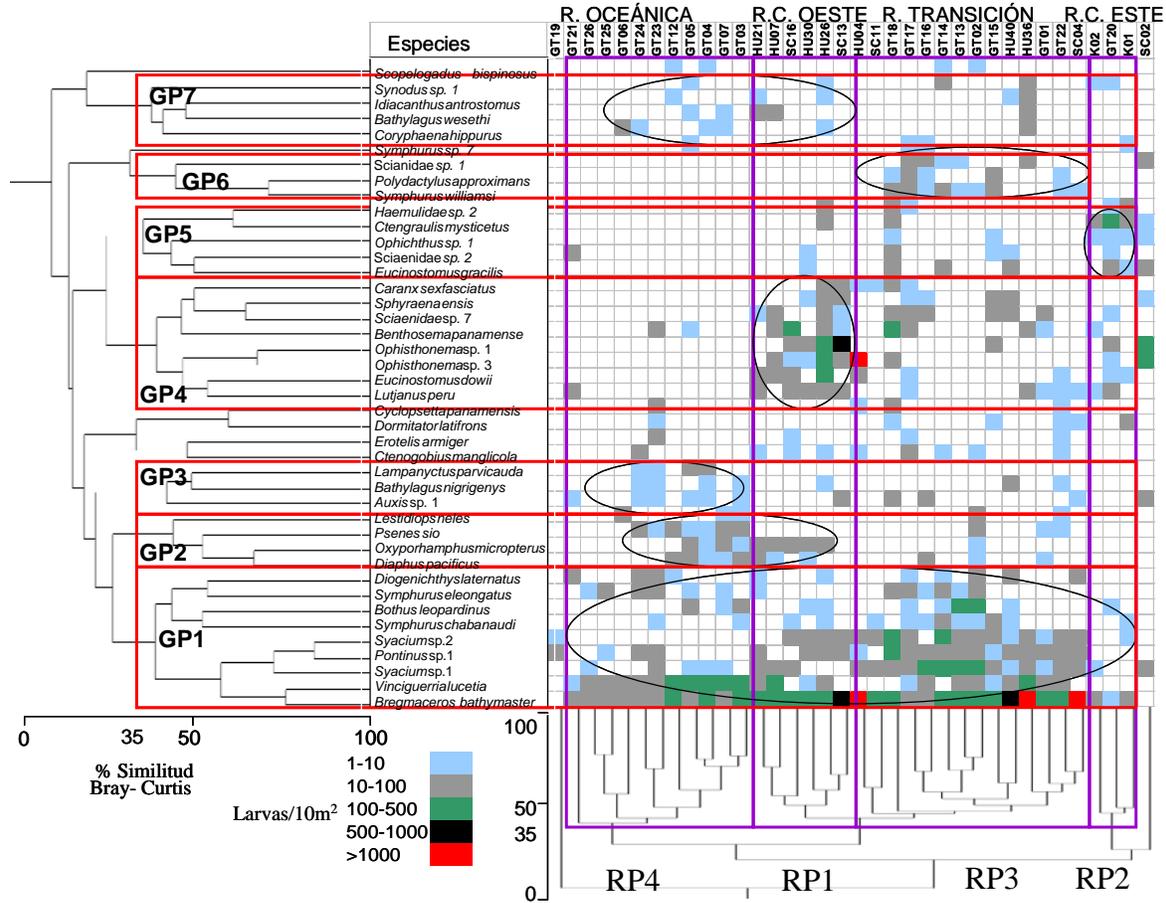


Figura 28. Dendrogramas cruzados modo Q y R usando el índice de similitud de Bray-Curtis con la matriz de la abundancia larval de las especies más abundantes y frecuentes en código de colores. Región Norte (RV1), Región Sur (RV2); Grupo de especies 1 (GV1), Grupo de especies 2 (GV2), Grupo de especies 3 (GV3).

Las especies demersales someras *Ctenogobius manglicola*, *Erotelis armiger*, *Dormitator latifrons*, *Cyclopsetta panamensis* y el mesopelágico *Scopelus mizolepis* no se agruparon ya que su distancia fue menor al 35% de similitud.

8.4.6 Regionalización para primavera 2008

La clasificación en modo Q muestra la formación de 4 grupos de estaciones (Figs. 28 y 29). Un grupo de estaciones costeras de la parte oeste (RP1), que va desde Salina Cruz hasta Huatulco; el grupo RP2 con las estaciones costeras de la parte este, que correspondería a la costa del Estado de Chiapas; un grupo RP3, de estaciones oceánicas y costeras llamado de transición desde el oriente y occidente; y un cuarto grupo (RP4) con estaciones de la zona oceánica que va desde oriente a occidente.

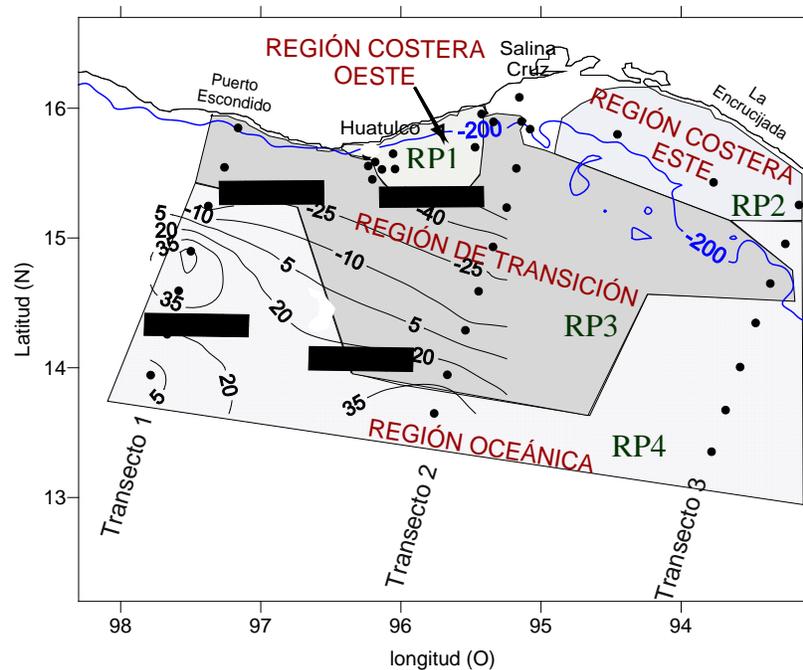


Figura 29. Mapa de Regiones propuestas a partir del AC para primavera del 2008 con las isobatas de 200 m. Las flechas negras representan el flujo geostrofico estimado para el periodo de estudio.

En este caso, la regionalización observada a partir del AC parece ser también resultado del flujo geostrofico observado ya que el flujo costero hacia el oeste y el flujo oceánico al este produce la presencia de una región costera cálida

que correspondería a las regiones RP1 y RP2, una región fría en el centro del Golfo, coincidiendo con la región de transición (RP3) y una región cálida en la parte oceánica coincidiendo con la región RP4 (Fig. 10A y 29)

8.4.7 Asociaciones de especies de larvas de peces para primavera 2008

El grupo 1 de primavera (GP1) estuvo formado por nueve especies: seis demersales someras (*Syacium* sp. 2., *Syacium* sp. 1 *Bothus leopardinus* *Symphurus elongatus*, *Pontinus* sp. 1 *Symphurus chabanaudi*); dos mesopelágicos (*V. lucetia* *Diogenichthys laternatus*) y un pelágico costero (*B. bathymaster*). Las especies de este grupo se presentaron en todo el Golfo de Tehuantepec, con mayor frecuencia en estaciones oceánicas, con excepción de la región costera este (RP2) pero la mayor abundancia por estación se encontró en aéreas más cercanas a la costa en la parte costera-occidente y en la zona de transición (Fig. 30 y 31).

El GP2 estuvo integrado por cuatro especies: una demersal somera (*Lestidiops neles*); una pelágica costera (*Oxyporhamphus micropterus*); una mesopelágica (*Diaphus pacificus*) y una pelágica oceánica (*Psenes sio*). Se encontraron más especies por estación hacia la parte occidente de la región oceánica (RP4) (Fig. 30). El GP2, presentó valores bajos de abundancia por estación (1-150 org./10m²), pero fue más abundante en la parte occidente de la región oceánica (RP4) (Fig. 31).

El GP3 estuvo integrado por tres especies: una mesopelágica (*Lampanyctus parvicauda*) una batipelágica (*Bathylagus nigrigenys*) y una pelágica costera (*Auxis* sp. 1). Fue más frecuente y abundante en la región oceánica (Fig. 30 y 31).

El GP4 estuvo formado por ocho especies: tres demersales (*Lutjanus peru*, *Eucinostomus dowii*, y Sciaenidae sp. 7); cuatro pelágicos costeros (*Opisthonema* sp. 3 *Opisthonema* sp. 1, *Sphyræna ensis* y *Caranx sexfasciatus*) y una especie mesopelágica (*B. panamense*). El GP4 se presentó en toda la costa y el área con mayor abundancia y número de especies por estación se localizó frente a la costa entre Huatulco y Salina Cruz (RP1), estando ausentes en la zona oceánica (Fig.

30 y 31). *Opisthonema* sp. 1 y *Opisthonema* sp. 3, fueron las más abundantes del grupo con el 26.1 y 36.7%, seguidas de *B. panamense* con 12.4%

El GP5 integrado por cinco especies demersales someras (*Eucinostomus gracilis*, Sciaenidae sp., 2 *Ophichthus* sp. 1, *Cetengraulis mysticetus* y Haemulidae sp. 2). Se distribuyó en la parte costera al oriente del Golfo frente a la Encrucijada y frente a Salina Cruz, siendo más abundante en la costa-oriente (RP2) (Fig. 30 y 31).

El GP6 conformado por tres especies de demersales someros (*Symphurus williamsi*, *Polydactylus approximans* y Sciaenidae sp. 1), se distribuyó en la mayoría de las estaciones del centro del Golfo de Tehuantepec con valores bajos de abundancia (1-150 org./10m²), pero también en estaciones oceánicas al oriente y en Huatulco. (Fig. 30 y 31), coincidiendo con el area de transición (RP3).

El GP7 representado por ocho especies: una mesopelágica (*Idiacanthus antrostomus*); una batipelagica (*Bathylagus wesethi*); una pelágica oceánica (*Coryphaena hippurus*) y una demersal somera (*Synodus* sp. 1). Se mostrarón agregadas hacia la porción oeste-central y Huatulco, en las estaciones más oceánicas donde presentaron mínimos valores de abundancia (1-150 org./10m²) y fue notable su ausencia en la parte este (Fig. 30 y 31).

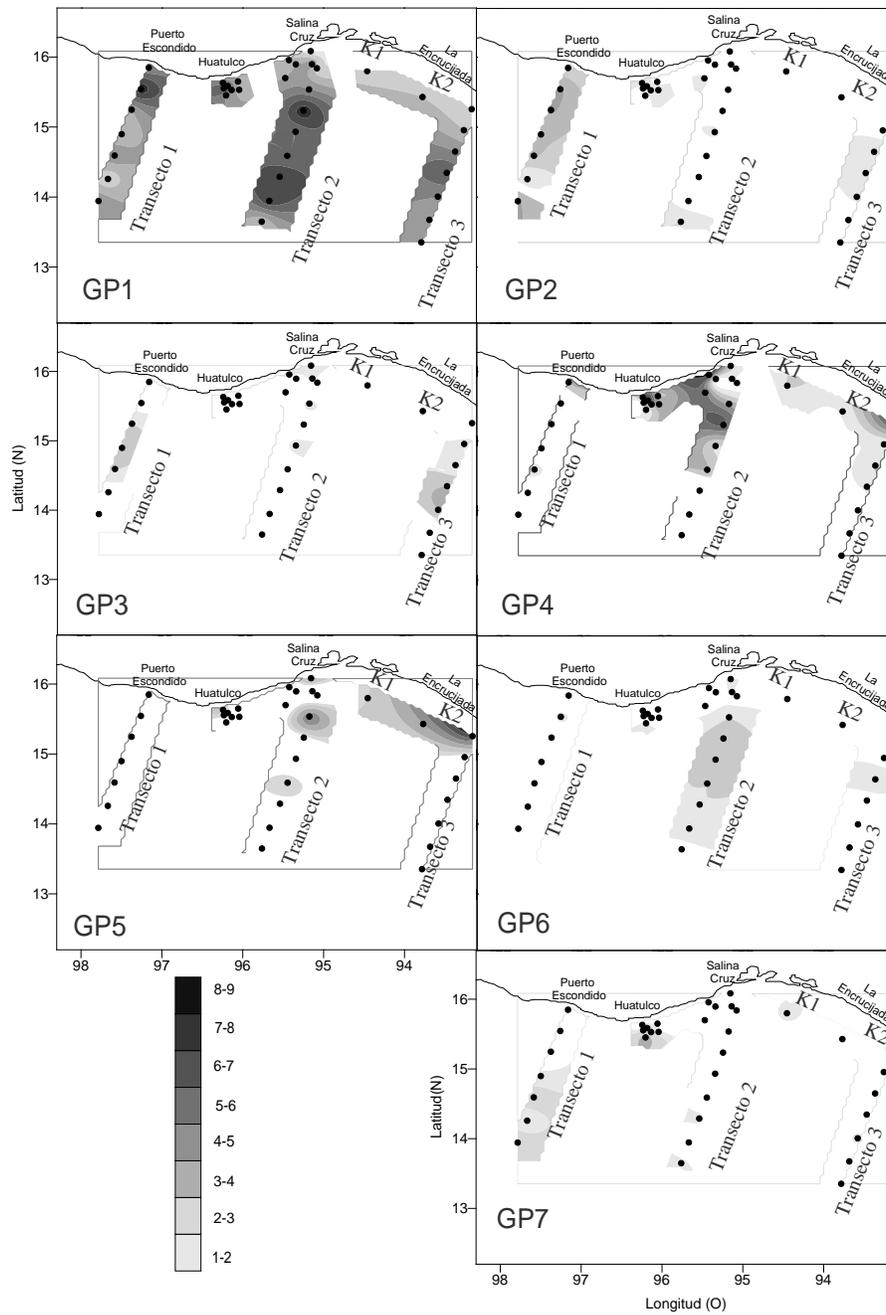


Figura 30. Distribución horizontal de grupos de larvas de peces para el periodo de primavera 2008. (A) GP1, (B) GP2, (C) GP3, (D) GP4, (E) grupo 5, (F) grupo 6, (G) grupo 7. La escala de colores está expresada en número de especies.

