

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

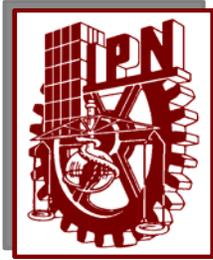
En la Ciudad de La Paz, B.C.S. el día 21 de mes Noviembre del año 2005, el (la) que suscribe CLAUDIA ALICIA SILVA SEGUNDO alumno(a) del Programa de MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B031463 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo a dirección de: DR. RENÉ FUNES RODRÍGUEZ y cede los derechos del trabajo titulado: "ASOCIACIONES ESPACIO-TEMPORALES DE LARVAS DE PECES Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS COSTAS DE JALISCO Y COLIMA, 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: ssola.diaa@hotmail.com

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

**CLAUDIA ALICIA SILVA SEGUNDO**

*nombre y firma*



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE  
CIENCIAS MARINAS**



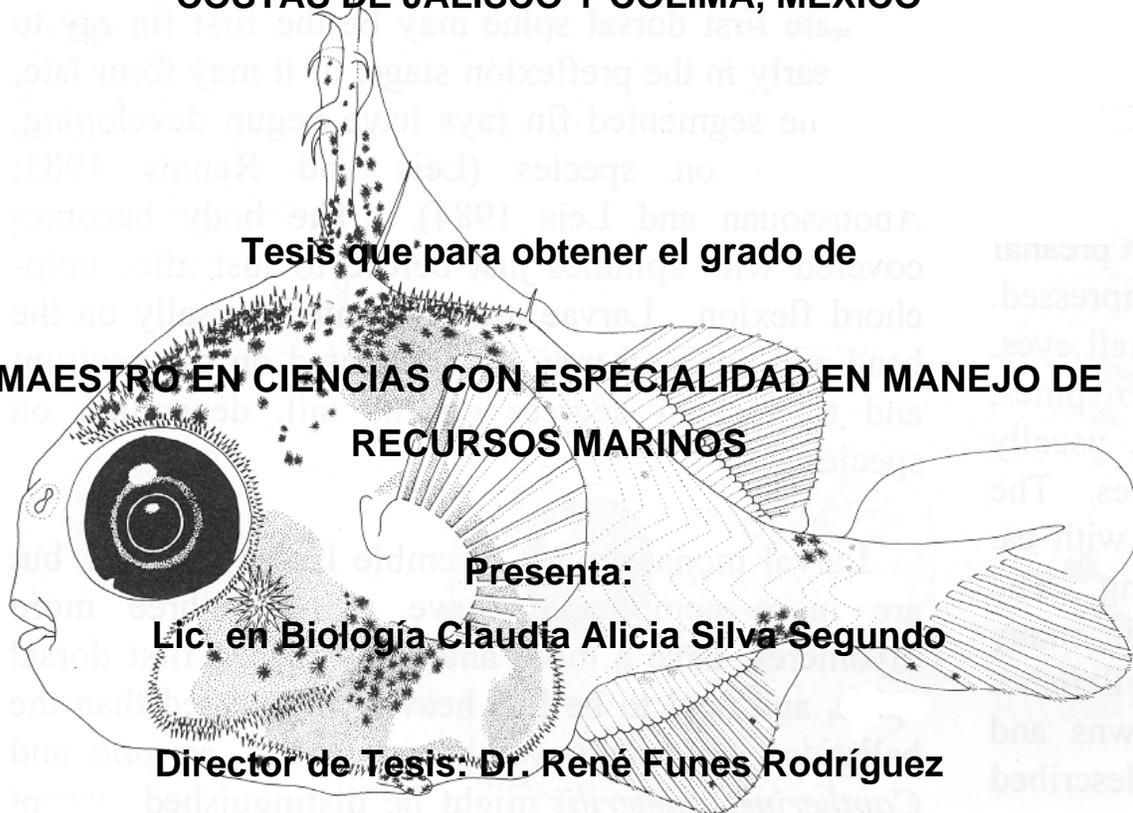
**ASOCIACIONES ESPACIO-TEMPORALES DE LARVAS DE PECES  
Y SU RELACION CON LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS  
COSTAS DE JALISCO Y COLIMA, MÉXICO**

**Tesis que para obtener el grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE  
RECURSOS MARINOS**

**Presenta:**

**Lic. en Biología Claudia Alicia Silva Segundo**

**Director de Tesis: Dr. René Funes Rodríguez**



La Paz, B. C. S. México 2005

## DEDICATORIA

*A mis seres queridos (Mamá Lolita y Tío Chucho) que se han ido al viaje más largo, del cuál nunca van a regresar y que no pude despedirme de ellos, debido a la construcción de un sueño que es mi carrera profesional.*

*A mi madre a quien le debo todo y ha sido la inspiración en mi vida, por ser un ejemplo a seguir, por su dedicación, fortaleza y coraje que la caracterizan. Además por ofrecerme todo su amor, amistad, comprensión y apoyo incondicional.*

*A mi hermana Mayi, su esposo Chuy y sus hijos Andréé y Caleb quienes me han dado su cariño, alegría y apoyo incondicional.*

*A Erick que me acompañó durante esta aventura y que espero tener más aventuras a su lado.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia (Mamá, Mayi, Chuy, Andreé y Caleb) por su amor, ternura, confianza y sobre todo por el apoyo incondicional que me han ofrecido para lograr mi metas.

A René, Cecilia y Diego, a quienes aprecio y considero como mi segunda familia que me apoyaron incondicionalmente desde un principio y me ayudaron a que mi estancia en La Paz haya sido más sencilla.

A Martín E. Hernández Rivas, por su dedicación e interés en mi formación profesional y participación en este trabajo.

A Erick por estar conmigo en todos los momentos buenos y malos, y sobre todo por su gran amor y cariño.

A Alfredo y Bety, quienes tiene un lugar en mi corazón, por ofrecerme su amistad, lealtad y cariño.

A mis amigos (Erick, Alfredo, Bety, Carlos, Susi, Margarita, José Ángel, René, Elmo, Ivan, Norma, Pablo, Carmen, Jazmín, Deivis, Venesa, Yashir, Valdo y Saúl) que representaron una gran amistad, sinceridad y alegría en esta aventura.

A mi comité revisor: M. en C. Alejandro Hinojosa Medina, Dr. Eduardo Ríos Jara, Dr. Ricardo Palomares García y Dr. Gerardo Aceves Medina, por su contribución en la revisión de este trabajo y agradezco su amabilidad y disposición para ayudarme a resolver los problemas durante el desarrollo de la tesis.

Al Dr. Eduardo Ríos Jara y M. en C. Guadalupe Robles Jarero, que a pesar de las distancias, me han apoyado incondicionalmente en la elaboración de este trabajo y principalmente por la amistad y confianza que me han ofrecido.

A René, Martín y Alejandro, por su gran amistad y las largas pláticas (discusiones) que me han servido para mi enseñanza profesional y personal.

A la Dra. Aida Martínez López, Dr. Rogelio González Armas, M. en C. Raymundo Avendaño Ibarra e Ismael Gárate Lizárraga por su ayuda y consejos para la elaboración de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa institucional para la Formación de Investigación (PIFI) por el apoyo económico.

## INDICE

---

RELACIÓN DE FIGURAS.....	i
RELACION DE TABLAS Y ANEXOS.....	iii
GLOSARIO.....	iv
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
HIPÓTESIS.....	7
4. OBJETIVO GENERAL.....	7
4.1. Objetivos particulares.....	7
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	8
6. MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
6.1. Métodos de muestreo y laboratorio.....	11
6.2. Tratamiento y análisis de los datos.....	13
6.2.1. Estandarización de los datos.....	13
6.2.2. Análisis a nivel de comunidad (Análisis Multivariantes).....	14
a) Análisis de Semejanza Ecológica (similitud y agrupamiento).....	14
b) Análisis de Ordenación (CCA).....	17
c) Análisis de Especies Indicadoras (AEI).....	19
7. RESULTADOS.....	20
7.1. Marco Ambiental.....	20
7.2. Caracterización del patrón <i>espacial</i> de la asociación de larvas de peces en relación a las condiciones ambientales.....	24
a) Asociación <i>espacial</i> de larvas de peces (similitud y agrupamiento).....	24

b) Ordenación <i>espacial</i> de larvas de peces (CCA).....	26
<b>7.3.</b> Caracterización del patrón <i>temporal</i> de la asociación de larvas de peces en relación a las condiciones ambientales.....	29
a) Asociación <i>temporal</i> de larvas de peces (similitud y agrupamiento).....	29
b) Ordenación <i>temporal</i> de larvas de peces (CCA).....	31
<b>7.4.</b> Especies Indicadoras (AEI).....	34
<b>8.</b> DISCUSIÓN.....	38
<b>8.1.</b> Marco Ambiental.....	38
<b>8.2</b> Caracterización del patrón <i>espacial</i> de la asociación de larvas de peces en relación a las condiciones ambientales.....	39
<b>8.3.</b> Caracterización del patrón <i>temporal</i> de la asociación de larvas de peces en relación a las condiciones ambientales.....	42
<b>8.4.</b> Especies Indicadoras.....	45
<b>9.</b> CONCLUSIONES.....	46
<b>10.</b> BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	48
<b>11.</b> ANEXOS.....	56

## RELACIÓN DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b>	Área de estudio y plan de estaciones frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002.....	8
<b>Figura 2.</b>	Distribución mensual de las variables ambientales frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002. <b>a)</b> Temperatura superficial del mar (°C); <b>b)</b> Precipitación pluvial (ml); <b>c)</b> Concentración de nitritos integrada de 0 a 20m (mg m <sup>-2</sup> ); y <b>d)</b> Concentración de nitratos integrada de 0 a 20m (mg m <sup>-2</sup> ).....	22
<b>Figura 3.</b>	Distribución mensual de las variables ambientales frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002. <b>a)</b> Concentración de fosfatos integrada de 0 a 20m (mg m <sup>-2</sup> ); <b>b)</b> Concentración de Clorofila-a integrada de 0 a 20m (mg m <sup>-2</sup> ); <b>c)</b> Biovolumen zooplanctónico. (ml m <sup>-3</sup> ); y <b>d)</b> Transparencia del agua (m).....	23
<b>Figura 4.</b>	Dendrograma <i>espacial</i> de la abundancia de larvas de peces (especies/localidades), determinado con la distancia métrica de Chebyshev y el método de agrupamiento de Ward, frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002.....	25
<b>Figura 5.</b>	Diagrama de ordenación <i>espacial</i> de larvas de peces en función de los parámetros ambientales, determinado por el Análisis de Correspondencia Canónica frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002.....	28
<b>Figura 6.</b>	Dendrograma <i>temporal</i> de la abundancia de larvas de	

	peces (especies/meses), determinado con la distancia métrica de Chebyshev y el método de Ward, frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002.....	30
<b>Figura 7.</b>	Diagrama de ordenación <i>temporal</i> de larvas de peces en función de los parámetros ambientales, determinado por el Análisis de Correspondencia Canónica frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001.....	33
<b>Figura 8.</b>	Especies Indicadoras frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002. <b>a)</b> Cálido/Norte, especies indicadoras del periodo cálido en Bahía Chamela; <b>b)</b> Cálido/Sur, especies indicadoras del periodo cálido en Santiago-Manzanillo; <b>c)</b> Templado/Norte, especies indicadoras del periodo templado en Bahía Chamela; <b>d)</b> Templado/Sur, especies indicadoras del periodo templado en Santiago-Manzanillo.....	37

## RELACION DE TABLAS Y ANEXOS

---

<b>Tabla I.</b>	Especies consideradas en el análisis de semejanza ecológica y ordenación, frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002.....	16
<b>Tabla II.</b>	Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica, en relación a la ordenación <i>espacial</i> de las larvas de peces frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a Julio del 2002: <b>a)</b> Resumen estadístico; <b>b)</b> Correlación de las variables ambientales; y <b>c)</b> Prueba de Monte Carlo.....	27
<b>Tabla III.</b>	Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica, en relación a la ordenación <i>temporal</i> de las larvas de peces frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a Julio del 2002: <b>a)</b> Resumen estadístico; <b>b)</b> Correlación de las variables ambientales; y <b>c)</b> Prueba de Monte Carlo.....	32
<b>Tabla IV</b>	Valores indicadores de las especies determinados con el Análisis de Especies Indicadoras (AEI), frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a Julio del 2002.....	34
<b>Anexo A</b>	Listado sistemático de larvas de peces colectadas en las costas de Jalisco y Colima, de agosto del 2001 a julio del 2002 (Silva-Segundo, 2003).....	56
<b>Anexo B</b>	Listado de especies presentes en la zona de estudio que pudieran corresponder a los ejemplares no identificados (tipos y géneros) (Tomado de Fischer <i>et al.</i> , 1996; Aguilar-Palomino <i>et al.</i> , 1996).....	59

## GLOSARIO

**Abundancia:** número total de individuos de una especie o especies que existen en un área, volumen, población o comunidad.

**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.

**Análisis Multivariable:** estudio de un grupo de objetos usando un criterio cuantitativo; Estudio estadístico de diversas variables medidas en elementos de una población o comunidad con los objetivos de; 1) resumir los datos mediante un pequeño conjunto de nuevas variables, construidas como transformaciones de las originales, con la mínima pérdida de información, 2) encontrar grupos en los datos, si existen, y 3) relacionar dos conjuntos de variables; Grupo de técnicas para el análisis simultáneo de más de una variable independiente incluyendo el análisis de varianza y covarianza, así como los métodos de regresión y correlación.

**Asociación:** agrupación de especies cuyos huevos y larvas de peces 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.

**Biovolumen zooplanctónico:** estimación de volumen de la masa total de organismos zooplanctónicos recolectados.

**Clasificación jerárquica:** una clasificación en la cual las clases están ordenadas jerárquicamente (rango). Cada individuo pertenece a una clase y cada clase a una clase jerárquica más alta, hasta la clase más alta, la cuál es la totalidad de los individuos.

**Concentración:** procesos por los cuáles los organismos son transportados y agregados o acumulados en una región en particular (frentes, giros anticiclónicos, convergencias).

**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 jerárquicas producidas por una clasificación jerárquica.

**Enriquecimiento:** procesos por los cuales se da el abastecimiento de nutrientes hacia aguas superficiales (surgencia, mezcla vertical, giros ciclónicos, desembocaduras de ríos) con lo que los organismos fotosintéticos son favorecidos y estos a su vez favorecen al resto de la comunidad.

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

**Estenotópico:** especies tolerante a una gama reducida de hábitats.

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

**Euritópico:** especie tolerante a una amplia variedad de hábitat.

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

**Marea interna:** oscilaciones verticales con amplitudes que en algunas veces pueden alcanzar hasta cientos de metros, solo pueden originarse en fluidos estratificados y propagan la energía desde el lugar de su origen (talud continental) hacia la costa ó hacia el océano, en forma de ondas solitarias que deforman la termoclina.

**Matriz de datos:** una tabla numérica en la cual, cada columna enlista todas las observaciones de una unidad de muestreo (o cuadrante) y cada renglón enlista los valores de una de las variables observadas en todos los cuadrantes.

**Muestra:** una colección de unidades de muestreo o cuadrantes.

**Ordenación:** el ordenamiento de un juego de puntos de datos con respecto a uno o más ejes. De manera alternativa, el desplegado de un enjambre de puntos de datos en un marco de dos o tres coordenadas de manera de hacer visibles las relaciones entre los puntos en un espacio multidimensional al inspeccionarlos.

**Ordenación tipo Q:** una ordenación de especies. Los puntos de datos representan especies y los ejes coordenados (antes de la ordenación) representan cuadrantes. El  $(j, k)$ -ésimos elemento de la matriz de covarianza analizada es la covarianza de las cantidades en los cuadrantes  $j$  y  $k$ .

**Ordenación tipo R:** una ordenación de cuadrantes. La forma más usual de ordenación. Los puntos de datos representan cuadrantes y los ejes coordenados (antes de la ordenación) representan especies. El  $(h, i)$ -ésimos elemento de la matriz de covarianza analizada es la covarianza de las cantidades de las especies  $h$  e  $i$ .

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

**Puntos de datos:** una representación geométrica en un espacio multidimensional de una columna de una matriz de datos.

**Termoclina:** definida por Defant (1936), como la capa en la cual el gradiente de temperatura excede un valor de  $0.2^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ , dando así unos límites precisos superior e inferior.

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue identificar la conformación espacio-temporal de las asociaciones de larvas de peces y su relación con las características oceanográficas, en aguas costeras frente a Bahía de Chamela, Jalisco y en el conjunto de bahías de Santiago-Manzanillo, Colima. Para su realización, se utilizó la abundancia de larvas de peces y los parámetros ambientales obtenidos durante doce muestreos mensuales efectuados entre agosto del 2001 y julio del 2002. El análisis de las asociaciones espacio-temporales y de su relación con el ambiente, se efectuó mediante la utilización de diferentes técnicas multivariadas (semejanza ecológica, ordenación y especies indicadoras).