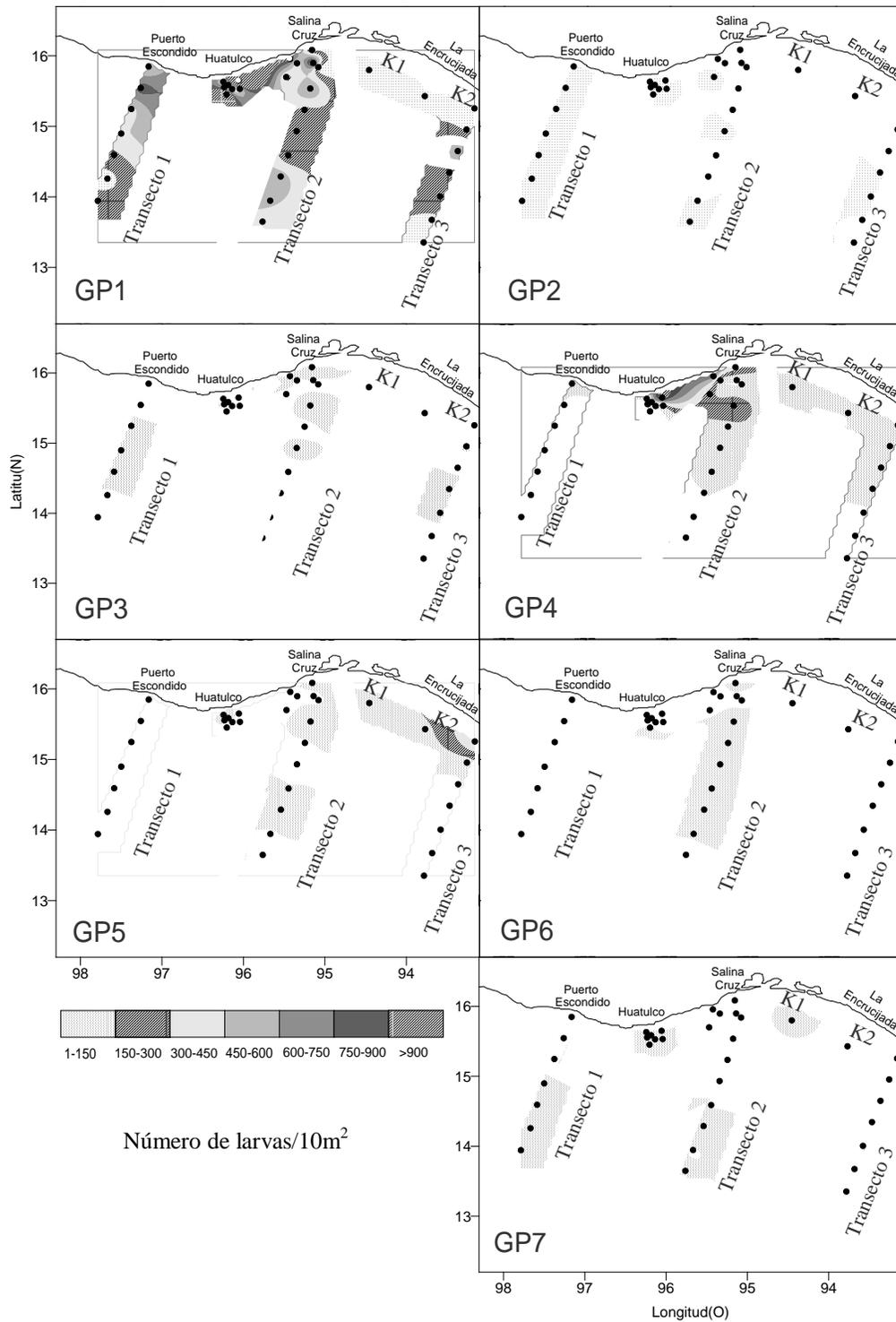


Figura 31. Distribución horizontal de grupos de larvas de peces para el periodo de primavera 2008. (A) GP1, (B) GP2, (C) GP3, (D) GP4, (E) grupo 5, (F) grupo 6, (G) grupo 7.

El IV mostró que las especies indicadoras de cada región fueron: RP1) con una especie (*S. elongatus*). La región RP2 es indicada con seis especies IV>30, únicamente cinco (*S. ensis*, *E. dowii*, *L. peru*, *Opisthonema* sp. 1 y *O. micropterus*) presentaron valor de $p \leq 0.1$ (Tabla 14).

La región RP3 estuvo caracterizada por dos especies (*Syacium* sp. 1 y *Bregmaceros bathymaster*), no obstante ninguna de las dos presentaron valores estadísticamente significativos ($p > 0.1$) por lo que no pueden considerarse como indicadoras de la región.

En la región RP4 de la zona oceánica aparece con 4 especies indicadoras, tres de ellas (*Lestidiops neles*, *Lampanyctus parvicauda*, *Psenes sio*) con valores de $p \leq 0.1$.

Tabla 14. Especies características de una región en particular según el IV>30, $p \leq 0.1$. Para primavera del 2008.

Especie	Región	IV	p
<i>Symphurus elongatus</i>	Costera/oeste (RP1)	55.3	0.030
<i>Sphyaena ensis</i>	Costera/este (RP2)	30.1	0.120
<i>Benthoosema panamense</i>	Costera/este (RP2)	31.5	0.240
<i>Eucinostomus dowii</i>	Costera/este (RP2)	58.2	0.020
<i>Lutjanus peru</i>	Costera/este (RP2)	60.9	0.010
<i>Opisthonema</i> sp. 1	Costera/este (RP2)	64.2	0.010
<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	Costera/este (RP2)	73.3	0.010
<i>Syacium</i> sp. 1	Transición (RP3)	30.6	0.520
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	Transición (RP3)	43.2	0.380
<i>Lestidiops neles</i>	Oceánica (RP4)	30.1	0.090
<i>Vinciguerria lucetia</i>	Oceánica (RP4)	35.0	0.310
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	Oceánica (RP4)	36.4	0.050
<i>Psenes sio</i>	Oceánica (RP4)	54.7	0.020

8.4.8 Análisis de ordenación para primavera del 2008

El ACC para primavera (Tabla 15), mostró que de las 6 variables utilizadas 4 se correlacionaron con los dos primeros ejes. Para el primer eje fue la temperatura promedio de la columna de agua desde superficie hasta la termoclina (TPT) con $r = 0.471$; la profundidad de la picnoclina con $r = 0.686$ y la Biomasa zooplanctónica correlacionada negativamente ($r = -0.490$)

Para el segundo eje, la variable mejor correlacionada fue la Biomasa zooplanctónica ($r = 0.730$) y la profundidad de la termoclina ($r = -0.521$).

Tabla 15. Correlaciones para las 6 variables en primavera del 2008. Temperatura de la superficie del mar (TSM), Temperatura Promedio de 0 m hasta la Termoclina (TPT), Salinidad Promedio desde 0 m hasta la Picnoclina (SPP).

Variable	Eje 1	Eje 2	Eje 3
TSM	0.386	-0.195	0.393
TPT	0.471	-0.105	0.338
Profundidad Termoclina	0.316	-0.521	0.338
Profundidad Picnoclina	0.686	0.205	0.248
Biomasa zooplanctónica	-0.490	0.730	0.265
SPP	0.361	-0.134	0.354

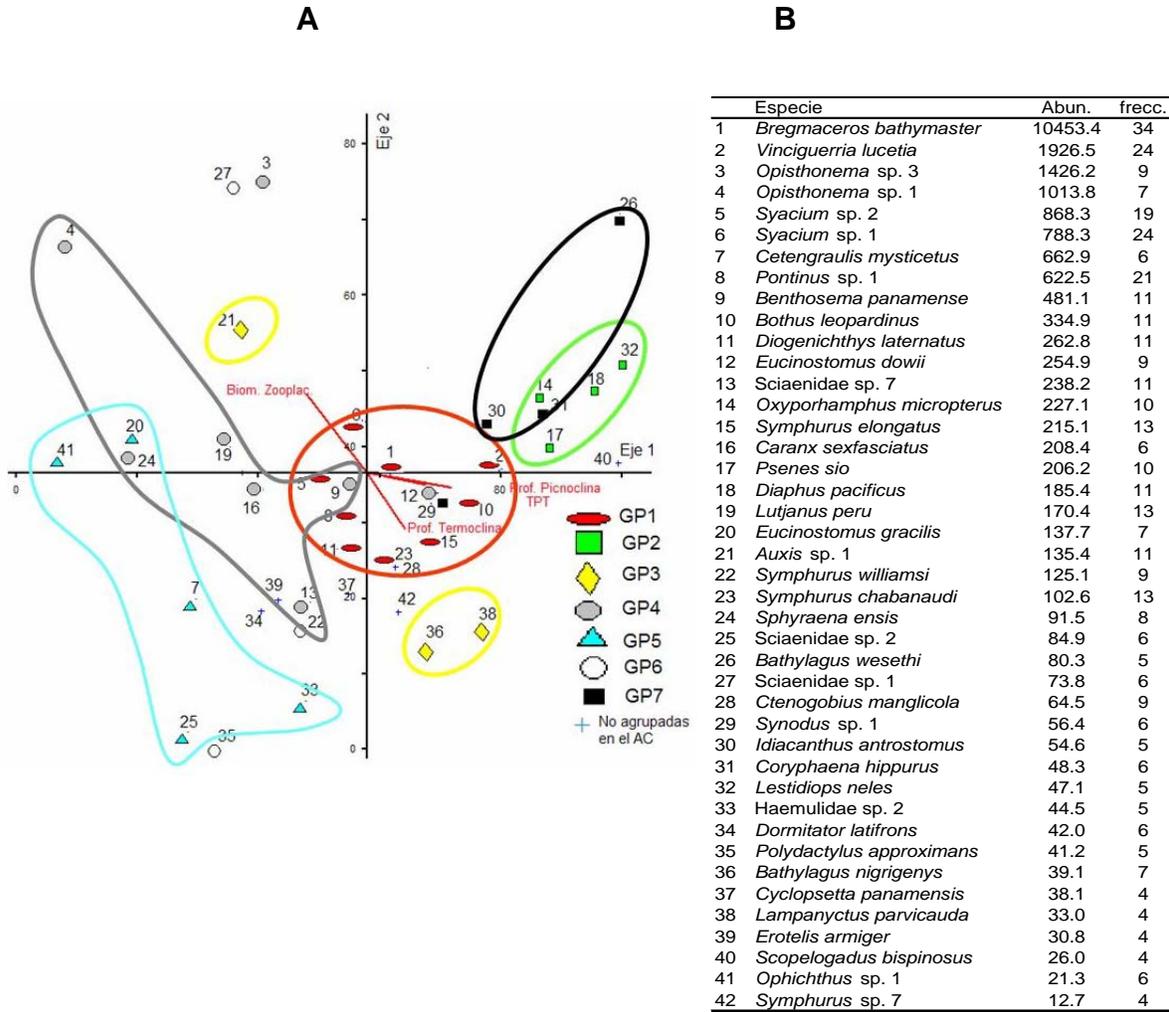


Figura 32. (A) Diagrama de dispersión obtenida del ACC por especies para primavera del 2008. (B) Especies ordenadas por valor descendente de abundancia (Abund.) y frecuencia (Frecc.).

La gráfica de dispersión obtenida a partir del ACC para el caso de las especies (Fig. 32), muestra correspondencia con las asociaciones entre especies obtenidas a partir de AC (Fig. 28). El grupo GP1, al igual que en el verano de 2007, estuvo distribuido en todo el Golfo de Tehuantepec. La gráfica de dispersión muestra que las especies de este grupo se encontraron cercanas al origen de los dos primeros ejes, lo que indica que la distribución de estas especies no está aparentemente influenciada de manera importante por las variables ambientales medidas, explicando así el hecho de encontrarlas abundantes y frecuentes en toda el área de estudio.

Las especies de los grupos costeros GP5 y GP4 se encuentran separados entre si principalmente en el extremo inferior izquierdo del diagrama de dispersión (Fig. 32), aparentemente relacionados con una picnoclina más somera, lo cual coincide con las variables ambientales descritas con anterioridad para la zona costera. Mientras que el grupo oceánico GP2 se encuentra en el lado opuesto del gráfico, asociado a una picnoclina más profunda.

El grupo GP3 fue de distribución principalmente oceánica (RP4) y aparece también en el lado opuesto de los grupos costeros sobre la parte inferior derecha del diagrama de dispersión (Fig. 32) asociado a una mayor profundidad de la termoclina y bajos valores de biomasa zooplanctónica, que a pesar de encontrarse asociada con las especies del GP3, también tuvo valores altos de abundancia en la región de transición (RP3).

El grupo GP7 estuvo distribuido casi en toda el area de estudio con muy baja abundancia pero principalmente concentrado en la región oceánica RP4 (Fig. 30), como resultado de esto, los puntos en el diagrama de dispersión aparecen mezclados entre el area de GP1 cercana al origen y el area de GP2 a la derecha del eje 1 (Fig. 32).

El diagrama de dispersión por estaciones muestra una clara separación entre la región costera oeste (RP1) ubicado entre el origen y la izquierda del eje 2, con la región costera este (RP2), ubicados a la derecha del eje 2 (Fig. 33), y entre ambas regiones se ubicaron la región de transición (RP3) y la oceánica (RP4).

La varianza acumulada explicada para primavera en los dos primeros ejes fué de 12.7% (Tabla 16), lo que indica que a pesar de la relación observada entre la abundancia de las especies y las variables ambientales analizadas, pudieran existir otras variables no medidas en este estudio con mayor impacto en la distribución de las especies.

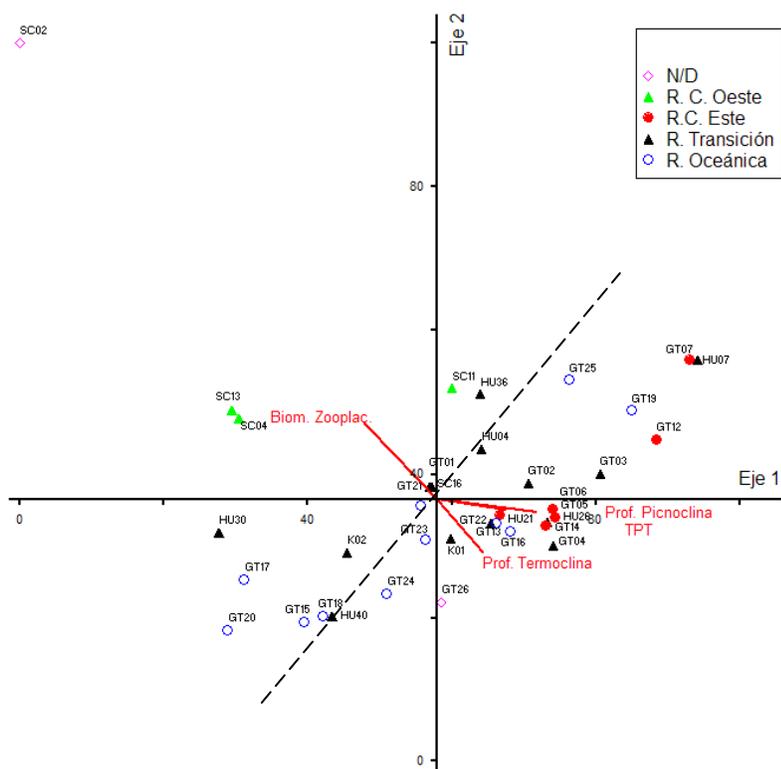


Figura 33. Diagrama de dispersión por estaciones para los dos primeros ejes obtenido del CCA para primavera del 2008 mostrando las variables correlacionadas. La línea punteada indica la separación de las regiones. La línea punteada indica la separación de las regiones.

Tabla 16. Varianza explicada en la distribución de la abundancia para los tres ejes canónicos de primavera del 2008.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigenvalor	0.219	0.096	0.080
Varianza explicada %	8.8	3.9	3.2
Varianza explicada acumulada %	8.8	12.7	15.9

9. DISCUSIÓN

9.1 Caracterización ambiental

Las características ambientales del Golfo de Tehuantepec durante el periodo de estudio, reflejaron los patrones generales de comportamiento ya descrito anteriormente por oceanógrafos físicos que han estudiado el área y que nos permiten establecer el marco ambiental en el que se desarrollaron las asociaciones de larvas de peces durante el verano del 2007 y la primavera del 2008.

Aunque la mayor parte del conocimiento sobre la circulación de corrientes del Golfo de Tehuantepec es puramente esquemático y tentativo (Badan, 1997), teóricamente este golfo está dominado por la CRCC que rige sobre el patrón de circulación costera (Wirtki, 1966). Esta corriente fluye hasta el norte del Golfo de Tehuantepec, donde es forzada a salir hacia fuera de la costa. No obstante este patrón cambia en presencia de vientos Tehuanos que pueden llegar a invertir el flujo de la corriente hacia el este sobre la costa entre puerto Ángel y Salina Cruz (Kessler, 2006). El agua en superficie transportada por esta corriente es la perteneciente a la masa de agua Tropical Superficial (TSW) la cual tiene un espesor de 20 a 50 m de profundidad (Badan, 1997).

Los resultados de nuestro trabajo demuestran que para ambas temporadas la masa de agua predominante en superficie es la perteneciente a la TSW. La variación en los valores de la temperatura superficial del mar fue muy baja entre verano (promedio 30.4° C y máxima de 31° C) y primavera (promedio 29.2° C y máxima de 30.2° C). Lo que determina un gradiente térmico estacional poco significativo entre ambas temporadas (0.8 a 1° C) que coincide con el régimen térmico registrado por Barton *et al.* (1993) para estas temporadas. El cambio estacional en la temperatura superficial fue prácticamente de la misma magnitud que el cambio dentro de cada crucero, por lo que es poco probable como se demuestra más adelante que la temperatura superficial sea un factor que determine las diferencias en composición de especies y abundancia entre la primavera y el verano.

Un aspecto importante que muestra diferencias ambientales entre ambos cruceros fue la profundidad de la capa de mezcla y su distribución a lo largo del Golfo. En general, la capa de mezcla se encontró en ambas temporadas entre las profundidades ya registradas con anterioridad para la zona de estudio (20 a 30 m) coincidiendo como se muestra también en trabajos anteriores (Monreal-Gómez *et al.*, 1998) con la profundidad de la termoclina y la haloclina.

Durante el verano la capa de mezcla se encontró entre los 20 y 30 m siendo más profunda en la región central del Golfo de Tehuantepec (transecto 2). Por el contrario, durante la primavera ésta fue más somera en la misma región central, pero en los alrededores se encontró a profundidades ligeramente (30 a 40 m) mayores que el promedio durante el verano. Estas diferencias fueron ocasionadas de acuerdo a nuestros resultados por el flujo geostrófico de cada temporada.

Durante el verano se encontró un flujo geostrófico hacia el este con velocidades que alcanzaron en la zona más costera hasta 20 cm/s, mientras que en la zona más oceánica la dirección del flujo geostrófico fue hacia el oeste con velocidades de hasta 10 cm/s. En el centro de estas dos corrientes se encuentra una zona con velocidades de 0 cm/s, que junto con la distribución horizontal de la profundidad de la piconclina y la distribución horizontal de la temperatura del mar a los 60 m, sugieren la presencia entre los transectos 1 y 2 de un remolino ciclónico de núcleo cálido que produce el hundimiento de la piconclina en el transecto 2 y que se evidencia en la imagen de satélite de la distribución de clorofila *a* en superficie. La misma zona del transecto 2 muestra también un incremento en la concentración de biomasa zooplanctónica que parece ser ocasionada por la retención de organismos en el centro del giro. La formación de estos remolinos ciclónicos está ya registrada en la literatura para los meses de verano, y se conoce que determinan en gran medida la distribución horizontal de la concentración de Clorofila *a* y de zooplancton en el Golfo de Tehuantepec (Zamudio *et al.*, 2006; Trasviña y Barton, 2008).

Por su parte, durante la primavera del 2008, el flujo costero fue inverso con respecto al observado en verano, dirigiéndose hacia el oeste con velocidades máximas de hasta 40 cm/s, mientras que el flujo en las estaciones oceánicas se

dirigió hacia el este con velocidades máximas de 35 cm/s. En este caso, el flujo geostrofico generó la acumulación de agua cálida en los extremos de los transectos (costa y océano) debido a procesos de Coriolis y a su vez el surgimiento de agua fría en el centro, lo cual corresponde con una piconclina mas somera en la región central y una zona más fría en la misma región detectada en la distribución horizontal de la temperatura del mar a los 60 m. Este proceso es a su vez corroborado con las imágenes de satélite de concentración de Clorofila *a* que muestran una zona costera y una oceánica con altos valores de clorofila *a*, y una zona en medio de estas con valores bajos de Clorofila *a*.

Como se verá más adelante, estas diferencias en el flujo geostrofico entre las dos temporadas analizadas, parecen haber tenido un fuerte impacto en la distribución de las asociaciones de larvas de peces.

Otra característica ambiental que es de considerarse para la zona, es la variación en los valores de salinidad del agua de mar. En general, los valores de verano tuvieron un intervalo mucho más estrecho (33.4-34.4 ups) que los observados durante la primavera del 2008 (32.8 a 34.4 ups). Estas diferencias parecen ser fácilmente explicables si se toma en cuenta que julio es considerado como el periodo de disminución de las lluvias de verano, mientras que mayo es considerado el periodo de mayor intensidad de lluvias (Magaña *et al.* 1999).

En el área de estudio, la temporada de lluvias marca un cambio importante principalmente en la composición de especies demersales someras y pelágico-costeras porque el área costera del este, presenta una gran cantidad de lagunas costeras y desembocaduras de ríos y durante este periodo se ha registrado un incremento de riqueza y abundancia de especies de peces y un descenso en la temporada de secas (Tapia-García *et al.*, 1994 y Tapia-García, 1997).

9.2 Listado taxonómico y composición de especies

El presente trabajo representa el primer listado sistemático de especies de peces encontradas en estadios larvarios en el Golfo de Tehuantepec. Los resultados obtenidos sugieren que el Golfo de Tehuantepec posee una gran riqueza de especies de peces. Esto se demuestra cuando se compara el listado

sistemático obtenido durante los dos cruceros de primavera y verano con lo reportado para el Pacífico central Mexicano por Franco-Gordo *et al.* (2008) donde registran 132 taxa de una serie de muestreos mensuales durante tres años. Es decir, que aún con un mayor esfuerzo de muestreo en la costa del Pacífico central mexicano tanto temporalmente como en número de muestras obtenidas, el número de *taxa* fue mayor.

La composición de especies de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec obtenida en este trabajo (145 especies) y la del Pacífico Central Mexicano obtenida por Franco-Gordo *et al.* (2003, 2008), muestra que ambas áreas tienen en común a 29 especies, que representan un 11% de similitud en la composición de especies de ambas regiones. De estos 29 *taxa*, 14 son demersales someros: *Abudefduf troschelii*, *Balistes polilepis*, *Bothus leopardinus*, *Dormitator latifrons*, *Eucinostomus gracilis*, *Mugil cephalus*, *Myrophis vafer*, *Symphurus atramentatus*, *Symphurus chabanaudi*, *Symphurus elongatus*, *Symphurus williamsi*, *Psenes sio*, *Scorpaenodes xyris* y *Paraconger californiensis*. Siete son Pelágicas costeras: *Caranx caballus*, *Caranx sexfasciatus*, *Bregmaceros bathymaster*, *Harengula thrissina*, *Cetengraulis mysticetus*, *Sphyræna ensis* y *Chloroscombrus orqueta*. Cuatro mesopelágicas: *Benthoosema panamense*, *Diaphus pacificus* *Lampanyctus parvicauda* y *Vinciguerria lucetia*. Tres pelágicas oceánicas: *Lestidiops neles*, *Cubiceps pauciradiatus* y *Euthynnus lineatus*, además una Batipelágica: *Bathylagus wesethi*. Es notable que el componente costero sea sobresaliente en ambos sitios, a pesar de la estrecha plataforma continental que caracteriza la porción oeste del Golfo de Tehuantepec (Carranza-Edwards *et al.*, 1998).