La organización *espacial* de las asociaciones de larvas de peces, mostró un cambio latitudinal norte-sur, relacionado con las características oceanográficas de cada región. Bahía Chamela fue caracterizada por la alta concentración de nitratos y biovolumen zooplanctónico, y presentó una asociación conformada de especies cuyos adultos pertenecen a diferentes hábitats (*Bregmaceros bathymaster*, *Bairdiella* sp., *Cynoscion* sp., *Engraulis mordax* y Labrisomidae tipo1). En cambio, en el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo caracterizado por la mayor temperatura superficial del mar y precipitación pluvial, se identificó una asociación integrada por especies principalmente de origen lagunar e intermareal y submareal (*Eucinostomus* sp., *Abudefduf troschelii*, Haemulidae tipo 2 y 3, y *Enneanectes sexmaculatus*).

La organización *temporal* de las asociaciones de larvas de peces fue influenciada por una alternancia entre un periodo templado y otro cálido, que se relacionan con la estacionalidad del patrón de corrientes superficiales y la variación estacional de las características ambientales locales. En el periodo templado se presentó la menor temperatura superficial del mar y la mayor concentración de nutrientes, clorofila-*a* y biovolumen zooplanctónico, y fue representado por una asociación integrada por especies de afinidad tropical-

subtropical y transicional (*Bregmaceros bathymaster*, *Bairdiella* sp., *Cynoscion* sp., y *Engraulis mordax*). La presencia de especies de afinidad transicional durante este periodo pudiera ser explicada por una expansión de su hábitat y distribución, como consecuencia del evento de enfriamiento La Niña. En cambio, durante el periodo cálido caracterizado por una alta temperatura superficial y precipitación pluvial se presentó una asociación conformada principalmente por especies de afinidad tropical-subtropical como son: *Eucinostomus* sp., *Harengula thrissina* y *Balistes polylepis*.

## ABSTRACT

The purpose of the present study was to identify the oceanographic characteristic that influences the spatial and temporal conformation of fish larval assemblages off Bahía Chamela, Jalisco, and Santiago-Manzanillo bays, Colima. To carry out this study, were used the fish larvae abundance and environmental parameters obtained during monthly surveys between August 2001, and July 2002. Spatial and Temporal fish larval assemblage and their relationships with the environmental factors were determined using different multivariate analysis (ecological resemblance, ordination and indicator species).

Spatial fish larval assemblages showed a north-south latitudinal trend in *taxa* composition related to physiographic and hydrological characteristics of each region. Bahía Chamela fish larval assemblage (Northern group), was integrated by a species mixture whose adults belongs to different habitat (*Bregmaceros bathymaster*, *Bairdiella* sp., *Cynoscion* sp., *Engraulis mordax* y Labrisomidae tipo1), this region was characterized by higher nitrate and plankton biomass values. Santiago-Manzanillo fish larval assemblage (Southern group) was conformed principally by coastal lagoons species (*Eucinostomus* sp., *Abudefduf troschelii*, Haemulidae tipo 2 y 3, y *Enneanectes sexmaculatus*), associated to comparatively high sea surface temperature, and rainfall.

Temporal fish larval assemblages was influenced by a seasonal trend between temperate and warm conditions related to seasonal change in the oceanographic current pattern and seasonal variability in the local environmental characteristics. Both periods were characterized by fish larval assemblages from tropical and subtropical species affinity, as was expected in the area located in the denominated Mexican province. However, fish larvae occurrence from transitional affinity during temperate period, could be explained by a latitudinal expansion of their distributional range and habitat probably related to La Niña cool waters. Temperate fish larval assemblage was conformed principally by *Bregmaceros bathymaster*, *Bairdiella* sp., *Cynoscion* sp., and *Engraulis mordax*, related to lower sea surface temperature, and comparatively higher nutrients, chlorophyll-a, and plankton biomass. Conversely, fish larval assemblages during the warm period (Warm group) was integrated by species from tropical-subtropical affinity (*Eucinostomus* sp., *Harengula thrissina* and *Balistes polylepis*), in coincidence with higher sea surface temperature and rainfall.



## 1. INTRODUCCIÓN

Las asociaciones de larvas de peces exhiben una estabilidad temporal que se relaciona con los requerimientos ambientales de los peces adultos para efectuar la reproducción en localidades geográficas particulares (Walker *et al.*, 1987; Lazzari, 2000; Feyrer, 2004). En este sentido, se considera a los procesos oceánicos como los responsables de la conformación de las asociaciones por que originan, mantienen e interrumpen dichas asociaciones (e. g. circulación de corrientes, frentes, topografía). De tal forma que las especies cuyos huevos y larvas ocurren en tiempo y áreas similares, presentan requerimientos y respuestas comunes a las condiciones ambientales existentes (Fuiman y Werner, 2002).

Los estudios efectuados para encontrar las causas que originan las asociaciones de larvas de peces revelan que la heterogeneidad en la composición de las asociaciones puede ser propia de cada región, dependiendo de las características ambientales y topográficas dominantes. Por ejemplo, la amplitud de la plataforma continental influye en la relación entre el hábitat y el área de desove de los adultos (Richardson *et al.*, 1980; Sabatés, 1990; Sanvicente-Añorve *et al.*, 1998; Funes-Rodríguez *et al.*, 2002). Al igual que, es conocida la interconexión de faunas de diferente afinidad biogeográfica entre diferentes asociaciones que son motivadas por la dinámica oceánica (Moser *et al.*, 1987; Moser y Smith, 1993; Grothues y Cowen, 1999; Aceves-Medina *et al.*, 2003).

La determinación de los ciclos reproductivos y consecuentemente la coexistencia de especies están relacionados con la variabilidad en la temperatura del mar (Walker *et al.*, 1987; Lazzari, 2000; Feyrer, 2004). También, es conocida la importancia del acoplamiento entre las características hidrológicas presentes en la columna de agua (mezcla o estratificación) y las asociaciones de larvas, resultado de las diferentes estrategias reproductivas de los adultos (Hernández-Miranda *et al.*, 2003). Así mismo, la migración de los adultos durante la reproducción y el transporte larval son decisivos en la formación de las asociaciones (Grioche *et al.*,



1999; Marancik *et al.*, 2005). Las estrategias de supervivencia como es la segregación espacial de larvas en ambientes de alta disponibilidad de alimento y abundancia de depredadores, también influyen en la conformación de las asociaciones (Frank y Legget, 1983; Somarakis *et al.*, 2000). De tal forma que, la interacción entre la distribución espacio-temporal de las larvas de peces y las condiciones ambientales pueden explicar las posibles causas que originan su coexistencia en tiempo y áreas particulares.

En las costas de Jalisco y Colima solo existe un antecedente que sugiere cambios temporales en las asociaciones de larvas de peces determinados por las características oceanográficas, que son propias del patrón del sistema de corrientes superficiales del Pacífico Central (Franco-Gordo *et al.*, 2002). A diferencia de ese estudio, el presente trabajo hace un análisis regional y temporal de las asociaciones de larvas de peces, en función de la variabilidad local ambiental frente a las Bahías de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo, medida por diversos parámetros ambientales como la temperatura superficial del mar, precipitación pluvial, nutrientes, concentración de clorofila-a y biovolumen zooplanctónico.

De acuerdo con lo anterior, el presente estudio da a conocer la estructura espacio-temporal de las asociaciones de larvas de peces y su relación con las variables ambientales, para responder las siguientes preguntas: ¿Qué especies conforman las asociaciones de larvas de peces en espacio y tiempo? ¿Qué relación existe entre las asociaciones de larvas de peces y las condiciones ambientales? ¿Es posible observar un patrón espacial y temporal de la estructura de las asociaciones de larvas de peces?

Para este propósito, la investigación se apoyó de diferentes técnicas multivariadas, que permitieron observar las relaciones entre los individuos y los cambios ambientales. Primero, se realizó un análisis exploratorio para identificar las especies que conforman las asociaciones de larvas de peces en espacio y



tiempo, utilizando técnicas de semejanza ecológica (similitud y agrupamiento) (Crisci y López-Armengol, 1983; Peña, 2002). Después, la relación espacio-temporal entre las especies y las variables ambientales, se analizó por el método de ordenación directa del gradiente denominado Análisis de Correspondencia Canónica (Legendre y Legendre, 1998). Finalmente, para identificar cual ó cuales especies son indicadores en espacio y tiempo, se aplicó el Análisis de Especies Indicadoras (Dufrêne y Legendre, 1997).

## **2. ANTECEDENTES**

En estudios ictioplactónicos, se ha observado que la heterogeneidad en la conformación espacio-temporal de las asociaciones de larvas de peces depende tanto de la fisiología y biología de las especies como de las características oceanográficas de cada región. Por ejemplo, las estrategias reproductivas de los adultos influyen en la formación de gradientes costa-océano de las asociaciones de larvas de peces, en función del hábitat del adulto, la topografía y el tipo de fondo de la plataforma continental, que determinan las diferentes distribuciones de las especies (Richardson *et al.*, 1980; Sabatés, 1990; Funes-Rodríguez *et al.*, 2002;). Al igual que, las estrategias adaptativas de supervivencia son de interés en la conformación de las asociaciones en función al acoplamiento entre la presencia de larvas de peces y sitios de alta concentración de alimento (Frank y Leggett, 1983; Somarakis *et al.*, 2000). Este tipo de asociación refleja dos ventajas: la primera es un crecimiento potencial en un medio con suficiente alimento; y la segunda, es el resultado de la dominancia de una especie que satura el campo del depredador y consecuentemente el incremento en la supervivencia de otras especies (Frank y Leggett, 1983). Las estrategias adaptativas son observadas en la migración de organismos en reproducción, pero también en la migración ontogénica y el transporte de larvas, en combinación con gradientes de temperatura, salinidad y distribución de clorofilas que influyen en la segregación de los diferentes estadios de vida de los peces (Grioche *et al.*, 1999). Además, los



requerimientos particulares de cada especie durante su reproducción (principalmente la temperatura), implican una sucesión estacional que persiste en la estructura de las asociaciones temporales de larvas de peces (Walker *et al.* 1987; Lazzari, 2000; Feyer, 2004).

Los cambios oceanográficos entre periodos fríos y cálidos observados en el área de influencia de Corriente de California, modifican las asociaciones de larvas de peces dentro de los denominados complejo norteño (fauna subártica-transicional, fauna pelágica costera); y el complejo sureño (*taxa* cosmopolitas transicionales de agua cálidas, y *taxa* del Pacífico Tropical Oriental) (Moser *et al.*, 1987). Asimismo, los gradientes latitudinales de temperatura relacionados con el patrón de corrientes en el Golfo de California, contribuyen en los agrupamientos temporal y espacial de las larvas, que a su vez presentan cambios latitudinales entre sus fronteras y su fauna asociada (Aceves-Medina *et al.*, 2004).

En la zona costera, las diferentes asociaciones de larvas de peces son derivadas de la combinación de diferentes tipos de agua determinados por las características físicas (temperatura, salinidad, densidad, y estratificación de la columna de agua) que influyen en la distribución del desove de los adultos y por el transporte larval, que promueven la heterogeneidad y mezcla de las especies (Marancik, 2005). Sin embargo, este autor menciona que para comprender el transporte larval no es suficiente la información de las variables físicas, sino que es necesario incluir los diferentes mecanismos físicos involucrados como son la distribución horizontal y vertical de las larvas, los patrones estacionales y fisiológicos de las especies. A este respecto, se conoce que la estructura de la columna de agua puede ser determinante en las asociaciones de larvas de peces, de tal forma que, cuando la columna de agua se encuentra estratificada, la asociación esta conformada principalmente por especies intermareales, y durante periodos de mezcla por una asociación más diversa y abundante (Hernández-Miranda *et al.*, 2003). Estos autores observaron que el incremento en la abundancia de larvas de peces, está relacionado con la aparición de tormentas y



surgencia costera, que influyen en la intrusión de nutrientes en invierno y primavera, al contrario de lo que ocurre durante el verano, donde la abundancia de larvas es menor debido a una limitación de nutrientes originada por la estratificación de la columna de agua; con base a lo anterior, estos autores mencionan que esta variación en la abundancia, probablemente es derivada de las estrategias de supervivencia propuestas por Cushing (1990), (e. g., ajuste/desajuste)

Estudios ictioplanctónicos en el Pacífico central Mexicano han reflejado una gran diversidad íctica, a partir de los listados taxonómicos de larvas de peces (Ahlstrom, 1971 y 1972; Acal, 1991; Franco-Gordo *et al.*, 1999; Silva-Segundo *et al.*, en prensa), sin embargo, estos listados en su mayoría, han sido limitados a la identificación de organismos a nivel familia, debido principalmente al escaso número de descripciones de huevos y larvas de peces tropicales. Entre las recopilaciones más importantes que incluyen listados de un gran número de especies tropicales del Pacífico Mexicano, se encuentran los trabajos de Franco-Gordo *et al.* (1999), Aceves-Medina *et al.* (2003), y Silva-Segundo *et al.* (en prensa).

En las costas de Jalisco y Colima se ha realizado estudios donde indican la variación espacio-temporal de las larvas de especies cuyos adultos pertenecen a familias explotadas comercialmente, como: los Carángidos, Sciaenidos, Haemúlidos y Pleuronectiformes (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2001; Flores-Vargas *et al.*, 2004; y Silva-Segundo *et al.*, en prensa). Además, los estudios dirigidos para conocer la distribución y abundancia de huevos y larvas de peces en la región, muestran que la mayor abundancia de larvas de peces y riqueza de especies es localizada en la zona costera con respecto a la zona oceánica, principalmente durante el periodo templado (diciembre-mayo) (Franco-Gordo *et al.*, 2000; Franco-Gordo *et al.*, 2003; Franco-Gordo *et al.*, 2004; Silva-Segundo *et al.*, en prensa). Estos autores coinciden en mencionar que la región costera pudiera representar un área de crianza debido a su alta producción biológica, además observaron la



dominancia de una especie de hábitat costero que puede encontrarse hasta los 1000 m de profundidad (*Bregmaceros bathymaster*).

Un estudio realizado para entender la estructura de asociaciones de larvas de peces en las costas de Jalisco y Colima, sugiere que la variabilidad temporal del patrón de circulación de corrientes del Pacífico Oriental Tropical, es el factor principal que determina las asociaciones (Franco-Gordo *et al.*, 2002). Sin embargo, las causas que regulan la formación de los agrupamientos de la región aún no son bien conocidas, debido a que el análisis de las asociaciones y su relación con las características hidrológicas son mostrados únicamente en la variabilidad temporal. No obstante, estos autores identifican un gradiente costa-océano cuando la columna de agua se encuentra estratificada, por lo que mencionan que las características hidrológicas, pueden ser decisivas en la formación de las asociaciones.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las costas de Jalisco y Colima presentan una variación amplia de sus características topográficas e hidrológicas, que son producto de una plataforma continental irregular que, en combinación con el patrón de circulación de corrientes y de la modificación local ambiental, afectan y quizás controlan la localización y temporalidad de los procesos biológicos de la región. Sin embargo, es poco conocido como el ambiente y las características topográficas afectan los ciclos de reproducción de los peces. De tal forma que, es de interés conocer la interacción entre la distribución espacio-temporal de las larvas de peces y las condiciones ambientales para explicar las causas que hacen posible la coexistencia de las larvas de peces en un área y tiempo determinados.

En las costas de Jalisco y Colima no existe un trabajo que utilice la variabilidad ambiental tanto espacial como temporal, como medida de cambio en



la estructura de la comunidad; para este propósito, se utiliza una combinación de diversos factores físicos, químicos y biológicos tomados *in situ*, con el fin de explicar la interacción entre las especies y el ambiente, e identificar los factores que son decisivos en la conformación espacial y temporal de las asociaciones de larvas de peces. Así, los resultados de este estudio podrían ser utilizados para entender la variabilidad espacio-temporal de los productos de desove de los peces, como también para contribuir al conocimiento de la biodiversidad de las Bahías de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo.

## **HIPÓTESIS**

Considerando que existe una variabilidad temporal de las características ambientales locales en Chamela y Santiago-Manzanillo, se espera encontrar diferencias en la conformación de asociaciones de larvas de peces. Así como también se espera encontrar diferentes asociaciones bajo condiciones ambientales similares entre ambas bahías.

### **4. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar las asociaciones de las larvas de peces y su relación con la variabilidad ambiental de las costas de Jalisco y Colima, de agosto del 2001 a julio del 2002.