Otra región cercana al Golfo de Tehuantepec que presentan una composición de larvas de peces similar, es el Domo de Costa Rica, sobre el cual Evseenko y Shtaut (2005) habían mencionado que sólo cuatro especies de larvas de peces, *Ariosoma gilberti*, *Ophichthus zophochir* y *Bothus leopardinus* eran parte de un componente costero característico de las aguas circundantes al Golfo de Tehuantepec, en la parte más al norte del Domo de Costa Rica.

Actualmente al comparar ambos sitios, encontramos que de 95 especies reportadas por Evseenko y Shtaut (2005) como larvas, 31 son comunes para

ambas regiones, representando un 14% de similitud de la fauna de ambas regiones. De éstas 31 especies comunes, 14 son registradas como representantes costeras: *Ariosoma gilberti*, *Bothus leopardinus*, *Clarkichthys bilineatus*, *Erotelis armiger*, *Myrophis vafer*, *Lutjanus peru*, *Ophichthus triserialis*, *Ophichthus zophochir*, *Ophioblennius steindachneri*, *Polydactylus approximans*, *Scorpaenodes xyris*, *Symphurus callopterus*, *Symphurus chabanaudi*, *Symphurus elongatus*. Siete son mesopelágicas: *Benthoosema panamense*, *Diaphus pacificus*, *Diogenichthys laternatus*, *Idiacanthus antrostomus*, *Lampanyctus parvicauda*, *Scopelogadus bispinosus* y *Vinciguerria lucetia*. Cinco especies pelágicas costeras: *Mugil cephalus*, *Naucrates ductor*, *Oxyporhamphus micropterus*, *Selar crumenophthalmus* y *Selene peruviana*. Tres especies pelágicas oceánicas: *Coryphaena hippurus*, *Euthynnus lineatus* y *Psenes sio* y sólo dos especies batipelágicas: *Scopelarchoides nicholsi* y *Bathylagus nigrigenys*. Sin embargo, por las características del el sitio, el Domo de Costa Rica presenta una gran mayoría de especies oceánicas y una minoría de especies costeras, esto contrasta con el Golfo de Tehuantepec ya que en el lugar, la mayoría de las especies de larvas de peces encontradas son costeras.

La mayor riqueza de especies en el Golfo de Tehuantepec y la baja similitud en la composición de especies de las zonas contiguas con él (11 y 14% respectivamente con el Pacífico central mexicano y el Domo de Costa Rica), son el resultado de que en esta zona se encuentra la frontera entre la provincia Panámica al sur de Bahía de Tangolunda y la provincia mexicana al norte (Briggs, 1974). La riqueza de especies se incrementa por lo tanto como resultado de la mezcla de la fauna de ambas provincias. Esto hace que la zona tenga por lo tanto una importancia clave desde el punto de vista biogeográfico y lo convierte en una región importante para la conservación de la biodiversidad.

De las 145 especies que identificamos 20 de ellas ya habían sido registradas como exclusivas del ambiente marino en fase adulta para el Golfo de Tehuantepec en trabajos de Acal y Arias (1990); Bianchi (1991), Tapia-García (1994, 1997) y Ramírez-Gutiérrez *et al.* (2003), estas fueron: *Abudefduf troschelii*, *Ariosoma gilberti*, *Balistes polilepis*, *Bothus leopardinus*, *Caranx caballus*, *Cetengraulis*

mysticetus, *Chloroscombrus orqueta*, *Cherublemma emmelas*, *Harengula thrissina*, *Lutjanus peru*, *Monolene asaedai*, *Myripristis leiognathos*, *Ophioblennius steindachneri*, *Selar crumenophthalmus*, *Sphyraena ensis*, *Sufflamen verres*, *Selene peruviana*, *Symphurus atramentatus*, *Symphurus elongatus* y *Xenistius californiensis*. Según estos autores, estas especies son afines a la zona costera, y habitan sobre la plataforma continental de Oaxaca y Chiapas donde el mayor número de especies son demersales.

De la misma forma, 9 especies identificadas en este trabajo ya habían sido registradas en la zona y son características de los ambientes lagunares-estuarinos como la Laguna Mar Muerto (Oaxaca y Chiapas) y el sistema Lagunar Chantuto-Panzacola (Chiapas): *Chaetodipterus zonatus*, *Ctenogobius sagittula*, *Cyclopsetta panamensis*, *Dormitator latifrons*, *Eucinostomus currani*, *Eucinostomus dowii*, *Eucinostomus gracilis*, *Mugil cephalus* y *Ophichthus zophochir* (Tapia-García, 1997, 1998; Díaz-Ruiz *et al.*, 2004). Además, otras dos especies, *Oligoplites saurus* y *Polydactylus approximans* (Tapia-García, 1994, 1997) que han sido registradas como características tanto para el ambiente marino como para los ambientes lagunares estuarinos.

El hecho de haber encontrado larvas de especies tanto marinas como estuarinas-lagunares, nos sugiere la importancia de la parte costera del Golfo de Tehuantepec como un sitio en común de reproducción y/o crianza para una parte del componente de este tipo de especies. Donde llegan a coincidir sus desoves en diferentes temporadas del año sobre la plataforma continental.

Adicionalmente a las especies mencionadas, en este trabajo se encontraron 44 especies más (30.3% del total) de las cuales, aunque se puede deducir que su distribución debe incluir al Golfo de Tehuantepec, hasta la fecha no hay registros formales de estas como adultos en el Golfo de Tehuantepec. Entre ellas mesopelágicos, pelagicos costeros y oceánicos, además de batipelágicos y demersales por ejemplo la familia Cynoglossidae que sobre sale en este trabajo por el número de especies (9.0% del total) como *Symphurus callopterus*, *Symphurus chabanaudi*, *Symphurus melanurus* y *Symphurus williamsi*.

A diferencia de otras zonas del Pacífico mexicano, el componente más abundante es de larvas de especies pelágico-costeras entre las que *B. bathymaster* es la más abundante y frecuente en los arrastres de plancton del Golfo de Tehuantepec. En el Pacífico oriental, *B. bathymaster* es poco abundante en el área de influencia de la Corriente de California (Moser *et al.*, 1993) y en el Golfo de California entre 1984 y 1988 representó sólo el 0.2% de la abundancia total (Aceves *et al.*, 2003). La abundancia de esta especie se incrementa en las costas de Jalisco y Colima, donde llega a constituir más del 80% del ictioplancton durante todo el año (Franco-Gordo *et al.*, 2001; Siordia-Cermeño *et al.*, 2006). A pesar de la afinidad tropical-subtropical de *B. bathymaster* (Eschmeyer, 1998) su abundancia parece disminuir nuevamente hacia el sur (en el Golfo de Tehuantepec), donde alcanza como máximo el 35% de la captura total de larvas.

La gran abundancia de larvas sugiere la importancia de Golfo de Tehuantepec como área de reproducción, crianza y reclutamiento de *B. bathymaster*, que a pesar de no tener valor comercial es una especie ecológicamente relevante en las cadenas tróficas oceánicas (Zavala-García y Flores-Coto, 1994; Siordia-Cermeño *et al.*, 2006).

La especie *V. lucetia*, junto con otros mesopelágicos como *Benthoosema panamense*, *Diaphus pacificus* y *Diogenichthys laternatus*, caracterizan el ecosistema oceánico del Golfo de Tehuantepec y de otras regiones oceánicas del Pacífico (Ahlstrom, 1972; Ahlstrom y Moser, 1976; Moser y Smith, 1993; Aceves-Medina *et al.*, 2004; Funes-Rodríguez *et al.*, 2006). Debido a su afinidad a ambientes tropicales-subtropicales, han sido utilizados como indicadores del avance de las corrientes cálidas hacia latitudes altas durante eventos El Niño (Funes-Rodríguez *et al.*, 2006). La alta abundancia de mesopelágicos en verano y primavera se explica porque son las larvas más abundantes del Pacífico Tropical Oriental, incluyendo al Golfo de California, durante verano (Ahlstrom, 1972; Ahlstrom y Moser, 1976) y en fase adulta son el componente más abundante de la comunidad del micro-necton en la zona oceánica (Push *et al.*, 2004).

Otras especies pelágico-costeras también incluidas dentro de las más abundantes del Golfo de Tehuantepec fueron *Opisthonema* sp. 1, *Opisthonema* sp. 3 y *Cetengraulis mysticetus* todas de importancia ecológica, pero también comercial para la pesquería de sardina. Funes-Rodríguez *et al.* (2004) establecieron criterios para diferenciar entre *Opisthonema* sp. 1 y *Opisthonema* sp. 2 basados en el conteo de miómeros y el patrón de pigmentación cefálico y caudal bajo la notocorda. En la revisión de las larvas del Golfo de Tehuantepec, se observó un tercer tipo que a diferencia de los dos anteriores presenta pigmento en la región anal y que se designó como *Opisthonema* sp. 3.

Opisthonema sp. 1 estuvo presente sólo en el crucero de primavera, mientras que *Opisthonema* sp. 3 se encontró en ambos periodos de muestreo. Trabajos previos sugieren que dada la temporalidad de los desoves de cada especie en el Golfo de California, las larvas de *Opisthonema* sp. 3 podrían asociarse a *O. libertate* (Funes-Rodríguez *et al.*, 2004). Así mismo, Acal y Corro-Espinosa (1994) mencionan que de acuerdo a la temporalidad en los picos de máximos desoves de la tres especies presentes en el Golfo de Tehuantepec (*O. libertate*, *O. bulleri* y *O. medirastre*), las larvas presentes durante enero-mayo podrían asociarse a *O. bulleri* y *O. medirastre* mientras que las de meses cálidos estarían asociadas a *O. libertate*, coincidiendo con lo mencionado por Funes-Rodríguez *et al.* (2004). No obstante, a pesar de la diferencia temporal en los picos máximos de reproducción, las tres especies tienen desoves de menor intensidad en el Golfo de Tehuantepec durante todo el año.

En el caso del genero *Syacium*, se reportan dos especies en fase adulta para el Golfo de Tehuantepec *S. ovale* y *S. latifrons*. En este trabajo reportamos dos morfotipos: *Syacium* sp. 1 y *Syacium* sp. 2, los cuales deben corresponder probablemente a las mencionadas anteriormente. Ambas especies son abundantes durante todo el año en el subsistema Oaxaqueño y Chiapaneco, y *S. ovale* también se distribuye dentro de los sistemas lagunares, según Tapia-García (1997).

9.3 Estructura de la comunidad

La comunidad de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec consiste en un grupo de especies dominantes (*B. bathymaster* y *V. lucetia*) comunes para primavera y verano y un grupo de especies principalmente demersales y pelágico costeras también presentes en ambas temporadas pero con menor dominancia, entre las que se encuentran las del género *Syacium*, *Bothus*, *Pontinus*, *Opisthonema* y *Auxis* principalmente.

En general se observó que la primavera del 2008 estuvo caracterizada por: a) una mayor abundancia de larvas (casi el doble comparativamente con el verano), principalmente de pelágicos costeros en su mayoría de *B. bathymaster*; b) una mayor riqueza de especies y abundancia de larvas de especies demersales someras, particularmente de los géneros *Syacium* y *Pontinus*; c) un descenso en la abundancia de especies mesopelágicas; d) un mayor porcentaje de estaciones muestreadas con valores de abundancia intermedios (320 a 470 larvas /10 m²); e) una mayor abundancia de larvas en la región costera oeste del golfo y; f) una mayor diversidad H' y riqueza de especies en la región central del Golfo de Tehuantepec, particularmente en la región central del transecto 2 y disminuyendo hacia la costa y hacia el océano.

El verano 2007 por su parte, estuvo caracterizado por: a) baja abundancia larval; b) una menor riqueza y abundancia de especies demersales pero que aún así se considera alto con respecto a otras regiones del Pacífico mexicano; c) un porcentaje de estaciones muestreadas con valores de abundancia muy bajos (20 a 170 larvas /10 m²); d) una mayor abundancia de larvas en la región costera y cercana al talud continental principalmente al centro y al este del Golfo de Tehuantepec y; e) una mayor diversidad H' y riqueza de especies en la región oceánica y a lo largo de todo el transecto 3 en la región este del Golfo.

Estas diferencias parecen estar asociadas a los cambios estacionales en la concentración de Clorofila, Biomasa zooplanctónica y al periodo de lluvias. Por ejemplo, la mayor abundancia de larvas durante primavera coincide con los mayores valores de biomasa zooplanctónica observados que llegaron a estar entre 550 y 950 ml/1000 m³ de agua, comparados con un máximo 250 ml/1000 m³

durante el verano. Durante el periodo de lluvias, que en este caso es mayor en mayo, se ha registrado un incremento en la abundancia y riqueza de especies pelágico costeras, porque se incrementa la salida de especies de los sistemas lagunares y estuarinos de la costa principalmente de Chiapas (Tapia-García *et al.*, 1994 y Tapia-García, 1997), esto coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, particularmente por el incremento en la abundancia y riqueza de especies demersales someras, así como de pelágicos menores que suelen reproducirse durante las surgencias de primavera coincidiendo con incrementos en la concentración de clorofila *a* y con el periodo de lluvias de la región (Acal y Corro, 1994).

La mayor diversidad H' durante la primavera no corresponde sin embargo a las áreas frente a las lagunas costeras y desembocaduras de ríos, sino que más bien está asociada a la región central de los transectos 2 y 3, como resultado de una mayor equitabilidad (J) en esa zona, que puede estar relacionada con la mezcla de la comunidad de larvas de especies neríticas y oceánicas en las estaciones cercanas al talud continental.

Durante el verano, la mayor diversidad H' correspondió a la zona frente a Salina Cruz y a la región más costera del transecto 3. En ausencia de lluvias y procesos oceanográficos que transporten larvas de especies neríticas hacia el océano, los bordes de la plataforma continental suelen definir los límites de distribución de las asociaciones costeras de larvas de peces (Moser *et al.*, 1974; Moser *et al.*, 1987; Moser y Smith, 1993; Olivar y Shelton, 1993; Marancik *et al.*, 2003), de esta forma, durante el verano del 2007 la mayor amplitud de la plataforma continental en la porción este del Golfo debe contribuir a una mayor abundancia y diversidad de especies neríticas al este de Salina Cruz,

Una característica importante de la comunidad de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec es la alta abundancia de especies demersales someras tales como las del género *Syacium*, *Bothus* y *Pontinus* que junto con el resto de demersales someros representan del 24 al 26% de la abundancia. Esta característica junto con la menor abundancia de especies mesopelágicas encontradas es relevante, ya que en otras regiones del Pacífico tropical,

incluyendo el Golfo de California, tanto la abundancia como el número de especies de ambientes demersales es menor y contraria a la mayor abundancia de especies mesopelágicas. Tal es el caso de la costa Pacífico de Baja California, en donde las especies demersales alcanzan apenas un 18 % de la abundancia total de larvas (Jiménez–Rosenberg *et al.*, 2000) y en el Golfo de California llegan a representar apenas un 16% (Aceves–Medina *et al.*, 2003).

La gran abundancia de especies demersales someras es también una característica sobresaliente en el Golfo de Tehuantepec ya que la mayoría de las estaciones de muestreo se encuentran lejos de la plataforma continental y la presencia de este tipo de especies en la región oceánica sugiere procesos oceanográficos de transporte de larvas de especies neríticas hacia la región oceánica.

Finalmente, hemos visto que a pesar de las diferencias en la comunidad de larvas de peces encontradas entre el verano del 2007 y primavera del 2008, la prueba estadística de t de diferencia entre valores de diversidad mostró que no hubo diferencia significativa entre la diversidad alfa de ambas estaciones del año. Estos resultados sugieren que si bien la complejidad de la comunidad es similar para verano y primavera, la composición de especies, su distribución y abundancia dentro de la región presentan cambios importantes que establecen no sólo diferencias estacionales, sino que también le imprimen características particulares que la diferencian de otros ecosistemas similares en las costas del Pacífico mexicano.

9.4 Caracterización de asociaciones.

La composición de especies de las asociaciones de larvas de peces obtenidas en el Golfo de Tehuantepec cambió de manera significativa entre las temporadas de verano 2007 y primavera 2008. Sólo las especies *B. bathymaster*, *V. lucetia*, *Syacium* sp. 1, *Pontinus* sp. 1 y *Bothus leopardinus* fueron las que se mantuvieron formando parte de un mismo grupo en ambas temporadas.

En el caso de las especies que se mantienen en ambos periodos destacan *B. bathymaster* y *V. lucetia* por ser las más abundantes. Se ha visto en áreas de

influencia de la Región de la Corriente de California que *V. lucetia* forma asociaciones con otras especies, como *D. laternatus* y en el Golfo de California con *B. panamense*, todos ellos mesopelágicos. En esas regiones la asociación de *V. lucetia* con otras especies es la que tiende a ser más estable (Moser y Smith, 1993; Funes-Rodriguez *et al.*, 2002 Aceves-Medina *et al.*, 2004; Jiménez-Rosenberg, 2008).

Para el caso de *B. bathymaster*, en las costas del Pacífico Central Mexicano es frecuente la asociación con *D. latifrons*, ambas especies abundantes en esa región (Franco-Gordo *et al.*, 2008).

En el caso del Golfo de Tehuantepec, la asociación más estable parece ser entre *V. lucetia* y *B. bathymaster*. No obstante, las larvas de *V. lucetia* se encontraron asociadas con *D. laternatus* en el Golfo de Tehuantepec solamente en primavera, mientras que *B. bathymaster* se asoció con *D. latifrons* solamente en el verano. Es probable que la asociación entre *V. lucetia* y *B. bathymaster* sea indicativa del Golfo de Tehuantepec a juzgar por la abundancia de las especies registrada a lo largo de todo el año en áreas contiguas al Golfo de Tehuantepec (Ahlstrom, 1972; Evseenko y Shtaut, 2005; Franco-Gordo *et al.*, 2008), sin embargo es necesario un mayor número de trabajos que ayuden a corroborar esta hipótesis.

El resto de las especies se asociaron de manera diferente y su distribución fue también muy variable, esto se refleja en el número de grupos formados que en verano del 2007 sólo se encuentran tres asociaciones, mientras que en primavera del 2008 se presentan 7.

En general, la distribución de las asociaciones para ambas temporadas marca un gradiente norte-sur (costa-océano) en el que las asociaciones se distribuyen atendiendo a la afinidad del hábitat de los adultos, es decir, el Golfo de Tehuantepec está formado fundamentalmente por asociaciones de larvas de peces de afinidad nerítica que habitan sobre la plataforma continental y especies de afinidad oceánica hacia el sur del Golfo de Tehuantepec.

Durante el verano del 2007, los gradientes de abundancia de las asociaciones marcan un claro gradiente costa-océano. En la asociación norte o costera (GV3),

la composición de especies está caracterizada casi exclusivamente por organismos pertenecientes a adultos de afinidad nerítica, excepto por la presencia de *B. panamense* y *D. laternatus*. No obstante, estas dos especies aparecen principalmente en las estaciones más alejadas de la costa de la región norte, o bien frente a Huatulco y Puerto escondido, donde la plataforma es muy estrecha y en general las especies mesopelágicas tienen una distribución muy cercana a la costa. Esta distribución de las asociaciones de larvas de peces neríticas sobre la plataforma continental es la típica encontrada en diversas regiones del océano (Somarakis *et al.*, 2002; Jiménez-Rosenberg, 2008).

La asociación GV2 estuvo por su parte formada por un menor número de especies, con una mezcla de formas de afinidad nerítica y oceánica. Se ha registrado en otros trabajos, que especies de géneros como *Bothus* y *Symphurus* pueden estar distribuidas en áreas muy alejadas de la costa, como resultado de procesos de deriva de los estadios de huevo y larvas preflexionadas (Aceves-Medina *et al.*, 2003 y 2006), lo cual explica la formación de un grupo de especies como *Psenes sio* y *Lampanyctus parvicauda* junto con *Bothus* y *Symphurus*, pero a la vez sugiere mecanismos de transporte diferenciales que permiten el movimiento de algunas especies neríticas hacia el océano.

Una de las estrategias que se ha observado en algunas especies que permiten que estas permanezcan en áreas específicas o bien sean transportadas a áreas distintas a donde ocurrieron los desoves, es la distribución diferencial en la columna de agua, ya que la dirección e intensidad de las corriente cambia con la profundidad (Moser y Smith, 1993). Sin embargo, el tipo de muestreo utilizado nos impide hacer conclusiones en este sentido porque los arrastres oblicuos utilizados aquí no permiten obtener estimaciones de la abundancia vertical de las especies.

El tercer grupo de especies (GV1) mostró una distribución muy amplia ya que se observó prácticamente a lo largo de todo el Golfo, aunque fue más frecuente en la región sur. Este asociación estuvo compuesta también por especies neríticas y oceánicas y la presencia de las especies *B. leopardinus*, *Syacium* sp. 1, *Dormitator latifrons* y *Pontinus* sp. 1 como constituyentes de este grupo, sugiere también la presencia de procesos que dispersan larvas desde las zonas costeras

donde ocurren los desoves hacia la región oceánica y en todo el Golfo de Tehuantepec.

El flujo geostrófico observado en nuestros resultados puede explicar la distribución general de las asociaciones encontradas durante esta temporada, ya que el flujo costero hacia el este observado en la región costera, ofrece un mecanismo de transporte de larvas hacia el centro del golfo, en donde la región norte se amplía hacia el océano. Así mismo, la presencia aparente del giro ciclónico en el centro ofrecería un mecanismo de transporte de larvas en la región central hacia el océano, en donde además de incrementarse la abundancia de especies neríticas, se incrementan los valores de diversidad H' como consecuencia de la mezcla de especies del ambiente oceánico y el nerítico.

El ACC nos muestra una congruencia entre los gradientes espaciales de distribución de los grupos y la distribución horizontal de las variables ambientales medidas, principalmente de profundidad de la termoclina y biomasa zooplanctónica. Debido a que la profundidad de la termoclina es un resultado directo del flujo geostrófico (como se explicó anteriormente en la sección 9.1), y que la biomasa zooplanctónica parece ser también una consecuencia del flujo geostrófico; la relación entre estas dos variables con los gradientes de distribución de los grupos puede interpretarse más como el hecho de que las tres variables estén siendo afectadas de la misma forma por el flujo geostrófico que como una dependencia de la distribución y abundancia de las larvas con la biomasa zooplanctónica y la profundidad de la termoclina.

De acuerdo a esto, podríamos concluir que durante el verano del 2007, la composición y distribución de las asociaciones de larvas de peces, estuvo en primera instancia determinada por la coincidencia en tiempo y espacio de los desoves de peces neríticos sobre la plataforma continental y los desoves de especies oceánicas en las estaciones más alejadas de la costa, y en segundo término por el flujo geostrófico que proporciona un mecanismo de transporte de larvas, principalmente de la zona costera hacia el océano.

No contamos con estimaciones del flujo geostrófico en el transecto 3 al extremo este del Golfo, pero los gradientes de abundancia de especies neríticas a

lo largo de este transecto sugieren también un transporte, aunque menos intenso, de costa a océano.

Es importante recalcar que el transporte hacia el océano parece ser diferencial ya que no todas las especies neríticas son transportadas en la misma intensidad hacia fuera de la costa, así como que el principal transporte tiene dirección hacia el océano. Esto se refleja en las especies indicadoras estimadas mediante el IV, ya que excepto *D. laternatus*, todas las especies indicadoras de la región norte son de especies de afinidad nerítica, mientras que en la región sur, hay una mezcla de especies indicadoras para la región de afinidad nerítica y oceánica.

Es claro que otras variables como la temperatura superficial del mar no están determinando la distribución horizontal de las larvas durante el periodo de verano, particularmente para las especies del GV1 que se distribuyeron a lo largo de todo el golfo, lo cual podría resultar lógico dada la escasa variación de la TSM de 1°C, o de la salinidad en superficie durante este periodo, sin embargo, durante periodos de invierno, cuando los intensos procesos de surgencias generan fuertes cambios horizontales en la temperatura del mar, el escenario podría resultar muy diferente.

Para el caso de la primavera del 2008, el AC arrojó un mayor número de grupos como resultado del incremento de especies principalmente de afinidad nerítica como ya se describió con anterioridad.

La primavera muestra también el típico gradiente costa-océano que se observa en verano, con asociaciones costeras representadas principalmente por especies de afinidad nerítica, excepto por *B. panamense*, que al igual que en verano se encontró en las estaciones al oeste del golfo que tienen como característica fundamental la presencia de una plataforma continental muy estrecha (Carranza-Edwards *et al.*, 1998). Sin embargo, en este caso y a diferencia del verano, se presenta una zona de transición entre la región oceánica y costera, constituida por especies de afinidad nerítica, pero que se ha registrado que sus larvas tienen distribuciones muy alejadas de la costa, como es el caso de *S. williamsi* (Aceves-Medina *et al.*, 2006).