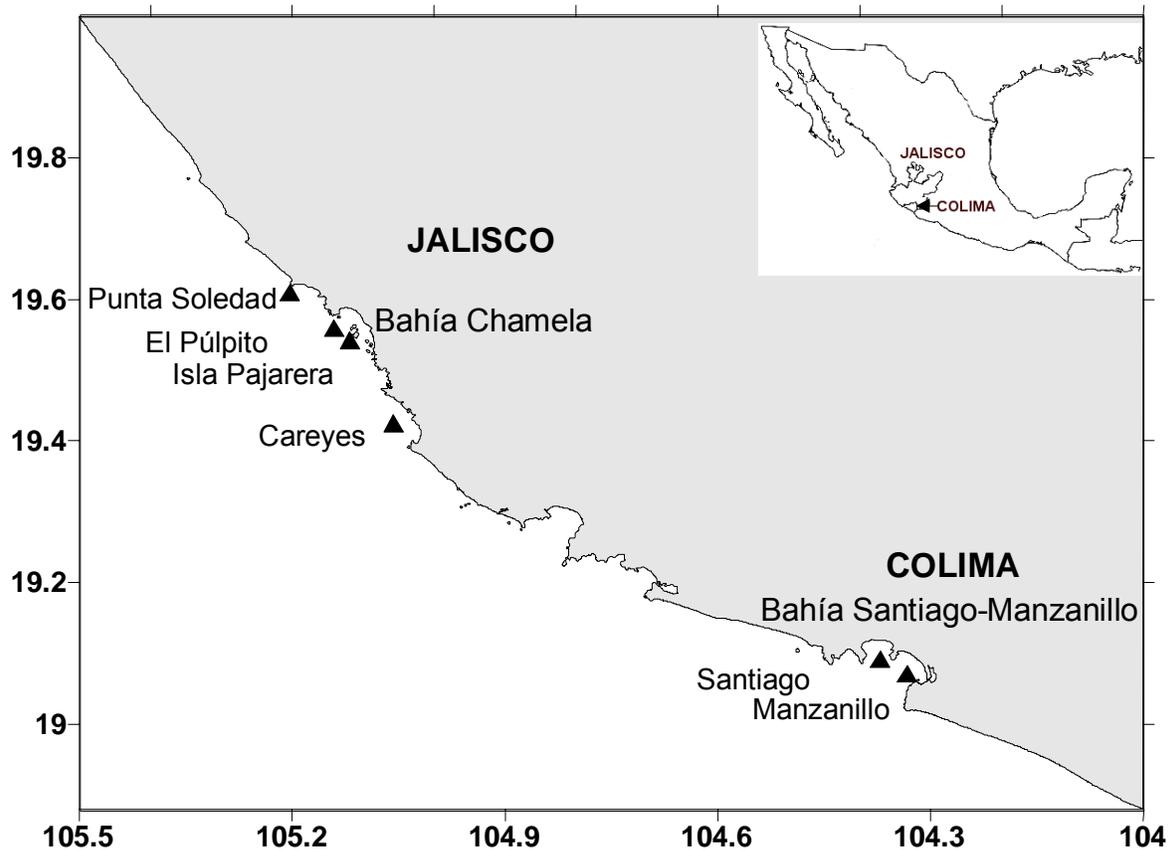
#### **4.1 Objetivos particulares**

- Determinar las asociaciones espacio-temporales de las larvas de peces.
- Definir si existe una relación entre las asociaciones de larvas de peces y las variables ambientales.
- Identificar las especies indicadoras en espacio y tiempo.



## 5. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está incluida en la zona costera de Jalisco y Colima, la cual se extiende aproximadamente desde Punta Soledad ( $19^{\circ}36'57''\text{LN}-105^{\circ}12'22''\text{LW}$ ) hasta Careyes ( $19^{\circ}25'49''\text{LN}-105^{\circ}03'45''\text{LW}$ ), y el conjunto de Bahías Santiago-Manzanillo ( $19^{\circ}04'26''\text{LN}-104^{\circ}20'00''\text{LW}$ ) (fig. 1). La línea de costa es irregular, presenta cuatro sistemas lagunares: Bahía Chamela, Bahía Tenacatita, Bahía de Navidad y el conjunto de Bahías Santiago-Manzanillo. La plataforma continental es estrecha con una amplitud de 7 a 10 km en la isobata de los 200 m (Filonov *et al.*, 2000).



**Figura 1.** Área de estudio y plan de estaciones frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002.



El área de estudio se encuentra dentro de la denominada zona frontal, entre aguas frías del norte (donde los ciclos estacionales de calentamiento y enfriamiento son muy marcados) y cálidas del sur (donde las fluctuaciones estacionales son pequeñas), y abarca desde los  $18^{\circ}$  hasta  $28^{\circ}$ N (McLain *et al.*, 1985). La zona costera es influenciada por el flujo de la Corriente Costera de Costa Rica durante la mayor parte del año. La velocidad de este flujo es intensificada por eventos de calentamiento El Niño debido a la propagación de la onda Kelvin que viaja atrapada por la costa en dirección hacia el norte, lo que originan una inestabilidad en el flujo y consecuentemente origina la formación de giros anticiclónicos, que no están limitados con años El Niño (Zamudio *et al.*, 2001).

Las masas de agua en la región de estudio se relacionan con la estructura tropical oriental del océano Pacífico que se extiende hasta los  $150^{\circ}$ W y entre los  $15^{\circ}$ N y  $22^{\circ}$ N, aproximadamente (Anónimo, 1968). La circulación oceánica en la zona ha sido descrita con base en la temporalidad de los procesos de circulación de agua superficial del Pacífico Oriental (Wirtky, 1965, 1966 y Badan, 1997). Esta circulación consiste de tres periodos: el primero, que es más duradero y estable de agosto a diciembre, cuando la Corriente Costera de Costa Rica está más desarrollada a causa de que la Convergencia Intertropical se encuentra en su posición boreal extrema cerca de los  $10^{\circ}$ N y la Contracorriente Ecuatorial está más desarrollada. El segundo periodo es de febrero a abril, cuando la Corriente Costera de Costa Rica esta muy debilitada, y es entonces cuando un flujo que proviene del norte en dirección sureste aparece como extensión de la Corriente de California. Sin embargo, cabe mencionar que esta confluencia es inferida, pues no existen mediciones directas que hayan demostrado la extensión de la Corriente de California por debajo de los  $21^{\circ}$ N, cerca de la costa, frente a Cabo Corrientes (Badan, 1972; Poulain *et al.*, 1987). Finalmente, el tercer periodo de mayo a julio (transición), es determinado cuando la Convergencia Intertropical regresa a su posición boreal, y la Contracorriente Ecuatorial reaparece, para alimentar a la



Corriente Costera de Costa Rica hasta Cabo Corrientes (Wirtky, 1965, 1966 y Badan, 1997).

Los estudios que describen las características oceanográficas locales en las costas de Jalisco y Colima son recientes y son principalmente enfocados a identificar las ondas internas y variabilidad en los campos de temperatura y salinidad (Filonov *et al.*, 1996; Filonov *et al.*, 2000). Así es como estos estudios demuestran la presencia de mareas internas con periodo diurno y semidiurno, que propagan la energía desde el lugar de su origen (talud continental) hacia la costa, en forma de ondas solitarias que deforman la termoclina de las costas de Jalisco y Colima (Filonov *et al.*, 1996). La temperatura superficial es comparativamente mayor y la capa subsuperficial es menos salina (<34 ups) de junio a diciembre, debido a la intensa precipitación y la desembocaduras de los ríos; presentándose la temperatura máxima en agosto (29.31°C) y la mínima en febrero (23.27°C) (Filonov *et al.*, 2000). La evaporación no es intensa de abril a mayo; debido a la baja temperatura del aire y a la ausencia de precipitaciones, por lo que la haloclina no es tan marcada, no obstante, la termoclina se encuentra desarrollada durante todo el año, siendo poco profunda de febrero a abril, y más profunda durante la temporada cálida (Filonov *et al.*, 2000).

Estos autores, consideran que las principales causas que determinan la variabilidad estacional de los campos de temperatura y salinidad dentro de esta región son: radiación solar, evaporación, precipitación, desembocaduras de los ríos, intercambio turbulento de calor con la atmósfera, y la posible advección de calor proveniente de la zona ecuatorial que deforma las isopicnas. Asimismo indican que las corrientes y la mezcla turbulenta permiten la redistribución del calor y sales a zonas más profundas. Las mediciones de corrientes son insuficientes por lo que no se puede dar detalle de sus características, ni del papel que juega la advección vertical y horizontal en la zona.



## **6. MATERIAL Y METODOS**

### **6.1. Métodos de muestreo y laboratorio**

Se realizaron doce muestreos con periodicidad mensual frente a las costas de Jalisco y Colima, de agosto del 2001 a julio del 2002. El plan básico de estaciones consistió de seis localidades; cuatro frente a Bahía Chamela, Jalisco, y dos en el conjunto de Bahías Santiago-Manzanillo (fig. 1). El plan de muestreo fue interrumpido en algunas ocasiones debido a problemas técnicos en Santiago y Manzanillo (diciembre, mayo y julio). Las localidades de estudio fueron elegidas de acuerdo a su importancia en términos del volumen de captura que aportan a la pesca ribereña (Ríos-Jara *et al.*, 1996).

Las muestras fueron recolectadas mediante arrastres oblicuos a una profundidad de 20 m aproximadamente, con una red cónica simple de 505  $\mu\text{m}$  de luz de malla y 0.50 m de diámetro en su boca, provista en su boca de un flujómetro calibrado (General Oceanics) para estimar el volumen de agua filtrada. La duración del arrastre fue de aproximadamente 6 minutos en cada estación de muestreo.

Aunado a esta actividad, se registró de forma simultánea algunos parámetros ambientales, como son: salinidad (refractómetro); temperatura superficial del mar (termómetro de cubeta); oxígeno (oxímetro); la transparencia del agua (disco secchi); biomasa zooplanctónica (arrastres oblicuos con una red cónica de 150  $\mu\text{m}$ , de aprox. de 6 min.); y concentración de nutrientes y clorofila-a (botellas oceanográficas tipo Niskin de 5 litros) a profundidades de 0, 5, 10, 15 y 20 m. Además, de los datos de precipitación pluvial, registrados durante el mismo periodo, por la Estación Biológica de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en Chamela, Jalisco y por el Servicio Meteorológico Nacional.



Los datos de clorofila-a y nutrientes (nitratos, nitritos y fosfatos) fueron obtenidos por Blanco-Alonso y Madrid-Hernández (2004), a partir del método espectrofotométrico (Strickland y Parsons, 1972); y posteriormente los valores de clorofila-a, y nutrientes fueron integrados de 0-20 m de profundidad en el presente estudio. La biomasa zooplanctónica fue medida con el método de volumen desplazado propuesto por Beers (1976) y posteriormente normalizada a unidades de  $\text{ml m}^{-3}$ , para hacer comparables los valores con otras investigaciones. El ictioplancton fue separado y contabilizado haciendo uso de un microscopio estereoscopio (Marca Carl Zeiss, modelo Stemi 2000), una cámara Bogorov, pinzas de relojero y agujas de disección. La preservación final de los organismos fue con formol al 4% neutralizado con una solución saturada de borato de sodio. Los valores de todas estas variables ambientales fueron representados gráficamente, para identificar su variabilidad espacial y temporal en las bahías de Chamela y Santiago-Manzanillo.

Las larvas de peces fueron identificadas hasta el mínimo nivel taxonómico posible, utilizando como las principales fuentes bibliográficas la descripción de los estadios tempranos de la vida de los peces en el área de influencia de la Corriente de California (Moser, 1996), y el Pacífico Colombiano (Beltrán-León y Ríos-Herrera, 2000). Además de trabajos específicos para Blennioidei (Brogan, 1992); *Opisthonema* spp. (Funes-Rodríguez *et al.*, 2004); *Engraulis mordax* (Bolin, 1936) y *Trachurus symmetricus* (Ahlstrom y Ball, 1954). La colección de referencia del ictioplancton se encuentra depositada en el Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura, del Departamento de Ecología, ubicado en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, perteneciente a la Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

Los especímenes aún no descritos a nivel de especie fueron agrupados a nivel de familia o género con la leyenda de "tipo"; de acuerdo a sus características distintivas, como el patrón de pigmentación, merística y morfometría (e. g., Muraenidae tipo 1, *Caranx* sp. 1, *Larimus* sp. 1). El arreglo sistemático de las



especies se realizó de acuerdo con Moser (1996), y las modificaciones propuestas por Nelson (1994), Fischer *et al.* (1995) y Eschmeyer (1998). Los géneros y sus respectivas especies se presentan en orden alfabético (anexo A; Silva-Segundo, 2003). Además, se realizó una búsqueda bibliográfica, con el objeto de señalar algunas opciones para la determinación de las especies que fueron rotuladas con la leyenda de “tipo”, de acuerdo a la distribución de los adultos en la zona de estudio (Fischer *et al.*, 1995; Aguilar-Palomino *et al.*, 1996) (ver anexo B).

## **6.2 Tratamiento y análisis de los datos**

### **6.2.1. Estandarización de los datos**

Los valores directos de la abundancia de larvas peces, fueron transformados a 10 m<sup>2</sup> de superficie marina de acuerdo al procedimiento estándar para la estimación del tamaño del stock de peces a partir del censo de huevos y larvas (Smith y Richardson, 1977), que se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$C = 10(a^{-1}b^{-1}cd)$$

C= número de larvas en 10 m<sup>2</sup>

a= área de la boca de la red en metros cuadrados

b= el largo de la trayectoria del arrastre en metros

c= número de larvas en la muestra

d= profundidad máxima del lance en metros

Los datos de abundancia de larvas de peces fueron organizados en dos bases de datos: una que incluye la sumatoria de la abundancia de todos los meses por especie, en cada localidad de estudio (especies/localidades), y la otra es la sumatoria de la abundancia de todas las localidades por especie, en cada mes de estudio (especies/meses). De igual forma, se construyeron otras dos matrices utilizando el promedio de los datos de las variables ambientales (parámetro ambiental/localidades y parámetro ambiental/meses).



## 6.2.2. Análisis a nivel comunidad (Análisis Multivariantes)

### a) Análisis de Semejanza Ecológica (similitud y agrupamiento)

Los análisis de semejanza ecológica se refieren a la cuantificación de la similitud o disimilitud entre dos objetos basado en las observaciones de los descriptores (abundancia de las especies; e. g. densidad, biomasa) (Ludwig y Reynolds, 1988; Crisci y López-Armengol, 1983; Peña, 2002). La asociación espacio-temporal de larvas de peces, se determinó con la distancia métrica de Chebyshev, y como algoritmo de agrupamiento el método de Ward (programa de STATISTICA-versión 6). Este análisis fue aplicado a las dos matrices básicas de abundancia (especies/localidades y especies/meses; modos Q y R), solo las especies con frecuencia de ocurrencia mayor al 5% de las estaciones muestreadas fueron consideradas en este análisis (Field *et al.*, 1982), para evitar una débil información clasificatoria debido a la presencia de especies raras o escasas (tabla I). Previo al análisis de similitud los valores de la abundancia de larvas de peces fueron estandarizados, esto es, los valores de la matriz original de datos fueron expresados en unidades de desviación estándar (la media de un carácter se expresa como cero y la varianza como la unidad).

La estandarización se define con la siguiente expresión matemática:

$$x' = \frac{x - \bar{x}}{s_x}$$

$\bar{x}$  = media

$s$  = desviación estándar

$x$  = número de individuos

Para obtener la similitud entre las especies se utilizó el método de distancia métrica de Chebyshev, que es una medida de disimilitud, la cuál se refiere a la distancia máxima absoluta entre dos elementos, es decir, se basa en la diferencia más grande entre los valores absolutos de dos variables:



$$\text{Chebyshev}(X, Y) = \max_i |X_i - Y_i|$$

donde  $X_i$  y  $Y_i$ , son los valores de la  $i$ -ésima variable de los punto  $X$  y  $Y$ , respectivamente.

La agrupación de las especies fue obtenida con el método de Ward (1963), que se define como una medida global de la heterogeneidad de una agrupación de observaciones en grupos. Esta medida ( $W$ ) es la suma de las distancias euclidianas al cuadrado entre cada elemento y la media de su grupo:

$$W = \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{ng} (X_{ig} - \overline{X}_g)(X_{ig} - \overline{X}_g)$$

$\overline{X}_g$  es la media del grupo  $g$ . El criterio comienza suponiendo que cada dato forma un grupo,  $g=n$  y por tanto,  $W$  es cero. A continuación, se unen los elementos que produzcan el incremento mínimo de  $W$ . Obviamente, esto implica tomar los más próximos. En la siguiente etapa, se tiene  $n-1$  grupos,  $n-2$  de un elemento y uno de dos elementos. Se decide de nuevo unir dos grupos para que  $W$  crezca lo menos posible, con lo que pasamos a  $n-2$  grupos y así sucesivamente hasta tener un grupo único. Los valores  $W$  indican el crecimiento del criterio al formar grupos y pueden utilizarse para decidir cuantos grupos naturales contienen los datos.

Los criterios para definir las asociaciones de larvas de peces en espacio y tiempo (grupos faunísticos) que aparecen en los dendrogramas (localidades y meses), fueron complementados con información autoecológica de las especies (distribución de la especie; afinidad biogeográfica; época de reproducción). La información fue obtenida principalmente de los trabajos de Fischer *et al.* (1995), Moser (1996), Fishbase (<http://www.fishbase.org/search.cfm>), además de literatura especializada de cada especie.