La presencia de una zona de transición entre la condición típica de separación costa-océano es común en otras regiones oceánicas, y se presenta como una

zona estrecha entre ambas regiones donde las asociaciones entre especies no son muy estables en tiempo (Somarakis *et al.*, 2002), esta poca estabilidad puede ser la razón de que la zona de transición no haya tenido especies indicadoras como se vio en el cálculo del IV. De acuerdo a Richardson *et al.* (1980) y Rakocinski *et al.* (1996) las zonas de transición se relacionan con los desoves de adultos dentro de la plataforma y de desovadores oceánicos que se traslapan cerca del talud.

Adicionalmente al gradiente costa-océano encontrado, en la primavera se observó que las asociaciones de larvas de peces se encontraban separadas por una región costera este y una oeste, en el primer caso constituidas por especies principalmente de ambientes lagunares como Haemulidae sp. 1, *Cetengraulis mysticetus*, Sciaenidae sp. 2 y *Eucinostomus gracilis*, mientras que en la región oeste estuvo constituida por una mezcla de especies arrecifales o asociadas a fondos rocosos (*Sphyraena ensis*, *Lutjanus peru*), pelágico-costeros (*Opisthonema* sp. 1 y *Opisthonema* sp. 3) así como de ambientes lagunares o estuarinos (*Eucinostomus dowii* y *Cyclopseyta panamensis*).

La separación de ambas regiones responde principalmente al tipo de hábitat que presenta la costa de Oaxaca y Chiapas, ya que desde Puerto Escondido hasta Huatulco la costa es principalmente rocosa, con la presencia de lagunas costeras menores, coincidiendo con la mezcla de especies de diferentes ambientes costeros en la región oeste, mientras que de Salina Cruz hacia el este la costa es principalmente arenosa y con sistemas lagunares o estuarinos importantes, como las lagunas superior e inferior. Esta regionalización costera es evidente en la composición de peces adultos de la zona y fue registrada ya en trabajos previos (Tapia-García *et al.*, 1994; Tapia-García, 1997; Ramírez-Gutiérrez *et al.*, 2007).

En este caso, es de llamar la atención nuevamente la presencia de especies de afinidad nerítica en la zona oceánica lejos del talud continental, particularmente de especies como *Ctenogobius manglicola*, que como su nombre lo indica está asociado a zonas de manglar (Allen y Robertson, 1994), *Cyclopsetta panamensis* que se distribuye en zonas muy someras aunque puede llegar hasta los 100 m de

profundidad (Allen y Robertson, 1994), o *Erotelis armiger* que habita en la zona costera preferentemente a profundidades entre 0 y 50 m (Fisher *et al.*, 1995).

El registro de estas especies en la zona oceánica indica nuevamente transporte desde la costa hacia el océano, y aparentemente la distribución de las asociaciones también puede ser explicada a partir del flujo geostrófico observado en nuestros datos durante la primavera del 2008.

En este caso existió un flujo geostrófico hacia el oeste a lo largo de la zona costera, y en la región oceánica un flujo geostrófico hacia el este. Como resultado de estos dos flujos en direcciones opuestas, hay un desplazamiento de agua a partir de las estaciones más costeras de los primeros dos transectos hacia la costa, un desplazamiento de agua de las estaciones más oceánicas de los primeros dos transectos hacia el océano, y aparentemente el inicio de un proceso de surgencia en las estaciones centrales de los primeros dos transectos. Esto se refleja en una zona fría en la región central del Golfo de Tehuantepec en los datos de temperatura a 60 m y en el levantamiento de la termoclina en esta misma zona.

El flujo hacia la costa mantiene la distribución de las asociaciones costeras aparentemente cercanas a los sitios originales del desove, frente a Huatulco con la composición de especies similar a la de adultos que se distribuyen en la zona, y frente a la Encrucijada también con larvas de especies características de la zona.

En este caso, los grupos característicos de la zona oceánica, a diferencia del periodo de verano presentan casi exclusivamente especies afines a este mismo hábitat, y es en la zona de transición donde se observa una mezcla de especies del ambiente nerítico y oceánico. Así, a diferencia de verano, los valores calculados del IV muestran que la zona costera presenta especies indicadoras exclusivamente neríticas, la región oceánica está representada exclusivamente por especies oceánicas y la región de transición no presenta especies indicadoras con valores estadísticamente significativos.

Estos resultados indican entonces que la distribución de las asociaciones de primavera del 2008 estuvo determinada también por la sincronización de los desoves de adultos de especies neríticas y oceánicas, y que su ubicación fue

mantenida espacialmente por los flujos de corrientes característicos de este periodo de muestreo.

Al igual que durante el verano, en la primavera del 2008, las variables ambientales correlacionadas con los gradientes de abundancia de larvas de peces, principalmente profundidad de la picnoclina y biomasa zooplanctónica parecen ser el resultado de un efecto similar del flujo geostrófico sobre las tres variables, mas que una dependencia de la distribución y abundancia de las larvas con las variables ambientales medidas.

La presencia de especies costeras en la región oceánica durante la primavera de 2008, puede ser resultado de la advección desde estaciones centrales en los transectos 1 y 2 hacia el océano, o bien de la entrada de larvas desde zonas adyacentes al Golfo de Tehuantepec. En este caso, tampoco tenemos datos del flujo geostrófico que nos permitan dar sustento a esta última hipótesis.

El transporte de especies costeras hacia el océano tiene implicaciones importantes en el reclutamiento de este tipo de organismos porque una vez en el océano, las larvas deben regresar a la costa para asentarse en los sitios de distribución de los juveniles y posteriormente de los adultos o de lo contrario morirán. Este transporte usualmente puede ser interpretado como una estrategia para evadir la intensa depredación en la zona costera (Aceves-Medina *et al.*, 2006) y es un resultado del acoplamiento de las estrategias reproductivas de los peces con las condiciones oceanográficas que favorecen completar el desarrollo de sus huevos y larvas (Brogan, 1994).

Se sabe que algunas especies marinas desovan en lugares cerca de la que será la zona de crianza larval y otras desovan en sitios alejados a la zona de crianza y sus larvas dependerán del transporte para encontrar la zona de crianza donde se transformarán en juveniles (Bailey y Picquelle, 2002).

Las larvas de zonas tropicales tienden a estar especializadas para un transporte a gran distancia o para evitar ser transportadas por corrientes fuera de la costa (Smith *et al.*, 1987). Un ejemplo son las larvas de *Thalassoma* que al ser transportadas han sido encontradas a más de 1000 km de la costa muy lejos del arrecife el cual es el hábitat de los adultos, estas poseen cierto grado de

especialización que les permite sobre vivir en el océano (Leis, 1983). Otro ejemplo son las larvas de lenguados, estas poseen un alto grado de dispersión, utilizan las corrientes oceánicas para ser transportadas hacia zonas ideales donde se desarrollarían como elementos colonizadores e incluso se les ha encontrado como juveniles fuera de la plataforma (Castro-Aguirre *et al.*, 1992). Evseenko y Shtaut (2005) destacan la capacidad que presentan las larvas de especies tropicales de aguas someras para mantenerse en el ambiente pelágico oceánico por un largo tiempo, lo cual implica retardar su desarrollo como larva pelágica. Por lo que es necesario continuar estudiando los procesos de dispersión en el GT en relación, a las larvas de peces para establecer cómo y en que sitios se establecen.

En el Golfo de Tehuantepec son varias las especies que se presentan en estadios larvarios muy alejadas de la costa, tal es el caso de *Symphurus chabanaudi*, *Polydactylus approximans*, *Lutjanus peru*, *Selene peruviana*, *Selar crumenophthalmus*, *Pontinus* sp. 1, *Bothus leopardinus*, *Symphurus callopterus*, *Ophioblennius steindachneri*, *Ophichthus triserialis*, *Ophichthus zophochir*, *Ariosoma gilberti* y el género *Syacium* sp. 1, *Syacium* sp. 2 y *D. latifrons*, *Erotelis armiger*, *Ctenogobius manglicola* entre las principales. No obstante es difícil saber para estas especies, si la distribución observada es el resultado de una estrategia reproductiva y que después sus larvas regresen a las zonas de asentamiento o de distribución de juveniles, o bien podrían considerarse como organismos perdidos de la población destinados a perecer en el océano.

10. CONCLUSIONES

La alta riqueza de especies de larvas de peces encontrada en el Golfo de Tehuantepec es el resultado de la mezcla de las faunas de las provincias Panámica y Mexicana que tienen como frontera la costa oaxaqueña.

La zona costera del Golfo de Tehuantepec es un sitio de reproducción y/o crianza para una gran parte del componente de especies marinas, así como estuarinas-lagunares.

Las características oceanográficas y topográficas de GT, determinan que la estructura de la comunidad de larvas de peces se caracterize por una alta abundancia de especies pelágico-costeros en verano y primavera, que son el componente más abundante de la comunidad.

Los resultados sugieren que en términos de diversidad alfa, la complejidad de la comunidad es similar para verano y primavera, pero la composición de especies, su distribución y abundancia dentro de la región presentan cambios importantes que establecen no sólo diferencias estacionales, sino que también le imprimen características particulares que la diferencian de otros ecosistemas similares en las costas del Pacífico mexicano. Entre las más importantes, una inusual riqueza y abundancia de especies demersales someras, una menor abundancia de especies mesopelágicas, una asociación aparentemente estable entre *Bregmaceros bathymaster* y *Vinciguerria lucetia*.

En general, la distribución de las asociaciones para ambas temporadas marca un gradiente norte-sur (costa-océano) en el que las asociaciones se distribuyen atendiendo a la afinidad del hábitat de los adultos, es decir, el Golfo de Tehuantepec está formado fundamentalmente por asociaciones de larvas de peces de afinidad nerítica que habitan sobre la plataforma continental y especies de afinidad oceánica hacia el sur del Golfo de Tehuantepec.

En ambas temporadas la composición y distribución de las asociaciones de larvas de peces, estuvo determinada por dos aspectos: a) la coincidencia en tiempo y espacio de los desoves de peces neríticos sobre la plataforma continental y los desoves de especies oceánicas afuera de la costa, y b) por el flujo geostrófico que determina la intensidad y la dirección de la deriva larvaria.

Las variables ambientales correlacionadas con los gradientes de abundancia de larvas de peces, principalmente profundidad de la picnoclina y biomasa zooplanctónica parecen ser el resultado de un efecto similar del flujo geostrófico sobre las tres variables, mas que una dependencia de la distribución y abundancia de las larvas con las variables ambientales medidas.

Es necesario estudiar los procesos de dispersión de larvas de peces en el Golfo de Tehuantepec para conocer con más precisión las estrategias de estas especies relacionadas con los ciclos de vida y el efecto del ambiente en el éxito en el reclutamiento.

11. RECOMENDACIONES

Analizar la distribución de larvas de peces en el GT, a través de un modelo de dispersión para poder evaluar que implicaciones tienen los giros que ocurren en el lugar con las posibles áreas de asentamiento de las especies.

Analizar la distribución de la abundancia de larvas de peces en el GT por estratos de la columna de agua, para determinar como se dan los cambios en la vertical.

Al determinar asociaciones de larvas de peces se deben de considerar variables biológicas que ayuden a explicar cambios en la abundancia espacial, como la concentración de posibles presas para las larvas.

Al determinar regiones grupos de especies, así como de estaciones a través de técnicas de clasificación, comprobar esos posibles grupos a través de un análisis de varianza para comprobar la probabilidad de que existen.