**Tabla I.** Especies consideradas en el análisis de semejanza ecológica y ordenación, frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002 Afinidad: T-tropical, SubT-subtropical y Tr-transicional; Hábitat: A-arrecife, IS-intermareal-submareal, DN-demersal nerítico, PC-pelágico costero, E-epipelágico y M-mesopelágico.

Familia	Especie	Acrónimo	Afinidad	Hábitat
Clupeidae	<i>Harengula thrissina</i>	<i>Harthr</i>	T	PC
	<i>Anchoa</i> sp.	<i>Ancsp.</i>		PC
Engraulidae	<i>Engraulis mordax</i>	<i>Engmor</i>	Tr	PC
Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros bathymaster</i>	<i>Brebat</i>	SubT	PC
Gobiesocidae	<i>Gobiesox papillifer</i>	<i>Gobpap</i>	SubT	IS
	tipos 1, 2 y 3	<i>Gobt1, Gobt2 y Gobt3</i>		IS
Apogonidae	<i>Apogon retrosella</i>	<i>Aporet</i>	T	A
Carangidae	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	<i>Chlorq</i>	SubT	PC
Lutjanidae	<i>Lutjanus peru</i>	<i>Lutper</i>	T	A
Gerreidae	<i>Eucinostomus</i> sp.	<i>Eucsp.</i>		DN
Haemulidae	<i>Xenistius californiensis</i>	<i>Xencal</i>	SubT	A
	tipos 2 y 3	<i>Haet2 y Haet3</i>		A
Scianidae	<i>Bairdiella</i> sp.	<i>Baisp.</i>	SubT-T	DN
	<i>Cynoscion</i> sp.	<i>Cynsp.</i>		DN
	<i>Micropogonias</i> sp. 1	<i>Micsp1</i>		DN
Pomacentridae	<i>Abudefduf troschelii</i>	<i>Abutro</i>	T	A
Tripterygiidae	<i>Enneanectes sexmaculatus</i>	<i>Ennsex</i>	T	IS
Labrisomidae	tipos 1y 4	<i>Labt1 y Labt4</i>		A
Dactyloscopidae	<i>Gillellus semicinctus</i>	<i>Gilsem</i>	T	IS
	<i>Myxodagnus opercularis</i>	<i>Myxope</i>	T	IS
Scombridae	<i>Auxis</i> sp.	<i>Auxsp.</i>		E
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	<i>Balpol</i>	SubT	IS



## **b) Análisis de Ordenación (CCA)**

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), es una técnica multivariable de ordenación, que permite interpretar la relación entre las localidades, las especies y las variables ambientales (ter Braak, 1986). El CCA es un método de ordenación de eigenvalores que integra las matrices de datos biológicos (abundancia u ocurrencia) y las variables ambientales; genera diagramas que muestran las similitudes entre localidades de muestreo, especies y variables ambientales. Este análisis realiza regresiones lineales múltiples entre la matriz principal (datos biológicos) y la matriz secundaria (variables ambientales). La ordenación de los ejes es a partir de los datos de las variables ambientales. El CCA construye un diagrama, en el cuál, los puntos representan las localidades y las especies, y los vectores a las variables ambientales, de forma tal que, la variabilidad en la composición de una comunidad, puede ser explicada por las variables ambientales, y a su vez, se visualiza la distribución de las especies a lo largo de cada variable (McCune y Grace, 2002).

El análisis se realizó con las matrices originales (especies/localidades y especies/meses transformadas a logaritmo; y parámetro ambiental/localidades y parámetro ambiental/meses estandarizadas, como es requerido para el análisis), con el objetivo de conocer como influyen las variables ambientales en las asociaciones espacio-temporales de larvas de peces. Únicamente las especies cuya frecuencia fue mayor al 5% de las estaciones muestreadas fueron utilizadas en el análisis. El análisis de Correspondencia Canónica fue realizado mediante la utilización del programa PC-ORD (McCune y Mefford, 1999).



### c) Análisis de Especies Indicadoras (AEI)

El AEI propuesto por Dufrêne y Legendre (1997) fue aplicado a la matriz general que incluye las especies, las localidades y los meses. Para la elección del valor indicador ( $VI$ ) de cada uno de los 97 *taxa* en espacio y tiempo, se consideró únicamente a aquellos con un valor indicador mayor ó igual al 25%, y significancia ( $p$ )  $< 0.05$ . El valor indicador ( $\geq 25\%$ ) presupone que una especie está presente en al menos el 50% de las estaciones de muestreo y que su abundancia relativa por lo menos sea del 50% dentro del grupo. Así, si uno de los dos valores (ocurrencia o abundancia) alcanza el 100%, el otro debiera presentar un valor siempre mayor o igual que 25% para ser considerado (Dufrêne y Legendre, 1997). Previo al análisis de especies indicadoras, se determinaron cuatro tipos de ambientes (Cálido/Norte, Templado/Norte, Cálido/Sur y Templado/Sur) como es requerido por el método; utilizando como criterio los resultados obtenidos a partir de los dendrogramas de análisis de semejanza ecológica. Los cálculos del AEI fueron realizados con el programa PC-ORD (McCune y Mefford, 1999).

El análisis de especies indicadoras calcula el promedio de la abundancia  $\bar{x}_{kj}$  de especies  $j$  por grupo  $k$ :

$$\bar{x}_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} a_{ijk}}{n_k}$$

$a_{ijk}$  = abundancia de especies  $j$  en unidad de muestreo (SU)  $i$  del grupo  $k$

$n_k$  = número de unidad de muestreo en el grupo  $k$

Acto seguido, calcula la abundancia relativa  $RA_{kj}$  de especies  $j$  en el grupo  $k$

$$RA_{jk} = \frac{\bar{x}_{kj}}{\sum_{k=1}^g \bar{x}_{kj}}$$

$g$  = número total de grupos



Después se calcula la frecuencia proporcional de las especies en cada grupo, transformando la matriz de especies por unidad de muestra (A) a una matriz de presencia y ausencia (B):

$$b_{ijk}=a_{ijk}$$

A continuación se calcula la frecuencia relativa  $RF_{kj}$  de especie  $j$  del grupo  $k$ :

$$RF_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} b_{ijk}}{n_k}$$

Por último, se multiplican las dos proporciones calculadas y el resultado es expresado en porcentaje, obteniendo un valor indicador  $IV_{kj}$  para cada una de las especies en cada grupo:

$$IV_{kj} = 100(Ra_{kj} * RF_{kj})$$

El AEI es una herramienta útil para detectar y describir el valor de las especies que caracterizan una región ó temporada. Este análisis combina la información de la abundancia y frecuencia de una especie en un grupo particular, generando un valor indicador ( $IV$ ) para cada especie en cada grupo. Así, una especie indicadora debe presentar alta abundancia y frecuencia en su grupo. El rango del valor indicador es de 0 a 100, siendo este último el mejor indicador. El resultado del valor indicador es expresado como porcentaje para cada especie  $j$ , en cada grupo  $K$ . El análisis es probado estadísticamente usando la técnica de Monte Carlo (McCune y Grace, 2002). El AEI ha sido utilizado anteriormente en el monitoreo y conservación de áreas, y también para reflejar las condiciones bióticas y abióticas del ambiente, así como para evidenciar algún impacto ambiental e indicar la diversidad de especies o comunidades dentro de un área (Dufrêne y Legendre, 1997; Niemi y McDonald, 2004; Lawton y Gaston, 2001).



## 7. RESULTADOS

### 7.1. Marco Ambiental

La temperatura superficial del mar fue variable de noviembre a mayo (19.0°-26.0°C), siendo en promedio de 24.5°C ( $\sigma=1.7$ ). En general, las localidades alrededor de Bahía Chamela presentaron una temperatura ligeramente menor (22.0°-24.0°C), en comparación a las de Santiago Manzanillo (23.0°-26.0°C) (fig. 2a). En este periodo, no se registró precipitación pluvial, a excepción de febrero, siendo de 70.8 ml en Chamela y de 117 ml en Santiago-Manzanillo (fig. 2b).

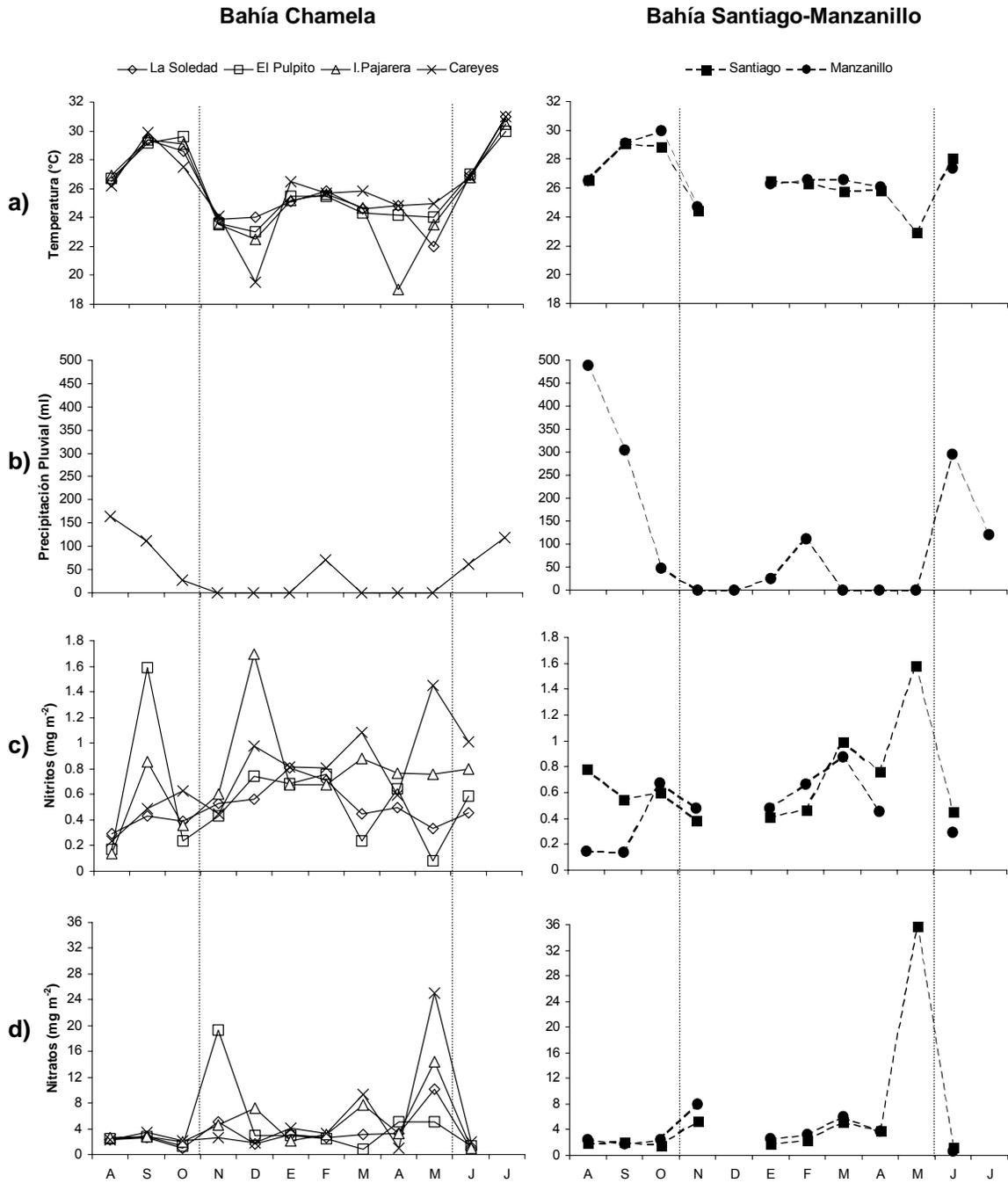
Durante este mismo periodo (noviembre-mayo), la concentración de nitritos varió entre 0.08 y 1.7 mg m<sup>-2</sup>, con un valor promedio de 0.7 mg m<sup>-2</sup> ( $\sigma=0.3$ ). Los valores máximos fueron registrados en diciembre en Isla Pajarera (1.7 mg m<sup>-2</sup>) y en mayo en Careyes y Santiago (1.4-1.5 mg m<sup>-2</sup>) (fig. 2c). La concentración de nitratos fue extremadamente variable (0.8-35.8 mg m<sup>-2</sup>), siendo en promedio de 6.0 ( $\sigma=7$ ) de noviembre a mayo. Esta diferencia corresponde a un incremento en mayo en todas las localidades (>10 mg m<sup>-2</sup>) y con valores máximos en Santiago (35.8 mg m<sup>-2</sup>) y El Pulpito (19.12 mg m<sup>-2</sup>) en noviembre (fig. 2d). La concentración de fosfatos varió entre 1.08 y 6.28 mg m<sup>-2</sup>, siendo en promedio de 3.4 mg m<sup>-2</sup> ( $\sigma=1.01$ ) y con valores máximos únicamente en Careyes (6.2 mg m<sup>-2</sup>) en febrero (fig. 3a). La concentración de clorofila-a también fue muy variable de noviembre a mayo (1.2-26.0 mg m<sup>-2</sup>), con un promedio de 9.1 mg m<sup>-2</sup> ( $\sigma=6.4$ ). Esta variación se debe a un incremento y valores máximos de clorofila-a en marzo (19-26 mg m<sup>-2</sup>) en todas las localidades con excepción de Manzanillo (fig. 3b). La concentración del biovolumen zooplanctónico varió entre 0.1 y 3.2 ml m<sup>-3</sup>, siendo en promedio de 0.8 ml m<sup>-3</sup> ( $\sigma=0.6$ ). El incremento en el zooplancton fue mayor de marzo a junio (>0.7 ml m<sup>-3</sup>) en todas las localidades, valores máximos se presentaron en El Pulpito (3.2 ml m<sup>-3</sup>) en mayo, y Careyes (2.2 ml m<sup>-3</sup>) en enero (fig. 3c). La transparencia del agua varió entre 2.5 y 17 m, con un valor promedio de 9 m ( $\sigma=3.4$ ), siendo menor de marzo a mayo (fig. 3d).



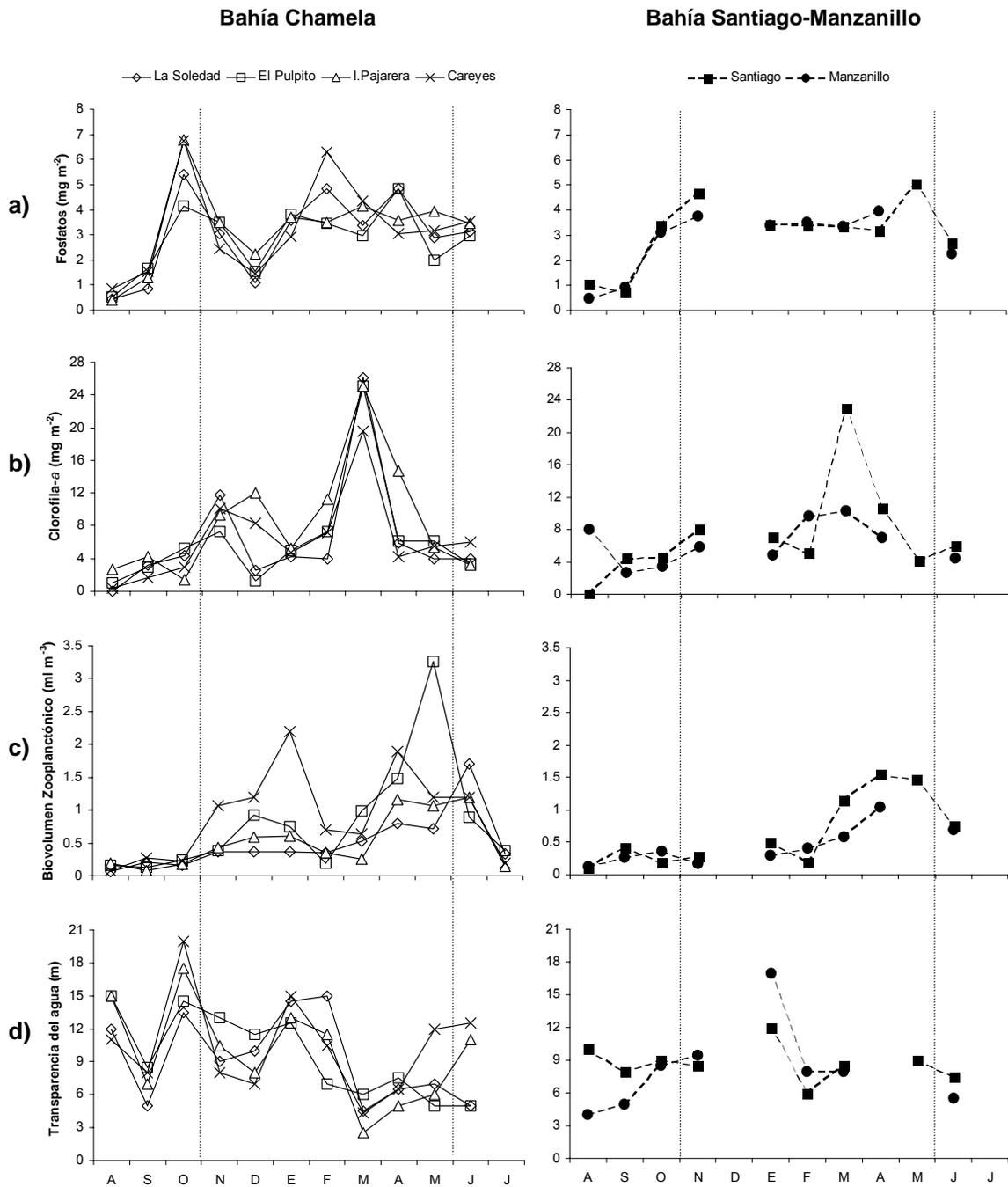
En contraste con el periodo anterior, la temperatura superficial del mar fue comparativamente mayor de junio a octubre ( $26.0^{\circ}$ - $31.0^{\circ}$ C), siendo en promedio de  $28.3^{\circ}$ C ( $\sigma=1.5$ ). La temperatura promedio fue  $3.0^{\circ}$ C mayor de junio a octubre, que en el periodo de noviembre a mayo (fig. 2a). La precipitación pluvial fue muy variable ( $26.5$ - $488.0$  ml), con un valor promedio de  $148$ ml ( $\sigma=123$ ), ocurriendo la mayor precipitación en Santiago-Manzanillo ( $488$  ml) en agosto (fig. 2b).

Las concentraciones de nitritos y fosfatos no mostraron una tendencia definida debido a su alta variabilidad mensual y entre localidades durante este periodo (junio-octubre). La concentración de nitritos varió de  $0.13$  a  $1.58$   $\text{mg m}^{-2}$ , con un promedio de  $0.5$   $\text{mg m}^{-2}$  ( $\sigma=0.3$ ) de junio a octubre, que es similar al promedio del periodo anterior, debido a un incremento en septiembre en El Púlpito (fig. 2c). Los fosfatos presentaron una variación de  $0.4$  a  $6.8$   $\text{mg m}^{-2}$ , con un valor promedio de  $2.4$   $\text{mg m}^{-2}$  ( $\sigma=1.9$ ), que también fue similar entre ambos periodos, debido a un incremento durante octubre en todas las localidades (fig. 3a). La concentración de nitratos fue baja de junio a octubre ( $<3.3$   $\text{mg m}^{-2}$ ), siendo en promedio de  $1.9$   $\text{mg m}^{-2}$  ( $\sigma=0.7$ ). En este periodo, el valor promedio de la concentración de nitratos fue tres veces menor, con respecto del periodo de noviembre a mayo (fig. 2d).

La concentración de clorofila-*a* varió de  $0.4$  a  $8$   $\text{mg m}^{-2}$  y su valor promedio de  $3.3$   $\text{mg m}^{-2}$  ( $\sigma=1.9$ ), siendo este tres veces menor, con respecto al valor registrado de noviembre a mayo (fig. 3b). El biovolumen zooplanctónico presentó valores de  $0.06$  a  $1.7$   $\text{ml m}^{-3}$ , con un promedio de  $0.39$   $\text{ml m}^{-3}$  ( $\sigma=0.4$ ) de junio a octubre; en este periodo, el promedio del zooplancton fue dos veces menor, con respecto al periodo de noviembre a mayo (fig. 3c). Finalmente, la transparencia del agua presentó una variación de  $4$  a  $20$  m de profundidad de junio a octubre, siendo en promedio similar a la temporada anterior ( $10$  m;  $\sigma=4.3$ ), debido a una disminución en la transparencia en septiembre en todas las localidades (fig. 3d).



**Figura 2.** Distribución mensual de las variables ambientales frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002. **a)** Temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ); **b)** Precipitación pluvial (ml); **c)** Concentración de nitritos integrada de 0 a 20 m ( $\text{mg m}^{-2}$ ); y **d)** Concentración de nitratos integrada de 0 a 20 m ( $\text{mg m}^{-2}$ ).



**Figura 3.** Distribución mensual de las variables ambientales frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002. **a)** Concentración de fosfatos integrada de 0 a 20 m ( $\text{mg m}^{-2}$ ); **b)** Concentración de clorofila-a integrada de 0 a 20 m ( $\text{mg m}^{-2}$ ); **c)** Biovolumen zooplanctónico ( $\text{ml m}^{-3}$ ); y **d)** Transparencia del agua (m).



## **7. 2. Caracterización del patrón *espacial* de la asociación de larvas de peces en relación a las condiciones ambientales**

### **a) Asociación *espacial* de larvas de peces (similitud y agrupamiento)**

El análisis de la semejanza ecológica en relación a la variabilidad espacial de las larvas de peces (especies/localidades), identificó a dos grupos de localidades y a dos asociaciones de especies (fig. 4). Los grupos de localidades se distinguen claramente por la separación a una distancia de 10.5 en el dendrograma, entre las localidades de Bahía Chamela denominada zona “Norte”, de aquellas ubicadas en Santiago-Manzanillo denominadas como zona “Sur”.

Las asociaciones de especies fueron separadas en dos grupos (*I* y *II*), a una distancia de 11.8 en el dendrograma. La asociación *I* fue conformada por 16 especies que caracterizaron la zona “Norte” (Bahía Chamela). Las especies que integraron esta asociación son organismos que en su estado adulto pertenecen a diferentes hábitats (pelágico costero y de aguas poco profundas de bahías y lagunas, e intermareal-submareal). A su vez, esta asociación fue dividida en dos subgrupos de especies (*la* y *lb*) separadas a una distancia aproximada de 8.0 en el dendrograma. El subgrupo *la* fue representado por larvas de 10 especies con su mayor densidad en Isla Pajarera; entre las más abundantes estuvieron *Bregmaceros bathymaster*, cuyo hábitat es pelágico costero encontrándose hasta los 1000 m de profundidad, y *Bairdiella* sp. y *Cynoscion* sp. que son propias de aguas costera poco profundas. El subgrupo *lb* incluyó a larvas de seis especies que presentaron su mayor densidad en la localidad más norteña (Punta Soledad). Las especies representativas de este subgrupo fueron *Engraulis mordax* y Labrisomidae tipo1, las cuales, en su estado adulto son de hábitat pelágico costero y de arrecife, respectivamente.



La asociación del grupo II fue integrada por larvas 10 especies, que presentaron su mayor abundancia relativa en la zona “Sur” (Santiago-Manzanillo), estas especies en su mayoría habitan las regiones poco profundas de lagunas y bahías. Las más abundantes en esta asociación fueron: *Eucinostomus* sp. (demersal nerítico), *Abudefduf troschelii* y Haemulidae tipo 2 y 3 (arrecife), y *Enneanectes sexmaculatus* (intermareal-submareal).

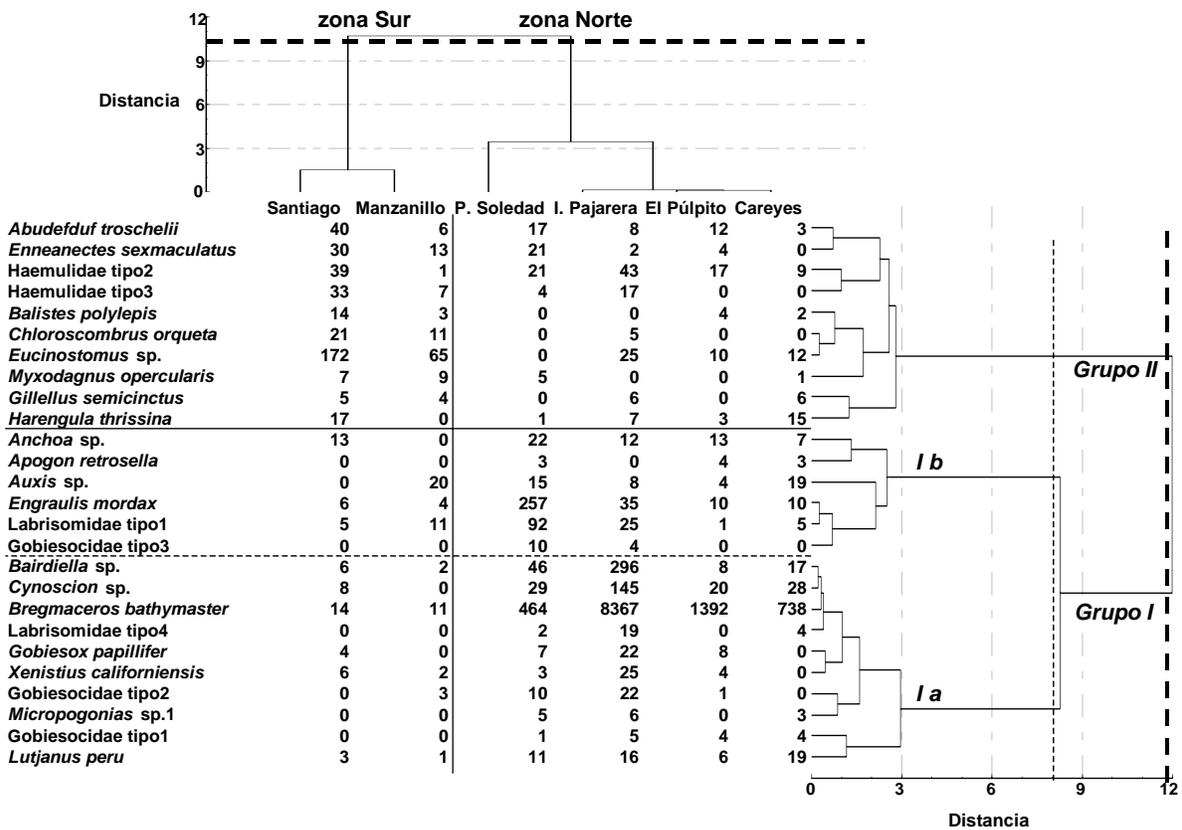


Figura 4. Dendrograma espacial de la abundancia de larvas de peces (especies/localidades), determinado con la distancia métrica de Chebyshev y el método de agrupamiento de Ward, frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002.



---

---

**b) Ordenación espacial de larvas de peces (CCA)**

El Análisis de Correspondencia Canónica explicó el 68% del total de la varianza en los dos primeros ejes, con un coeficiente de correlación de Pearson de 1.0 ( $p < 0.05$ ), lo que indicó una alta correlación entre las localidades de muestreo, las especies y las variables ambientales. El primer eje, contribuyó con el 46.6% de la varianza explicada, con un eigenvalor de 0.163. En este eje la precipitación pluvial y la temperatura presentaron una correlación negativa entre las especies y las localidades de muestreo ( $r = -0.992$  y  $r = -0.831$ , respectivamente). El segundo eje contribuyó con el 21.4% de la varianza explicada (eigenvalor=0.075). En este eje el biovolumen zooplanctónico y la concentración de nitratos fueron negativamente correlacionados con las especies y las localidades ( $r = -0.949$  y  $r = -0.642$ , respectivamente) (tabla II).

Los resultados del CCA son similares a los obtenidos con el análisis de semejanza ecológica (fig. 4 y 5). De tal forma que, el diagrama de ordenación refleja un gradiente norte-sur e identifica a dos grupos de localidades y sus respectivas asociaciones de especies, en los dos primeros ejes del diagrama de ordenación. Así, la asociación de la zona Norte (lado derecho del primer eje) fue típica de Bahía de Chamela caracterizada por presentar una mayor concentración de nitratos y biovolumen zooplanctónico. En cambio la asociación determinada para la zona Sur (lado izquierdo del primer eje) corresponde al conjunto de Bahías Santiago-Manzanillo, que es caracterizado por una mayor temperatura superficial del mar y precipitación pluvial (fig. 5).



**Tabla II.** Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica, en relación a la ordenación *espacial* de las larvas de peces frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a Julio del 2002: **a)** Resumen estadístico; **b)** Correlación de las variables ambientales; y **c)** Prueba de Monte Carlo: 1-Eigenvalores y 2-Correlación entre especies y variables.

**a) RESUMEN ESTADÍSTICO**

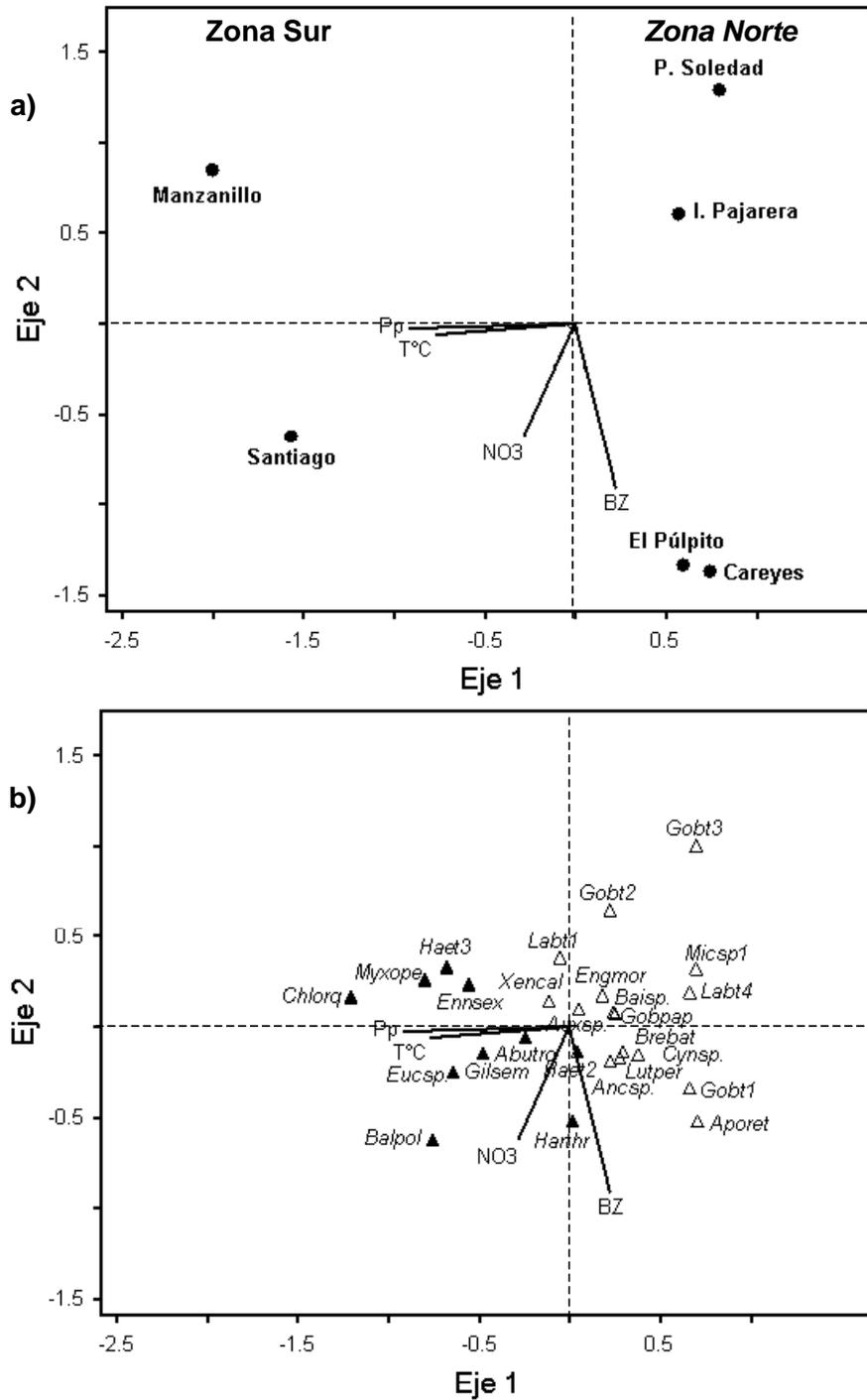
	<b>Eje 1</b>	<b>Eje 2</b>	<b>Eje 3</b>
Eigenvalores	0.163	0.075	0.049
Variancia explicada (%)	46.6	21.4	13.9
Variancia acumulativa (%)	46.6	68.0	81.9
Correlación de Pearson (especies-ambiente)	1	1	1
Correlación de Kendall (especies-ambiente)	1	1	1

**b) CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES**

Clorofila-a	0.083	0.189	0.330
Nitratos	-0.300	<b>-0.642</b>	0.222
Biovolumen zooplanctónico	0.247	<b>-0.949</b>	-0.109
Temperatura	<b>-0.831</b>	-0.060	-0.260
Precipitación pluvial	<b>-0.992</b>	-0.023	0.042

**c) PRUEBA DE MONTE CARLO (1000 permutaciones)**

1. Eigenvalores	0.163	0.075	0.049
Promedio	0.159	0.074	0.048
Mínimo	0.145	0.069	0.044
Máximo	0.163	0.075	0.049
<i>P</i>	<b>0.004</b>	<b>0.004</b>	<b>0.004</b>
2. Correlación entre especies-variables	1	1	1
Promedio	0.999	0.999	0.997
Mínimo	0.994	0.992	0.963
Máximo	1	1	1
<i>P</i>	<b>0.013</b>	<b>0.005</b>	<b>0.004</b>



**Figura 5.** Diagrama de ordenación espacial de larvas de peces en función de los parámetros ambientales, determinado por el Análisis de Correspondencia Canónica frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002. **a)** localidades (puntos) y variables ambientales (vectores); y **b)** agrupación de especies de la zona Sur (triángulo relleno), agrupación de especies de la zona Norte (triángulo vacío) y variables ambientales (vectores). T°C-temperatura superficial del mar; PP-precipitación pluvial; NO<sub>3</sub>-nitratos; y BZ-biovolumen zooplanctónico. Acrónimos tabla I.