12. LITERATURA CITADA

- Acal-Sánchez, D. E. 1989. *Parámetros poblacionales de *Opisthonema libertate* y algunos aspectos ecológicos de larvas y adultos de peces clupeidos en el sur del Golfo de California y Golfo de Tehuantepec, México*. Tesis Profesional, U.N.A.M., México. 4-28.
- Acal, D. E. y E. D. Corro. 1994. Reproducción y distribución de peces clupeidos en el sur del Golfo de California y Golfo de Tehuantepec, México. *Rev. Biol. Trop.*, 42:239-261.
- Acal, D. E. y A. Arias. 1990. Evaluación de los recursos demerso-pelágicos vulnerables a redes de arrastre de fondo en el sur del Pacífico de México. *Cienc. Mar.*, 16 (3):93-129.
- Aceves-Medina, G., A. Gonzales y R. J. Saldierna. 1999. Larval development of *Symphurus williamsi* (Cynoglossidae: Pleuronectiformes) from the Gulf of California. *Fish Bull.*, 97:738-745.
- Aceves-Medina, G., S. P. A Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna, D. Lluch-Belda, P. E. Smith, W. Watson. 2003. Fish Larvae from the Gulf of California. *Sci. Mar.*, 671:1-11.
- Aceves-Medina, G., S. P. A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna, P. E. Smith. 2004. Fish Larvae assemblages in the Gulf of California. *J. Fish. Biol.*, 65:832-847.
- Aceves-Medina, G. R. J. Saldierna y G., A. González. 2006. Distribution and abundance by larval developmental stages of *Symphurus williamsi* (Pleuronectiformes: Cynoglossidae) in the Gulf of California. *Sci. Mar.*, 70(2):291-302.
- Aceves-Medina, G., R. Palomares-García, J. Gómez-Gutiérrez, C. J. Robinson y R. J. Saldierna-Martínez. 2009. Multivariate characterization of spawning and larval environments of small pelagic fishes in the Gulf of California. *J. Plank. Res.*, 31(10):1283-1297.
- Ahlstrom, E. H. 1969. Mesopelagic and Bathypelagic fishes in the California Current Region. *CalCOFI Rep.* 13:39-44.
- Ahlstrom, E. H. 1972. Kinds and abundance of fish larvae in the eastern tropical pacific on the second multivessel EASTROPAC survey, and observations on the annual cycle of larval abundance. *Fish. Bull.*, 70(4):1153-1242.
- Ahlstrom E. y G. Moser. 1976. Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations and in fisheries. *Rev. Trav. Inst. Peches marit.*, 40:379-398.

- Allen, G.R. y D.R. Robertson. 1994. *Fishes of the tropical eastern Pacific*. University of Hawaii Press. Honolulu. 332 p.
- Amador J. A., E. J. Alfaro, O. G. Lizano, V. O. Magaña. 2006. Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr.*, 69:101-142.
- Ayala-Duval, E., M. del C. Maldonado-Monroy, J. A. Becerril-Martínez, D. T. García-Tamayo, C. Juárez-Ortiz, J. Blas-Cabrera, V. Barrios-Orozco, J. A. Huerta-González y A. Almaráz-Gómez. 1998. Distribución de algunos componentes del ictioplancton y su relación con la biomasa zooplanctónica. Cap. 8:93-12. En M. Tapia-García (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: El ecosistema y sus recursos*, U. A. M. Iztapalapa, México. 240 p.
- Badan, A. 1997. La Corriente Costera de costa Rica en el Pacífico Tropical mexicano. Cap. 5:99-112. En: Lavín, M F. (Ed.) *Contribuciones a la oceanografía física en México*. Unión Geofísica Mexicana. Monogr. 3.
- Bailey, K. M., y Picquelle S.J. 2002. Larval distribution offshore spawning flatfish in the Gulf of Alaska: potencial transport path way and enhanced onshore transport during ENSO events. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 236:205-217.
- Bakun, A. 2006. Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage. *Sci. Mar.*, 70:105-122.
- Bakun, A. y R. Parrish. 1982. Turbulence, transport and pelagic fish in the California and Peru Current systems. *CalCOFI Rep.*, (23):112.
- Barton, D. E., M. L. Argote, J. Brown, M. P. Kosro, M. Lavin, J. M. Robles, R. L. Smith, A. trasviña, H. S. Vélez. 1993. Supersquirt: Dynamics of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Oceanogr.*, 6:23-30.
- Beers, J.R. 1976. Volumetric methods. En Steedmann, H.F. (ed) *Zooplankton fixation and preservation Monographs on Oceanographic Metology No. 4* UNESCO Press Paris. 56-60.
- Bianchi, G. 1991. Demersal assemblages of the continental shelf and slope edge between the Gulf of Tehuantepec (Mexico) and the Gulf of Papagayo (Costa Rica). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 73:121-140.
- Blackburn M., R. C. G. Griffiths, R. W. Holmes, W. H. Thomas, 1962. Physical, Chemical and Biological observations in the eastern Tropical Pacific Ocean: Three Cruises to the Gulf of Tehuantepec. 1958-1959. U.S. Fish-Wildlife Service. *Special. Rep. Fish.*, 420:159.
- Briggs, J. C. 1974. *Marine zoogeography*. Mc Graw-Hill, 475 p.

- Brogan, M. W. 1994. Distribution and retention of larval fishes near reefs in the Gulf of California. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, (115):1-13.
- Bruce, B. D., K. Evans and C. A. Sutton. 2001. Influence of mesoscale oceanographic processes on larval distribution and stock structure in Jackass Morwong (*Nemadactylus macropterus*: Cheilodactylidae). *ICES J. Mar. Sci.*, 58:1072–1080.
- Burrows, T. M., R. Harvey, L. Robd, E. S. Poloczanska, N. Mieskowska, P. Moore, R. Leaper, S. J. Hawkins and L. Benedetti-Cecchi. 2009. Spatial scales of variance in abundance of intertidal species: effects of region, dispersal mode, and trophic level. *Ecology*, 90:1242-1254.
- Carranza-Edwards, A., E. Morales-De La Garza y L. Rosales-Hoz. 1998. Tectónica, sedimentología y geoquímica. Cap., 1:1-12. En M. Tapia-García (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: El ecosistema y sus recursos*, U.A.M. Iztapalapa, México, 240 p.
- Castro Aguirre, J. L., J. C. Ramírez-Cruz y M.A. Martínez-Muñoz. 1992. Nuevos datos sobre la distribución de lenguados (Pisces: Pleuronectiformes) en la costa del oeste de Baja California, México; con aspectos biológicos y zoogeográficos. *Esc. Nac. Cienc. Biol.*, 37:97-119.
- Chambers, R. C. y Triple E. A. 1997. *Early life history and recruitment in fish populations*. Edit Chapman and Hall fish and fisheries series, USA, 56 p.
- Ciechomski, J. D., M. D. Ehrlich, C. A. Lasta y R. P. Sánchez. 1981. Distribución de huevos y larvas de peces en el mar Argentino y evaluación de los efectos de desovantes de anchoveta y de merluza. *Inst. Nac. Invest. Des. Pesq.*, 383:59-79.
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007. *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C. México, D.F. 129 p.
- Díaz-Ruiz, S., E. Cano-Quiroga, A. Aguirre-León, R. Ortega-Bernal. 2004. Diversidad, abundancia y conjuntos ictiofaunísticos del sistema lagunar-estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. *Rev. Biol. Trop* 52:187-199.
- Dufrêne, M. y P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible for asymmetric approach. *Ecol. Monographs*, 67(3):345-366.

- Fisher , W. , Krup , F. , Schneider , W. , Sommer , C. , Carpenter , K. E. y Niem, V. H., 1995. Guia FAO para la Identificacion de Especies de para los fines de la Pesca. Pacifico Centro-Oriental. *FAO*, 2(1):647-1200.
- Doyle, M. J., W. W. Morse y A. W. Jr. Kendall. 1993. A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of the northeast Pacific and Atlantic oceans. *Bull. Mar. Sci.*, 53:588-644.
- Eschmeyer, W. N. 1998. *Catalog of fishes. California Academy of Sciences*, San Francisco California, U.S.A. 3:2095.
- Evseenko, S. A. y M. I. Shtaut. 2005. On the species composition distribution of Ichthyoplankton and Micronekton in the Costa Rica Dome and adjacent areas of the Tropical Eastern Pacific. *J. Ichthyology*, 7(45):512-524.
- Farber-Lorda, J., M. F. Lavin, M. A. Zapatero and J. M. robles. 1994. Distribution and abundance of euphausiids in the Gulf of Tehuantepec during wind forcing. *Deep Sea Res.*, 41(2):359-367.
- Fernández-Álamo, M. A., L. San Vicente-Añorve, G. Alameda-De La mora. 2000. Copepod Assemblages in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Crustaceana*, 73(9):1139-1153.
- Fiedler, P.C. y Talley L. D. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr.*, 69:143-180.
- Filonov, A. E. y A. Trasviña. 2002. Internal Waves on the Continental Shelf of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 50:531-548.
- Franco-Gordo, C., E. Suárez-Morales, E. Godínez-Domínguez y R. Florez-Vargas. 2001. A seasonal survey of the fish larvae community of the entral pacific coast of Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 69:383-396.
- Franco-Gordo, C. E. Godínez-Domínguez, E. Suárez-Morales y L. Vásquez-Yeomans. 2003. Diversity of ichthyoplankton in the central Mexican Pacific:a seasonal survey. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 57:111–121.
- Franco-Gordo, C., E. Godínez-Dominguez, E. Suárez-Morales y J. Freire. 2008. Interannual and seasonal variability of the diversity and structure of ichthyoplankton assemblages in the central Mexican Pacific. *Fish. Oceanogr.*, 17(3):178-190.
- Funes-Rodríguez, R., C. Flores-Coto, A. Esquivel-Herrera, M. A. Fernandez-Alamo and A. Garcia-Gásga. 2002. Larval fish community structure along the west coast of Baja California during and after the El Niño event (1983). *Bull. Mar. Sci.*, 70(1):41-54.

- Funes-Rodriguez, R., A. Hinojosa-Medina, G. Aceves-Medina, M. Hernandez-Rivas y R. Saldierna-Martínez. 2004. Diagnósis taxonómica y distribución de la abundancia de los primeros estadios de vida de los peces pelágicos menores. Cap. 3:27-56. En Quiñones-Velázquez C., J. F. Elorduy-Garay. *Ambiente y pesquería de pelágicos menores en el noroeste de México*. CICIMAR-IPN México, 186 p.
- Funes-Rodríguez, R., A. Hinojosa-Medina, G. Aceves-Medina, S. P. A Jiménez-Rosenberg y J. Bautista-Romero. 2006. Influences of El Niño on assemblages of mesopelagic fish larvae along the Pacific coast of Baja California Sur. *Fish. Oceanogr.*, 15:244-255.
- Gisbert, E., D. B. Conklin y R. H. Piedrahita. 2004. Effects of delayed first feeding on the nutrition condition and mortality of California halibut larvae. *J. Fish Biol.*, 64:116-132.
- Graber, H. C., y C. B. Limouzy-Paris. 1997. Transport patterns of tropical reef fish larvae by spin-off eddies in the straits of Florida. *Oceanography*, 2(10):68-71.
- Gruber, D., E. H. Ahlstrom and M. M. Mullin. Distribution of ichthyoplankton in the southern California bight. 1982. *CalCOFI Rep.*, (23):172-179.
- Gonzalez-Silvera, A., E. Santamaria-del-Angel, R. Millán-Nuñez, H. Manzo-Monroy. 2004. Satellite observations of mesoscale eddies in the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo (Eastern Tropical Pacific). *Deep-Sea Res.*, 51(2):587-600.
- Hall, B. K. y M. H Wake. 1994. *The origin and evolution of larval forms*. Academic press, U.S.A. 425p.
- Heath, M. R. 1992. Field investigations of the early life stages of marine. *Fish. Adv. Mar. Biol.*, 28:1-74.
- Helfman, G. S., B. B. Collete y D. E. Facey. 1997. *The diversity of fishes*. Blackwell Science, Inc. Massachusetts.
- Hare, J. A., J. A. Quinlan, F. E. Werner, B. O. Blanton, J. J. Govoni, R. B. Forward, L. R. Settle and D. E. Hoss. 1999. Larval transport during winter in the SABRE study area: results of a coupled vertical larval behaviour-three dimensional circulation model. *Fish. Oceanogr.*, 8(2):57-76.
- Houde, E. D. 1989. Comparative growth, mortality, and energetics of marine fish larvae: temperature and implied latitudinal effects. *Fish. Bull.*, 87:471-95.
- Hurd W.E. 1929. *Monthly Weather Review*, 192-194 p.