### **7.3 Caracterización del patrón *temporal* de la asociación de larvas de peces en relación a las condiciones ambientales**

#### **a) Asociación *temporal* de larvas de peces (similitud y agrupamiento)**

El análisis de semejanza ecológica en la variabilidad temporal (especies/meses), identificó a dos grupos de meses separados a una distancia de 18.0 y a dos asociaciones de especies separados a una distancia de 14.3 (fig. 6).

El agrupamiento temporal identificó la separación de un grupo Templado, que integra los muestreos realizados de diciembre a mayo; y otro denominado como Cálido que incluye los muestreos de junio a noviembre. A su vez, las asociaciones de especies son identificadas en el dendrograma como grupos *I* y *II*. La asociación del grupo *I* fue conformada por ocho especies que son características del periodo templado. Los taxa con mayor abundancia corresponden a especies de afinidad subtropical (*Bregmaceros bathymaster*), tropical (*Bairdiella* sp. y *Cynoscion* sp.) y de afinidad transicional (*Engraulis mordax*). Estas especies presentaron su mayor abundancia en mayo.

La asociación del grupo *II* de especies fue conformada por 18 taxa que en su mayoría son de afinidad tropical. Dentro de esta asociación, se identificó a dos subgrupos de especies a una distancia de 6.3. El subgrupo *IIa* incluye a siete especies que ocurrieron principalmente durante el periodo cálido, siendo las más conspicuas las larvas *Eucinostomus* sp. y *Harengula thrissina*, y el subgrupo *IIb* que fue representado por once especies que ocurren a lo largo del año, con incrementos asociados durante enero y abril principalmente de Labrisomidae tipo1, *Abudefduf troschelii* y *Anchoa* sp.

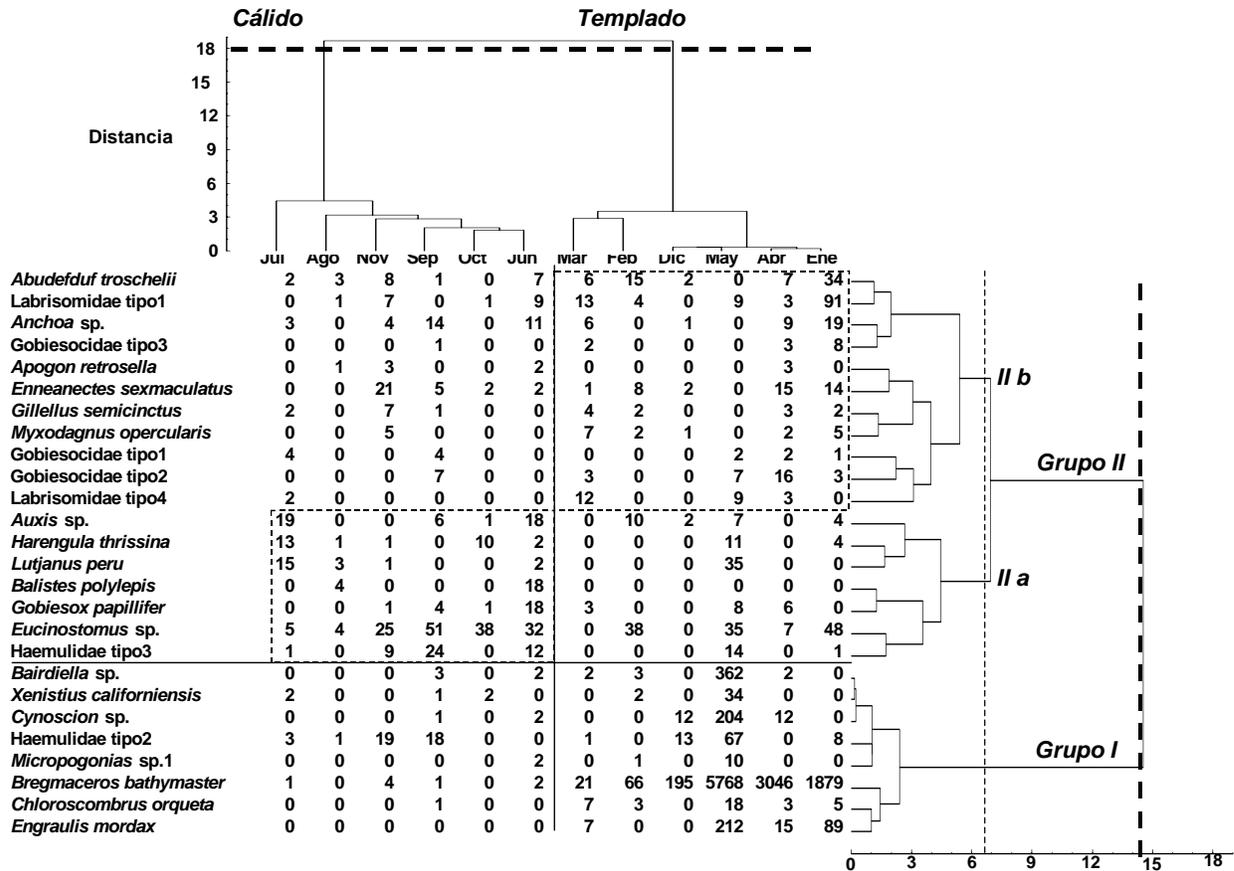


Figura 6. Dendrograma temporal de la abundancia de larvas de peces (especies/meses), determinado con la distancia métrica de Chebyshev y el método de Ward, frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002.

b) Ordenación temporal de larvas de peces (CCA)



Los resultados del CCA mostraron que existe una mayor significancia ( $p < 0.05$ ) entre el primer y tercer ejes, que explican el 34.1% de la varianza acumulada, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.9 ( $p < 0.05$ ). El primer eje explicó el 21.3% de la varianza (eigenvalor= 0.209), donde se muestra una correlación positiva entre la concentración de nitritos y clorofila-*a* ( $r = 0.702$  y  $r = 0.606$ , respectivamente) y las especies, en cambio la precipitación pluvial y la temperatura superficial presentaron una correlación negativa ( $r = -0.825$  y  $-0.672$ , respectivamente). El tercer eje explica el 12.8% de la varianza (eigenvalor= 0.154), indicando una correlación negativa con el biovolumen zooplanctónico entre las especies y meses ( $r = -0.575$ ) (tabla III).

Los resultados del CCA temporal fueron consistentes en lo encontrado en el análisis de semejanza ecológica (figs. 6 y 7), que identifican la conformación de asociaciones de especies en función de la variabilidad ambiental. La primera asociación fue relacionada con una menor temperatura superficial del mar y principalmente por una alta concentración de nitritos, clorofila-*a*, y biovolumen zooplanctónico durante el periodo Templado. En contraste, las especies presentes durante el periodo Cálido se relacionaron con los meses de alta precipitación pluvial y alta temperatura superficial del mar (fig. 7).



**Tabla III.** Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica, en relación a la ordenación *temporal* de las larvas de peces frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a Julio del 2002: **a)** Resumen estadístico; **b)** Correlación de las variables ambientales; y **c)** Prueba de Monte Carlo: 1-Eigenvalores y 2-Correlación entre especies y variables.

**a) RESUMEN ESTADISTICO**

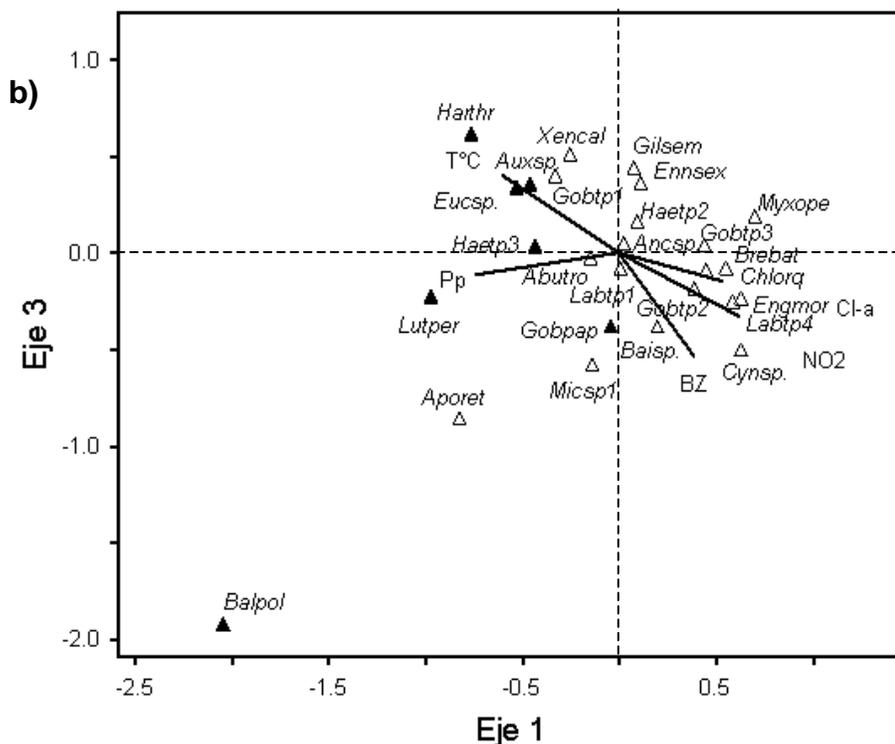
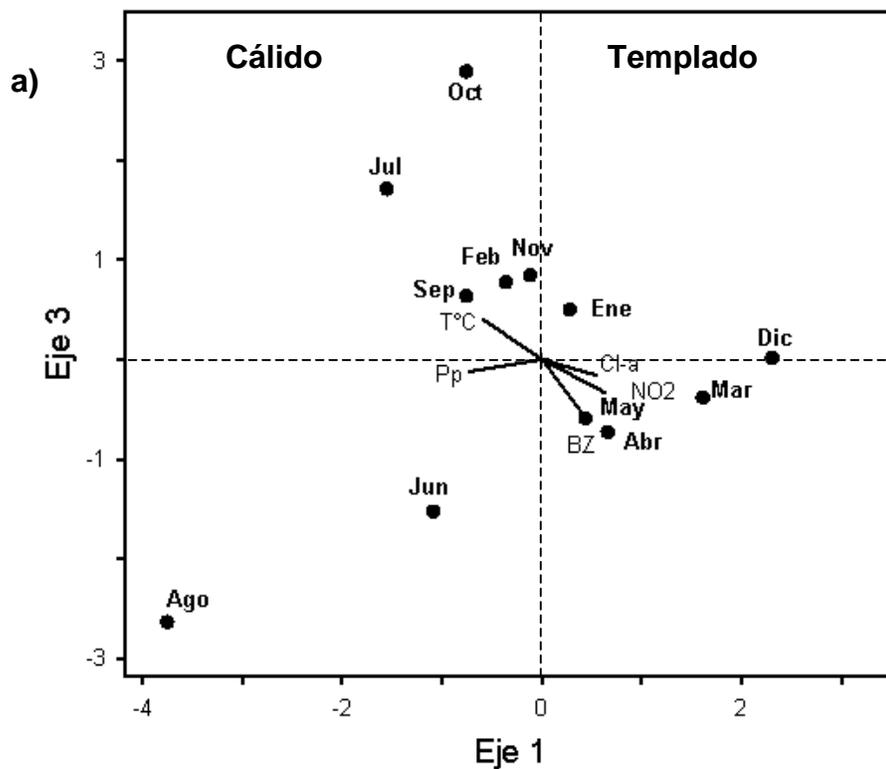
	<b>Eje 1</b>	<b>Eje 2</b>	<b>Eje 3</b>
Eigenvalores	0.209	0.164	0.126
Variancia explicada (%)	21.3	16.7	12.8
Variancia acumulativa (%)	21.3	38	50.8
Correlación de Pearson (especies-ambiente)	0.925	0.986	0.996
Correlación de Kendall (especies-ambiente)	0.818	0.879	0.970

**b) CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES**

Nitritos	<b>0.702</b>	0.189	-0.350
Nitratos	0.309	0.672	-0.250
Fosfatos	0.446	-0.232	-0.066
Biovolumen zooplanctónico	0.442	0.457	<b>-0.575</b>
Temperatura	<b>-0.672</b>	0.007	0.423
Transparencia	0.065	-0.446	0.073
Clorofila-a	<b>0.606</b>	-0.401	-0.159
Precipitación pluvial	<b>-0.825</b>	-0.016	-0.121

**c) PRUEBA DE MONTE CARLO (1000 permutaciones)**

1. Eigenvalores	0.209	0.164	0.126
Promedio	0.197	0.143	0.101
Mínimo	0.132	0.092	0.074
Máximo	0.250	0.175	0.126
<i>P</i>	0.332	0.136	<b>0.002</b>
2. Correlación entre especies-variables	0.925	0.980	0.996
Promedio	0.949	0.942	0.954
Mínimo	0.857	0.796	0.710
Máximo	0.997	1	0.999
<i>P</i>	0.818	0.170	<b>0.006</b>



**Figura 7.** Diagrama de ordenación *temporal* de larvas de peces en función de los parámetros ambientales, determinado por el Análisis de Correspondencia Canónica frente a Bahía de Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001: **a)** meses (puntos) y variables ambientales (vectores); y **b)** agrupación de especies del periodo cálido (triángulo relleno), agrupación de especies del periodo templado (triángulo vacío) y variables ambientales (vectores). T°C-temperatura superficial del mar; PP-precipitación pluvial; Cl-a-Clorofila-a; NO2-nitritos; y BZ-biovolumen zooplanctónico. Acrónimos tabla I.



## 7.4 Especies Indicadoras (AEI)

Las especies indicadoras del periodo Templado en Bahía Chamela (Templado/Norte) fueron las larvas de *Bregmaceros bathymaster* (VI=81.4%;  $p=0.001$ ), *Engraulis mordax* (VI=39.4%;  $p=0.01$ ), *Cynoscion* sp. (VI=30.2%;  $p=0.03$ ) y Labrisomidae tipo4 (VI=19.4%;  $p=0.05$ ), mientras que no existe ninguna especie indicadora ( $\geq 25\%$ ) durante el periodo Cálido en Bahía Chamela (Cálido/Norte). Por otro lado, las especies indicadoras del periodo Templado en el conjunto de Bahías Santiago-Manzanillo (Templado/Sur) fueron *Chloroscombrus orqueta* (VI=50.7%;  $p=0.001$ ), *Abudefduf troschelii* (VI=30.5%;  $p=0.06$ ), *Myxodagnus opercularis* (VI=28.2%;  $p=0.009$ ) y *Opisthonema* sp. (VI=22.2%;  $p=0.009$ ); mientras que durante el periodo Cálido (Cálido/Sur) lo fueron las larvas de *Eucinostomus* sp. (VI=58.6%;  $p=0.002$ ) y *Dactylagnus mundus* (VI=24.6%;  $p=0.02$ ) (tabla IV; fig. 8)

**Tabla IV.** Valores indicadores de las especies determinados con el Análisis de Especies Indicadoras (AEI), frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a Julio del 2002.

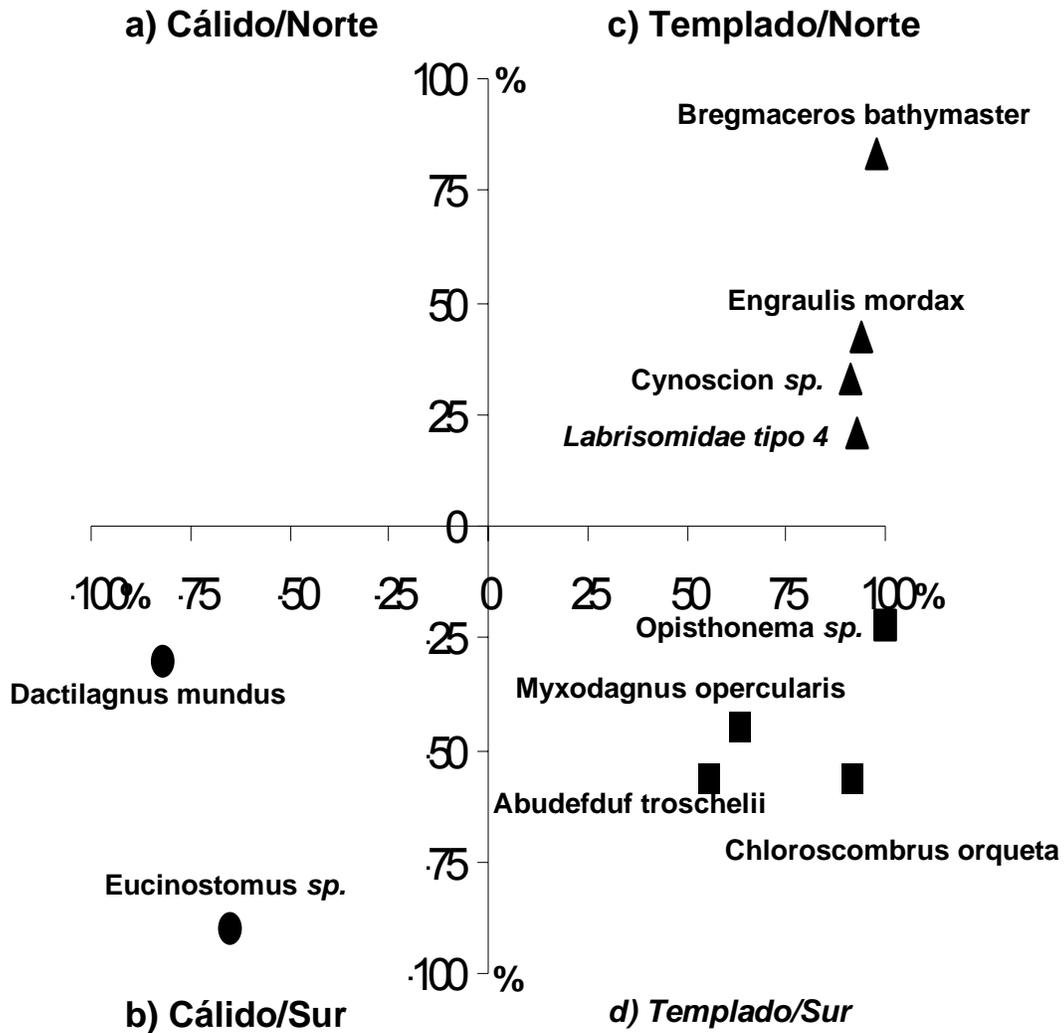
Especies	Grupos	VI%	$\bar{X}$	S	P
<b>Abudefduf troschelii</b>	Templado/Sur	30.5	19.2	6.44	0.0630
<i>Achirus mazatlanus</i>	Cálido/Sur	7.0	7.6	4.35	0.4310
<i>Aluterus scriptus</i>	Templado/Sur	8.3	7.2	4.03	0.2610
<i>Anchoa</i> sp.	Cálido/Norte	11.2	16.8	6.18	0.8450
<i>Apogon retrosella</i>	Cálido/Norte	13.5	9.0	5.06	0.1720
<i>Atherinella nepenthe</i>	Templado/Norte	4.2	6.4	2.89	1.0000
<i>Atherinella</i> sp.	Templado/Sur	11.1	6.3	2.82	0.1470
<i>Auxis</i> sp.	Cálido/Norte	8.6	15.3	6.51	0.9100
<i>Bairdiella</i> sp.	Templado/Norte	23.5	17.5	7.51	0.1800
<i>Balistes polylepis</i>	Cálido/Sur	17.1	9.7	5.43	0.1120
<b><i>Bregmaceros bathymaster</i></b>	<b>Templado/Norte</b>	<b>81.4</b>	<b>27.5</b>	<b>9.35</b>	<b>0.0010</b>
<i>Caranx caballus</i>	Cálido/Sur	5.4	7.7	4.10	0.6950
<i>Caranx sexfasciatus</i>	Templado/Norte	10.1	8.2	4.54	0.2560
<i>Caranx</i> sp1.	Templado/Sur	11.1	6.3	2.83	0.1480
<i>Citharichthys</i> sp.	Templado/Norte	12.5	7.5	4.24	0.1740
<i>Clarkichthys bilineatus</i>	Cálido/Norte	4.8	6.3	2.85	0.6360
<b><i>Cynoscion</i> sp.</b>	<b>Templado/Norte</b>	<b>30.2</b>	<b>14.8</b>	<b>7.03</b>	<b>0.0370</b>
<i>Chaenopsis alepidota</i>	Templado/Norte	4.2	6.2	2.79	1.0000



<i>Chaetodipterus zonatus</i>	Cálido/Sur	10.0	6.3	2.84	0.2990
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	Templado/Sur	50.7	10.3	5.16	0.0010
<i>Dactylagnus mundus</i>	Cálido/Sur	24.6	8.5	5.09	0.0200
Dactyloscopidae tipo1	Templado/Norte	4.2	6.2	2.79	1.0000
<i>Dactyloscopus</i> sp1.	Cálido/Sur	10.0	6.3	2.84	0.3020
<i>Diaphus</i> sp.	Cálido/Norte	4.8	6.3	2.81	0.6500
<i>Diodon</i> sp.	Cálido/Sur	6.8	7.1	3.84	0.7080
<i>Doryrhamphus excisus excisus</i>	Templado/Sur	11.1	6.4	2.88	0.1600
<i>Engraulis mordax</i>	Templado/Norte	39.4	16.5	7.23	0.0120
<i>Enneanectes sexmaculatus</i>	Cálido/Sur	23.3	16.2	6.28	0.1230
<i>Entomacrodus chiostictus</i>	Cálido/Norte	2.9	6.7	3.57	0.8570
<i>Etropus peruvianus</i>	Templado/Sur	5.7	7.9	4.42	0.6740
<i>Eucinostomus</i> sp.	Cálido/Sur	58.6	21.1	7.17	0.0020
Exocoetidae tipo1	Templado/Norte	4.2	6.3	2.81	1.0000
<i>Fistularia corneta</i>	Cálido/Sur	10.0	6.3	2.84	0.3020
<i>Gillellus semicinctus</i>	Cálido/Sur	13.8	11.4	5.55	0.2520
Gobiesocidae tipo1	Cálido/Norte	8.5	9.8	5.19	0.5740
Gobiesocidae tipo2	Templado/Norte	11.0	10.5	5.32	0.3690
Gobiesocidae tipo3	Templado/Norte	14.8	9.4	5.04	0.1620
Gobiesocidae tipo4	Templado/Sur	11.1	6.3	2.83	0.1480
Gobiesocidae tipo5	Cálido/Norte	9.0	8.3	4.88	0.3700
<i>Gobiesox eugrammus</i>	Templado/Sur	8.9	7.2	3.66	0.2120
<i>Gobiesox papillifer</i>	Cálido/Norte	8.1	12.6	5.94	0.8040
Gobiidae tipo1	Templado/Sur	5.7	7.6	4.45	0.5330
Haemulidae tipo1	Templado/Norte	10.9	8.7	5.15	0.2080
Haemulidae tipo2	Templado/Norte	12.1	16.8	6.64	0.7430
Haemulidae tipo3	Cálido/Sur	22.5	11.0	5.53	0.0530
Haemulidae tipo4	Cálido/Sur	5.1	6.9	3.61	0.6840
Haemulidae tipo5	Templado/Norte	4.2	6.1	2.76	1.0000
Haemulidae tipo6	Templado/Norte	4.2	6.1	2.76	1.0000
Haemulidae tipo7	Cálido/Sur	10.0	6.2	2.78	0.2870
<i>Halichoeres dispilus</i>	Templado/Norte	4.2	6.2	2.77	1.0000
<i>Halichoeres semicinctus</i>	Cálido/Norte	9.5	7.1	4.05	0.1540
<i>Halichoeres</i> sp1.	Templado/Norte	8.3	7.1	3.57	0.3710
<i>Harengula thrissina</i>	Cálido/Norte	7.8	13.3	5.43	0.9010
<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	Templado/Norte	4.2	6.3	2.83	1.0000
<i>Hypsoblennius</i> sp.	Templado/Sur	11.1	6.2	2.81	0.1370
Labrisomidae tipo1	Templado/Norte	20.1	21.9	8.52	0.5040
Labrisomidae tipo2	Templado/Norte	7.5	8.6	4.67	0.6660
Labrisomidae tipo3	Cálido/Norte	6.8	7.7	4.64	0.2350
Labrisomidae tipo4	Templado/Norte	19.4	9.8	5.25	0.0530
Labrisomidae tipo5	Templado/Sur	8.7	7.1	3.97	0.1950
Labrisomidae tipo6	Templado/Norte	4.2	6.2	2.81	1.0000
<i>Labrisomus xanti</i>	Templado/Norte	4.2	6.3	2.81	1.0000
<i>Larimus</i> sp1.	Templado/Norte	4.2	6.1	2.76	1.0000
<i>Larimus</i> sp2..	Templado/Norte	4.2	6.2	2.77	1.0000
<i>Lobotes surinamensis</i>	Cálido/Norte	4.8	6.1	2.77	0.6130
<i>Lutjanus peru</i>	Templado/Sur	6.6	15.0	6.51	0.9700
<i>Lythrypnus</i> sp.	Templado/Norte	4.2	6.4	2.88	1.0000
<i>Menticirrhus</i> sp.	Templado/Norte	4.2	6.3	2.81	1.0000
<i>Micropogonias</i> sp1.	Templado/Norte	13.4	8.6	4.73	0.1400



<i>Micropogonias</i> sp2.	Templado/Norte	4.2	6.2	2.81	1.0000
Monacanthidae tipo1	Templado/Norte	4.2	6.1	2.78	1.0000
Mugilidae tipo1	Templado/Sur	8.4	7.1	3.88	0.2110
Muraenidae tipo1	Cálido/Sur	10.0	6.3	2.84	0.3020
<i>Myxodagnus opercularis</i>	Templado/Sur	28.2	10.2	5.16	0.0090
Ophichthidae tipo1	Cálido/Sur	7.4	7.0	3.83	0.5490
Ophidiidae tipo1	Cálido/Norte	4.8	6.2	2.81	0.6250
<i>Opisthonema</i> sp.	Templado/Sur	22.2	9.0	4.25	0.0090
<i>Paraclinus</i> sp.	Cálido/Sur	10.0	6.2	2.80	0.2940
<i>Paralabrax nebulifer</i>	Templado/Norte	4.2	6.1	2.76	1.0000
<i>Paralichthys woolmani</i>	Templado/Norte	8.3	7.0	3.58	0.3230
<i>Pontinus furcirhinus</i>	Templado/Sur	9.4	7.2	3.89	0.2050
Sciaenidae tipo1	Templado/Norte	4.2	6.2	2.80	1.0000
Sciaenidae tipo2	Cálido/Norte	4.8	6.2	2.82	0.6180
<i>Selene peruviana</i>	Templado/Norte	8.3	7.0	3.71	0.3460
<i>Seriola</i> sp.	Cálido/Sur	3.3	6.9	3.85	1.0000
<i>Shymphurus</i> sp1	Templado/Norte	4.2	6.4	2.88	1.0000
<i>Shymphurus</i> sp2	Templado/Norte	8.3	6.9	3.44	0.3770
<i>Sphoeroides annulatus</i>	Cálido/Sur	10.0	6.2	2.78	0.2870
<i>Sphyaena ensis</i>	Cálido/Norte	9.5	7.1	4.00	0.2510
<i>Stegastes rectifraenum</i>	Cálido/Norte	14.3	7.5	4.05	0.1180
<i>Syacium latifrons</i>	Cálido/Norte	4.8	6.2	2.81	0.6250
<i>Symphurus williamsi</i>	Templado/Norte	4.2	6.3	2.86	1.0000
<i>Synodus evermanni</i>	Templado/Norte	4.2	6.1	2.76	1.0000
<i>Trachurus symmetricus</i>	Cálido/Sur	10.0	6.2	2.80	0.2910
<i>Umbrina</i> sp.	Templado/Norte	4.2	6.2	2.78	1.0000
<i>Vinciguerria lucetia</i>	Templado/Norte	10.2	8.5	4.89	0.2660
<i>Xenistius californiensis</i>	Templado/Sur	8.9	12.3	6.04	0.6100



**Figura 8.** Especies Indicadoras frente a Bahía Chamela y el conjunto de bahías Santiago-Manzanillo de agosto del 2001 a julio del 2002. **a)** Cálido/Norte, especies indicadoras del periodo cálido en Bahía Chamela; **b)** Cálido/Sur, especies indicadoras del periodo cálido en Santiago-Manzanillo; **c)** Templado/Norte, especies indicadoras del periodo templado en Bahía Chamela; **d)** Templado/Sur, especies indicadoras del periodo templado en Santiago-Manzanillo.



---

---

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1 Marco Ambiental

Las propiedades físico-químicas y biológicas de las bahías de Chamela y Santiago-Manzanillo fueron inducidas por la variabilidad local ambiental y el patrón de corrientes, que a su vez caracterizó a la región en dos periodos climáticos definidos de noviembre a mayo (templado) y de junio a octubre (cálido). El periodo Cálido, posiblemente este relacionado con la influencia de la Corriente Costera de Costa Rica, que se encuentra más desarrollada de agosto a diciembre, de acuerdo con Wirtky (1966) y Badan (1997), y simultáneamente con el incremento en la irradiación solar e intercambio de calor océano-atmósfera que ocurre de junio a diciembre, de acuerdo con Filonov *et al.* (2000). Estos autores, han identificado que entre junio y diciembre la columna de agua se encuentra estratificada. De acuerdo a lo anterior, esta estratificación podría ser la causa de la limitación de nutrientes, clorofila-*a* y biovolumen zooplanctónico observada en el presente trabajo, y considerarse al periodo cálido como oligotrófico. Al igual que ocurre en otras regiones donde los nutrientes quedan atrapados en las capas más profundas, por debajo de las aguas estratificadas; y por consiguiente la incorporación de nutrientes esenciales para la producción primaria son limitantes (Bakun, 1996).

En contraste, el periodo templado podría estar relacionado por la disminución en el flujo de la Corriente Costera de Costa Rica (Wirtky, 1966), y por la baja temperatura del aire y efecto del viento que facilitan el rompimiento de la termoclina y el enfriamiento de la capa superficial del mar (Filonov *et al.*, 2000). Esto coincide con el incremento de nitratos, clorofila-*a* y biovolumen del zooplancton en la zona de estudio durante el periodo templado; como es explicado por Bakun (1996) que durante el invierno el enriquecimiento de la columna de agua, se origina del enfriamiento de la capa superficial del mar que se hace más densa, con respecto a la capa subsuperficial, generando la mezcla de la columna



de agua y la intrusión de nutrientes. Otro proceso que pudiera estar influyendo en la intrusión de nutrientes sería el efecto de mareas de acuerdo con Bakun (1996), que genera turbulencia en las regiones poco profundas, resuspendiendo los nutrientes acumulados en el fondo.

La variabilidad ambiental de las costas de Jalisco y Colima también puede deberse a su localización geográfica situada dentro de una zona frontal que abarca entre los 18° y 28°N, entre aguas frías por el norte con fluctuaciones bien marcadas, y cálidas por el sur, donde las fluctuaciones son menores (McLain *et al.*, 1985). De esta forma es como la alternancia en las características oceanográficas (Cálido/Templado) y su influencia en los ciclos biológicos de las especies, es similar a lo observado en zonas subtropicales y templadas (Martínez-López *et al.*, 2001; Smith y Eppley, 1982; Hernández-Miranda *et al.*, 2003). Sin embargo, la dinámica oceánica de las costas de Jalisco y Colima ha sido poco estudiada y debido a esto, falta por entender como la circulación de corrientes y procesos atmosféricos locales contribuyen en la productividad del área.

## **8.2. Caracterización del patrón *espacial* de la asociación de larvas de peces en relación a las condiciones ambientales**

Las técnicas multivariantes de semejanza ecológica y ordenamiento, utilizadas para analizar la asociación de las larvas de peces y los factores ambientales que influyen en la organización de dichas asociaciones, reflejaron un cambio latitudinal en la composición de las asociaciones y abundancia de las especies en el área de estudio. Esto es, las localidades de muestreo ubicadas frente a Bahía Chamela (zona “Norte”) se caracterizaron por presentar un grupo de especies de diferente tipo de hábitat (*Bregmaceros bathymaster*, *Bairdiella* sp., *Cynoscion* sp. *Engraulis mordax* y Labrisomidae tipo1); esta asociación es relacionada con la zona de mayor concentración de nitratos y biovolumen zooplanctónico. En cambio, las localidades del conjunto de bahías Santiago-



Manzanillo (zona “Sur”) presentan una asociación del larvas de peces que fue conformada principalmente por especies de hábitat lagunar (*Eucinostomus* sp., *Abudefduf troschelii*, Haemulidae tipo 2 y 3, y *Enneanectes sexmaculatus*), relacionadas con una alta precipitación pluvial y temperatura superficial del mar.