- Jiménez-Rosenberg, S. P. A. 1998. *Descripción del desarrollo larvario de Eucinostomus gracilis y larvario y juvenil de Eucinostomus dowii y Diapterus peruvianus*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, México. 98p.
- Jiménez-Rosenberg S.P.A., G. Aceves-Medina, R. Avendaño-Ibarra, A. Hinojosa-Medina, S. Camarillo-Coop, J. Saldierna, R. Funes-Rodriguez, M.E. Hernández-Rivas y T. Baumgartner-McBride. 2000. Ictioplancton de la región sureña de la Corriente de California durante el fenómeno de “El niño” septiembre 1997-octubre 1998. *Inf. Tec. Cicese*, Ensenada, México 105p.
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A. 2008. *Asociaciones de larvas de peces por estadio de desarrollo en la costa Noroccidental de la península de Baja California*. Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN, México. 223 p.
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A. y Aceves-Medina G. 2009. Indicadores biológicos en el ambiente pelagico. *Oceánides*. 24(2):113-127.
- Kessler, W. S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr* 69:181–217.
- Lagler, B. M. P. 1984. *Ictiología*. AGT Editor, S.A., México. 447p.
- Lavin, M. F. J. M. Robles, M. L. Argote, E. D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, A. Trasviña, H. S. Vélez, J. García. 1992. *El Golfo de Tehuantepec*. CICESE. México. 26P.
- Lehodey, P., J Alheit, M. Barange, T. Baumgartner, G. Beaugrand, K. drinkwater, J. M. Fromentin, S. R. Hare, G. Ottersen, R. I. Perry, C. Roy, C. Van Der-Lingen y F. Werner. 2006. Climate Variability, Fish, and Fisheries. *J. Climate Spec. Sec.*, 19:5009-5030.
- Leis, J. M. 1983. Coral reef. fish larvae (Labridae) in the east Pacific barrier. *Copeia*, 1983:826-828.
- Lipkovich, I., E. P. Smith, y K. Ye. 2008. Detecting pattern in biological stress or response relationships using model based cluster analysis. *Environ. Ecol. Stat.*, 15:71–78.
- Logerwell, E. A., y P. E. Smith. 2001. Mesoscale eddies and survival of late stage Pacific sardine (*Sardinops sagax*) larvae. *Fish. Oceanogr.* 10(1):13-25.
- Lluch-Cota, S. E. 1995. *Variación espacio temporal de pigmentos fotosintéticos en el Golfo de Tehuantepec derivados de datos de satélite (CZCS)*. Tesis de maestría, CICIMAR-IPN. 47 p.
- Magurran, A. E. 1989. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Editorial Vedra, España. 36-51.

- Marancik, K. E., M. L. Clough y J. A. Hare. 2003. Cross-shelf and seasonal variation in larval fish assemblages on the southeast United States shelf off the coast of Georgia. *Fish Bull.*, 103:108-129.
- Magaña, V. O. 1999. *Los Impactos de El Niño en México*. Universidad Nacional Autónoma de México y Dirección General de Protección Civil. Secretaría de Gobernación, México. 229 p.
- Matsumoto, W.M. 1959. Descriptions of Euthynnus and Auxis larvae from the Pacific and Atlantic oceans and adjacent seas. *Dana Rep.*, 50:1-34.
- McCune, B. y J. B. Grace. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Bruce McCune, U.S.A. 143-164.
- McCune, B., y M. J. Medford. 1999. *Pc-Ord for windows, multivariate analysis of ecological data, version 4.10*. software design. Glendon Beach, USA.
- McGowan, J. A., y C. B. Miller. 1980. Larval fish and zooplankton community structure. *CalCOFI Rep.*, (21):29-36.
- Monreal-Gómez, M., y D. A. Salas-León. 1998. Dinámica y estructura Termohalina. Cap., 2:13-26. En M. Tapia-García (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: El ecosistema y sus recursos*, U.A.M. Iztapalapa, México, 240 p.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M y T-Manuales y Tesis SEA, Zaragoza. 1:84 p.
- Moser, H. G., Ahlstrom, E. H., Kramer, D. y Stevens, E. G. 1974 Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.*, 17,112-128.
- Moser, H. G. y P. E. Smith, 1993. Larval fish assemblages in the California Current region and their horizontal and vertical distributions across a front. *Bull. Mar. Sci.*, 53, 645-691.
- Moser, H. G. 1996. *The early stages of fishes in the California current region*. *CalCOFI, Atlas 33*. Allen Press Inc. Lawrence Kansas USA. 1503 p.
- Moser, H. G., P. E. Smith, y L. E. Eber. 1987. Larval fish assemblages in the California Current region, 1954-1960, a period of dynamic environmental change. *CalCOFI Rep.*, 28, 97-127.
- Moulin-Ruiz, J. 1979. Estudio de la productividad primaria en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis profesional, U.N.A.M., México. 1-32 p.

- Muhling, B. A. y L. E. Beckley. 2007. Seasonal variation in horizontal and vertical structure of larval fish assemblages off south-western Australia, with implications for larval transport. *J. Plank. Res.*, 29(11):967-983.
- Munk, P., P. O. Bjørnsen, P. Boonruang, M. Fryd, P. J. Hansen, V. Janekarn, V. Limtrakulvong, T. G. Nielsen, O. S. Hansen, S. Satapoomin, S. Sawangarreruks, H. A. Thomsen y J. B. Østergaard. 2004. Assemblages of fish larvae and mesozooplankton across the continental shelf and shelf slope of the Andaman Sea (NE Indian Ocean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 274: 87–97.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the world*. Jhon Wiley and sons, 4th edition. Inc. New Jersey, USA. 601 p.
- Nishikawa Y. y D. Rimmer. 1987. Identificación de larval Tunas, Billfishes and other Scombroid fishes (Suborder scombroidei): an illustrate guide. *Rep. Tec.*, 186:20.
- Okazaki, Y. y H. Nakata. 2007. Effect of the mesoscale hydrographic features on larval fish distribution across the shelf break of East China Sea. *Cont. Shelf Res.* 27:1616–1628.
- Olivar, M. P. y P. A. Shelton. 1993. Larval fish assemblages of the Benguela current. *Bull. Mar. Sci.*, 53:450–471.
- Ortega-García, S., J. A. Trigueros-Salmerón, R. Rodríguez-Sánchez, S. Lluch-Cota y H. Villalobos. 2000. El Golfo de Tehuantepec como un centro de actividad biológica y su importancia en las pesquerías. Cap. 22:335-356. En D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota y G. Ponce-Días. *BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. CIBNOR. México, 367 p.
- Peterson, W. T., D. F. Arcos, G. B. McManus. 1988. The nearshore zone during coastal upwelling: daily variability and coupling between primary and secondary production off Central Chile. *Progr. Oceanogr.*, 20:1–40.
- Pirie, R. G. 1973. *Oceanographic contemporary readings in ocean sciences*. Oxford Univ. Press New York. 530 p.
- Push, C., A. Beckman, F. Mora-Porteiro, H. Westernhagen. 2004. The influence of seamounts of fish communities. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 51(1-3):165-186.
- Rakocinski, C. F., J. Lyczkowski-Shultz y S. L Richardson. 1996. Ichthyoplankton assemblage structure in Mississippi sound as revealed by canonical correspondence analysis. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 43:237–257.

- Ramírez-Gutiérrez, M., M. Tapia-García, E. Ramos-Santiago, R. Ulloa. 2007. Fish community structure in San Agustín Bay, Huatulco, México. *Rev. Chilena Hist. Natur.*, 80:419-430.
- Ramos, S., R. K. Cowen, C. Paris, P. Re, y A. Bordalo. 2006. Environmental forcing and larval fish assemblage dynamics in the Lima River estuary (northwest Portugal). *J. Plank. Res.*, 3(28):285-286.
- Reyes-Castañeda, P. 2002. *Bioestadística aplicada*. Trillas, México D.F. 216 p.
- Richardson, S. L., J. L. Laroche y M. D. Richardson. 1980. Larval fish assemblages and associations in the north-east Pacific Ocean along the Oregon coast, winter-spring 1972-1975. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 2:671-699.
- Reiss, C. S. y J. R. McConaugha. 1999. Cross-frontal transport and distribution of ichthyoplankton associated with Chesapeake Bay plume dynamics. *Continental Shelf Res.*, 19:151-170.
- Robles-Jarero, G. R. y J. R. Lara-Lara. 1993. Phytoplankton biomass and primary productivity by size classes in the Gulf of Tehuantepec, México. *J. Plank. Res.*, 12(15):1341-1358.
- Roden, G. I. 1961. On the wind driven circulation in the Gulf of Tehuantepec and its effect upon surface temperatures. *Geofís. Int.*, 3(1):55-72.
- Rodiles-Hernández R., A. A. González-Díaz, C. Chan-Sala. 2005. Lista de peces continentales de Chiapas, México. *Hidrobiológica*, 15:245-253.
- Romero-Centeno R., J. Zavala-Hidalgo, A. Gallegos, J. J. O'Brien. 2003. Isthmus of Tehuantepec wind Climatology and ENSO signal. *J. Clima.*, 16:2628-2639.
- Rosas-Cota A. 1976. Corrientes geostróficas en el Golfo de California en la superficie y a 200m, durante las estaciones de invierno y verano. *CalCOFI Rep.*, 19:89-106.
- Saldierna-Martínez, R., A. González-Navarro y G. Aceves-Medina. 2005. Larval development of *Symphurus atramentatus* (Cynoglossidae: Pleuronectiformes) from the Gulf of California. *Zootaxa*, 1016:15-19.
- Sampey A., M. G. Meekan, J. H. Carleton, A. D. McKinnon, y M.I. McCromick. 2004. Temporal patterns in distributions of tropical fish larvae on the North-west shelf of Australia. *Mar. Fresh. Res.*, 55:473-487.
- Siordia-Cermeño, M. P., L. Sánchez-Velasco, M. Sánchez-Ramírez, M. C. Franco-Gordo. 2006. Variación temporal de la dieta de larvas de *Bregmaceros*

bathymaster (Pisces: Bregmacerotidae) en las costas de Jalisco y Colima, México, durante un ciclo anual (1996). *Cienc. Mar.* 32:13–21.

Silva-Segundo, C. A., R. Funes-Rodríguez, M. E. Hernández-Rivas, E. Ríos-Jara, E. G. Robles-Jarero, A. Hinojosa-Medina. 2008. Asociaciones de larvas de peces en relación a cambios ambientales en las bahías Chamela, Jalisco y Santiago Manzanillo, Colima (2001-2002). *Hidrobiología*, 18(supl.1):89-103.

Stumpf, H. G. 1975. Satellite detection of upwelling in the Gulf of Tehuantepec, México. *J. Phys. Oceanogr.*, 5-383:388.

Smith, C.L., J.C. Tayler y L. Stillman. 1987. Inshore ichthyoplankton: a distinctive assemblage?. *Bull. Mar. Sci.*, 41(2):432-440.

Smith, P. E. y S. L Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. *F.A.O. Fish Technicians*. 175:100.

Somarakis, S., P. Drakopoulos y V. Filippou. 2002. Distribution and abundance of larval fish in the northern Aegean Sea-eastern Mediterranean-in relation to early summer oceanographic conditions. *J. Plank. Res.*, 4(24):339-357.

Sumida, B. Y., H. G. Moser y E. H. Ahlstrom. 1985. Descriptions of larvae of California yellowtail, *Seriola lalandi*, and three other carangids from the eastern tropical Pacific: *Chloroscombrus orqueta*, *Caranx caballus*, and *Caranx sexfasciatus*. *CalCOFI Rep.*, 26:139-159.

Tapia-García, M., C. García-Abad, G. González-Medina, M. C. Macuitl-Montes y G. Cerdaneres-Ladron De Guevara. 1994. Composición, distribución y abundancia de la comunidad de peces demersales del Golfo de Tehuantepec, México. *Trop. Ecol.*, 35:229-252.

Tapia-García, M. 1997. *Estructura e interacciones ecológicas de las comunidades de peces de la plataforma continental y la Laguna del Mar Muerto, en el Golfo de Tehuantepec al sur del pacífico mexicano. Tesis de doctorado.* Univ. Autónoma de México. 135 p.

Tapia-García, M., C., Suárez Nuñez, G. Cerdaneres. 1998. Composición y distribución de la ictiofauna en la Laguna del Mar Muerto, Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 2:277-284.

Ter Braak, J. F. y P. F. M. Verdonschot. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sci.*, 57(3):255-289.

- Ter Braak, C. J. 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5):1167-1179.
- Trasviña A. y E. D. Barton. 2008. Summer circulation in the Mexican tropical Pacific. *Deep-Sea Res.*, 55:587-607.
- Trasviña, A., E. D. Barton, H. S. Vélez y J. Brown. 2003. Frontal subduction of a cool surface water mass in the Gulf of Tehuantepec, México. *Geofís. Int.*, 1:101-114.
- Valero-Gamboa, M., 1982. *Fitoplancton del Golfo de Tehuantepec*. Secretaria de Marina, México. 1:1-20.
- Verdi, L. A. F., 1986. *Estudio para el establecimiento de una zona de vertimiento de desechos peligrosos en el Golfo de Tehuantepec*. Secretaría de Marina, México. 34p.
- Wyrski, K. 1966. Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. *Oceanogr. Mar. Biol. Annual Review.*, 4: 33-68.
- Zamudio, L., HE Hurlburt, E.J. Mertzger, S. L. Morey, J. O'Brien, Charles Tilburg y J. 2006. Interannual variability of Tehuantepec eddies. *J. Geophys. Res.*, C05001.
- Zar, H. J. 1997. *Biostatistical análisis*. Prentice Hall, USA, 662p.
- Zavala-García, F, y C. Flores-Coto. 1994. Abundancia y distribución de larvas de Bregmacerotidae (Pisces) en la Bahía de Campeche, México. *Cienc. Mar.*, 20: 219-241.