Si bien las características ambientales influyeron en la organización espacial y composición de las asociaciones de larvas de peces de cada bahía, también se encontró que el factor principal que interviene en la composición de las asociaciones es la ubicación geográfica de las localidades de muestreo. Dado que las localidades ubicadas al norte del área de estudio situadas sobre la línea de costa frente a Bahía Chamela, presentaron una mezcla de especies de diferentes hábitats (pelágico costero, aguas poco profundas de bahías y lagunas) probablemente ocasionada por la conjunción de aguas de diferentes orígenes, como lo indica el incremento en la riqueza, debido a la presencia de algunas especies mesopelágicas (*Vinciguerria lucetia* y *Diaphus* sp.) y oceánicas (Exocoetidae tipo 1, *Auxis* sp.) de manera esporádica y en bajas abundancias.

La asociación de larvas cuyos adultos pertenecen a diferentes tipos de hábitat frente a Bahía Chamela podría estar indicando una zona de transición, como ha sido reportado para otras regiones, donde las especies que conforman las asociaciones reflejan un gradiente costa-océano. Este gradiente es definido por agrupaciones integradas por especies que son típicamente de origen lagunar, separadas de aquellas de origen oceánico por agrupaciones integradas por la combinación de ambas, básicamente en función de la topografía y la amplitud de la plataforma continental (Richardson *et al.*, 1980; Sabatés, 1990; Sanvicente-Añorve *et al.*, 1998; Funes-Rodríguez *et al.*, 2002; Franco-Gordo *et al.*, 2002; y Marancik, 2005). En el presente estudio no se puede identificar un gradiente costa-océano como tal, debido a que el plan de estaciones esta limitado a la zona costera.



Por otro lado, en Santiago-Manzanillo, donde la ubicación de las estaciones de muestreo se encuentran al interior del conjunto de bahías, el intercambio con la zona nerítica adyacente parece ser menor y en consecuencia, las especies de hábitat lagunar y submareal-intermareal son numéricamente dominantes. De tal forma que la fisiografía de la zona costera influye en la conformación de las asociaciones entre la zona Norte y la zona Sur. Es importante destacar que en ambas zonas las agrupaciones son conformadas principalmente por larvas de peces cuyos adultos pertenecen al hábitat costero.

La distribución de las larvas en la zona costera suele ser comúnmente heterogénea, como es reportado en diferentes regiones donde la estructura de la plataforma es variable, y esto refleja la coexistencia de un gran número de especies de diferente hábitat (Sabatés, 1990; Hernández-Miranda *et al.*, 2003); los resultados encontrados en el presente estudio sugieren la necesidad de evaluar los diferentes procesos oceánicos que afectan el transporte y dan origen a los diferentes tipos de asociaciones en las costas de Jalisco y Colima.

Estudios recientes realizados por Filonov *et al.* (1996) confirman la generación de ondas internas que propagan la energía principalmente en dirección de la costa, y son las responsables de la homogeneización de la columna de agua en la zona de estudio. En este sentido, las zonas de mezcla son reconocidas por presentar las mejores condiciones para el desarrollo de larvas de peces, no obstante, el desove se lleva a cabo en sitios estables y estratificados, donde los huevos son transportadas por corrientes hacia la zonas de crianza (Grioche *et al.*, 1999) y de esta manera pudieran aumentar el potencial de crecimiento y disminuir la tasa de depredación en los denominados “sitios seguros” por Frank y Legget (1983).

Otros procesos oceánicos que pudieran influir en el transporte o retención de organismos del plancton, es la formación de giros anticiclónicos originados por inestabilidades en el flujo de la Corriente Costera de Costa Rica (Zamudio *et al.*,



2001), además del efecto de isla (Isla Pajarera) en la retención y crianza, como es sugerido por Boehlert *et al.* (1992) y Castro y Landaeta (2002) en trabajos realizados en islas oceánicas. No obstante, en la zona de estudio el efecto de los procesos oceánicos en la dinámica del plancton no ha sido documentado, pero se ha observado que en las zonas costeras pudieran ocurrir múltiples procesos que interactúan sobre un amplio intervalo de escalas espacio-temporales, y que influyen en los procesos biológicos (Denman y Powell, 1984).

### **8.3 Caracterización del patrón *temporal* de la asociación de larvas de peces en relación a las condiciones ambientales**

La exploración realizada con los análisis multivariantes identificó una temporalidad en las asociaciones de larvas de peces que corresponde al ciclo anual de variación de las características ambientales de la zona. Las asociaciones de larvas de peces descritas en este estudio pueden ser consideradas como indicadores de la variabilidad temporal por coexistir durante periodos con características hidrográficas particulares.

La alternancia temporal de las asociaciones de larvas ha sido relacionada anteriormente con el patrón de corrientes superficiales del Pacífico Tropical Oriental (Franco-Gordo *et al.*, 2002). En este sentido, el presente estudio confirma que la conformación de las asociaciones de larvas tiene relación con el patrón de circulación de corrientes que modifican las condiciones ambientales locales; en particular, referida a los cambios anuales en la intensidad de la Corriente Costera de Costa Rica (Wirtky, 1966). De este modo, el presente estudio sugiere que el cambio estacional de las propiedades oceanográficas locales como son: la variabilidad en la temperatura, la concentración de nutrientes y abundancia del plancton; son consistentes con los cambios en la composición y abundancia de los individuos dentro de las asociaciones de larvas de peces.



Durante el periodo templado se observó una agrupación de especies en coincidencia con la mayor concentración de nutrientes, clorofila-*a* y biovolumen del plancton (*E. mordax*, *B. bathymaster*, *C. orqueta*, *Cynoscion* sp. y *Bardiella* sp.). Los individuos de esta asociación que caracteriza el periodo templado fueron más numerosos en mayo, en coincidencia con el término del periodo templado, y el inicio del periodo cálido cuando la concentración de nutrientes y el biovolumen del plancton fueron comparativamente más abundantes. En contraste, las especies que predominan durante el periodo cálido ocurren en un ambiente con escasos nutrientes y bajas densidades de biovolumen del plancton (*Eucinostomus* sp. y *Harengula thrissina*). A este respecto, se ha dicho que la calidad del hábitat es importante en la selección del área y época de reproducción de los adultos, y puede ser utilizada por especies que comparten requerimientos comunes (Fuiman y Werner, 2002).

Estudios realizados para explicar la supervivencia y el éxito en el reclutamiento, señalan que las especies responden a ciclos de producción del ambiente (Frank y Legget, 1983; Somarakis *et al.*, 2000; Hernández-Miranda *et al.*, 2003), como es la sincronía entre los productos del desove de los peces con su alimento propuesta por Cushing (1990). En tanto que Johannes (1978) identifica un periodo en que usualmente un gran número de especies se reproducen simultáneamente (“máximos de desove sincronizados”). Mientras que, existe otras estrategias como es presentar una reproducción extendida a lo largo del año, que implica soltar camadas múltiples en situaciones donde la disponibilidad de presa es relativamente incierta, como ocurre en algunas especies tropicales (Lauth y Olson, 1996).

Por otra parte, la alternancia temporal es reconocida por diferentes autores con base en los cambios en la estructura de la columna de agua, que se manifiesta en sus propiedades físico-químicas y biológicas y que varía dependiendo del área de estudio (Lazzari, 2000; Hernández-Miranda *et al.*, 2003; Feyrer, 2004). Durante el periodo templado, la conjunción biotas de diferente



afinidad biogeográfica (tropical-subtropical y transicional) puede estar asociada con el debilitamiento de la Corriente Costera de Costa Rica (Wirtky, 1966; Badan, 1997) y una disminución de la temperatura superficial del mar por el esfuerzo del viento durante el periodo templado, que facilita el rompimiento de la termoclina y el enfriamiento de la capa superficial del mar (Filonov *et al.*, 2000), y la intrusión de nutrientes e incremento en la producción biológica, similar a lo que ocurre en otras regiones marinas (Bakun, 1996; Martínez-López *et al.*, 2001; Smith y Eppley, 1982; Hernández-Miranda *et al.*, 2003).

La intrusión de larvas de peces de afinidad transicional como *Engraulis mordax* y *Trachurus symmetricus* en la zona de estudio, pudiera ser explicada por una expansión de su hábitat y distribución de los adultos como consecuencia del evento de enfriamiento La Niña (2000-2001) (Schwing *et al.*, 2002; [www.cdc.noaa.gov/](http://www.cdc.noaa.gov/)), ó por que sus larvas pudieron haber sido transportadas por giros (Zamudio *et al.*, 2001) y ramificaciones de la Corriente de California (Kessler, 2004), lo cual explicaría la presencia de ambas especies al norte del área de estudio.

En cambio, durante el periodo cálido la asociación de larvas fue de origen principalmente tropical que es consistente con el máximo desarrollo de la Corriente Costera de Costa Rica (Wirtky, 1966; Badan, 1997) y la estratificación de la columna de agua frente a las costas de Jalisco y Colima (Filonov *et al.*, 2000). Esto probablemente limita la intrusión de nutrientes y el incremento en los ciclos de producción del plancton como ocurre en otras regiones (Bakun, 1996; Mantínez-Lopéz *et al.*, 2001; Hernández-Miranda *et al.*, 2003). De esta forma, se sugiere que la variabilidad térmica puede ser un precursor importante de la reproducción de las especies, y consecuentemente de la estructura de las asociaciones, como ha sido descrito en estudios realizados en diferentes regiones (Walker *et al.*, 1987; Funes-Rodríguez *et al.*, 1998; Lazzari, 2000; Feyrer, 2004; Marancik, 2005).



La variabilidad temporal de las asociaciones del presente trabajo fue consistente con lo reportado por Franco-Gordo *et al.* (2002). Sin embargo, la especies que integraron las asociaciones difieren, debido a que el plan de muestreo es diferente en cuanto a su cobertura, localización de las estaciones y metodología, además de la limitante en ambos trabajos, en cuanto al nivel de identificación de las especies. En este estudio, el plan de muestreo se localiza en zonas poco profundas, a diferencia del trabajo anterior que incluye estaciones cerca del talud continental, dando como resultado la presencia de individuos de origen oceánico y mesopelágicos en sus asociaciones.

#### **8.4 Especies Indicadoras**

El valor indicador de las especies puede estar relacionado con su capacidad fisiológica como es sugerido por Turín *et al.* (1991), dado que, si un especie presenta un valor indicador alto (>25%) se infiere que son tolerantes a una reducida gama de hábitat (estenotópicas), y por el contrario, aquellas con un menor valor indicador son fisiológicamente tolerantes a una amplia variedad del hábitat (euritópicas). Así, es como las especies indicadoras pueden ser utilizadas como una medida de la tolerancia en estudios de conservación biológica, o salud ambiental (Dufrêne y Legendre, 1997), y como herramienta en el monitoreo del ecosistema marino, para evaluar el impacto de los cambios climáticos ó antropogénicos (Beaugrand *et al.*, 2002; Dufrêne y Legendre, 1997).

Las especies determinadas como indicadoras del grupo Templado/Norte (*Bregmaceros bathymaster*, *Engraulis mordax*, *Cynoscion* sp. y Labrisomidae tipo4), se encontraron en un ambiente caracterizado por una mayor concentración de nutrientes, clorofila-a y biovolumen zooplanctónico, mientras que las especies indicadoras del grupo Templado/Sur (*Chloroscombrus orqueta*, *Abudefduf troscheli*, *Myxodagnus opercularis* y *Opisthonema* sp), y Cálido/Sur (*Eucinostomus* sp. y *Dactylagnus mundus*) en ambientes donde los nutrientes y biovolumen



zooplanctónico fueron escasos. Al respecto, Dufrêne y Legendre, (1997) y Niemi y McDonald (2004) sugieren que el resultado del análisis de especies indicadoras puede ser utilizado como información de la preferencia de hábitat y requerimientos de las especies. En este sentido, las larvas de *Engraulis mordax* de afinidad transicional y de hábitat pelágico costero, cuya presencia en esta área no había sido registrada, pudieran ser indicadoras de ciertas características ambientales durante periodos relativamente fríos, al igual que, *Bregmaceros bathymaster* especie de afinidad subtropical y de hábitat costero que puede encontrarse hasta los 1000 m de profundidad. Ambas especies podrían estar presentando los mismos requerimiento para su reproducción como son; la menor temperatura superficial del mar y la mayor producción biológica, además de estar presentes en una zona transicional donde existe un mayor intercambio entre aguas oceánicas y costeras.

Por otro lado, *Chloroscombrus orqueta* especie de afinidad subtropical que habita en las zonas costeras y aguas salobre incluyendo lagunas y manglares; *Abudefduf troscheli*, de afinidad tropical que habita en arrecifes de coral y rocas; y *Myxodagnus opercularis* de afinidad tropical y de hábitat demersal; también se presentaron durante el periodo templado, pero en una zona con condiciones oceanográficas diferentes (mayor temperatura superficial del mar y baja producción biológica), donde el intercambio con la zona nerítica adyacente parece ser menor y en consecuencia es más estable.

## 9. CONCLUSIONES

- La organización **espacial** de las asociaciones de las larvas de peces identificó un cambio latitudinal que es en principio debido a la influencia de las características hidrológicas, y principalmente relacionado con la ubicación geográfica de las estaciones frente a Bahía Chamela, y otra que es propia del complejo de bahías Santiago-Manzanillo.



- La asociación de especies frente a Bahía Chamela fue integrada por una mezcla de especies de diferente tipo de hábitat, en un ambiente caracterizado por una mayor concentración de nitratos y biovolumen zooplanctónico, y la otra asociación fue típica de Santiago-Manzanillo dominada por especies del hábitat lagunar e intermareal-submareal, en estrecha relación con una alta precipitación pluvial y temperatura superficial del mar.
- La organización **temporal** de las asociaciones identificó una alternancia entre un periodo templado y otro cálido, que tiene relación con el patrón de circulación de corrientes superficiales y la variación en las condiciones ambientales locales.
- La asociación de larvas de peces durante el periodo templado fue conformada por especies de afinidad tropical-subtropical y transicional, en un ambiente caracterizado por una alta concentración de nitritos, clorofila-a y biovolumen zooplanctónico, y la asociación presente durante el periodo cálido fue integrada por especies de afinidad tropical-subtropical, en un medio caracterizado por una alta precipitación pluvial y temperatura superficial del mar.
- Las especies indicadoras del periodo templado en Bahía Chamela fueron las larvas de *Bregmaceros bathymaster*, *Engraulis mordax*, *Cynoscion* sp. y Labrisomidae tipo4, mientras que no existe ninguna especie indicadora durante el periodo cálido en Chamela. Las especies indicadoras del periodo templado en Santiago-Manzanillo fueron *Chloroscombrus orqueta*, *Abudefduf troschelii*, *Myxodagnus opercularis* y *Opisthonema* sp. y en el periodo cálido las larvas de *Eucinostomus* sp. y *Dactylagnus mundus*.



---

---

## 10. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Acal, E. D. 1991. Abundancia y diversidad del ictioplancton en el Pacífico centro de México, Abril 1981. *Cien. Mar.* 17(1): 25-50.
- Aceves-Medina, G., S. P. A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna, D. Lluch-Belda, P. E. Smith y W. Watson. 2003. Fish larvae from the Gulf of California. *Sci. Mar.* 67(1): 1-11.
- Aceves-Medina, G., A. Hinojosa-Medina, S. P. A. Jiménez-Rosenberg, R. Funes-Rodríguez, R. Saldierna-Martínez y P. Smith. 2004. Fish larvae assemblages in the Gulf of California. *J. Fish Biol.* 65: 1 –16.
- Aguilar-Palomino, B., J. Mariscal-Romero, G. Gonzáles-Sasón y L. E. Rodríguez-Ibarra. 1996. Ictiofauna demersal de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México, en la primavera de 1995. *Cien. Mar.* 22(4): 469-481.
- Ahlstrom, E. H., 1971. Kinds and abundance of fish larvae in the Eastern Tropical Pacific, based on collections made on Eastropac I. *Fish. Bull.* 69(1): 3-77.
- 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. *Fish. Bull.* 70(4): 1153-1242.
- Ahlstrom, E. H. y O. P. Ball. 1954. Description of eggs and larvae of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. *Fish. Bull.* 56: 285-402.
- Anónimo. 1968. Hydrology of the Pacific Ocean. Nauka, Moscow. 524p.
- Badan, A. 1972. Interpretación de los datos obtenidos por medio de botellas de deriva en el sistema de la Corriente de California. Tesis de Licenciatura. UABC. 26p.
- Badan, A. 1997. La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. En: M. F. Lavín (ed.), *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana. 99-112.



- Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. Univ. Calif. Sea Grant, San Diego, in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B. C. S., México. 323p.
- Beaugrand, G., F. Ibañez, J. A. Lindley y P. C. Reid. 2002. Diversity of calanoid copepods in the North Atlantic and adjacent seas: species associations and biogeography. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 232: 179-195.
- Beers, J. R. 1976. Volumetric methods. En: H. F. Steedman (ed.). *Zooplankton, fixation and preservation. Monographs on ocean. Method. No. 4.* Paris: UNESCO press. 56-60.
- Beltrán-León, B. S. y R. Ríos-Herrera. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Buenaventura-Colombia. I y II. 727p.
- Blanco-Alonso, M. A. y J. Madrid-Hernández. 2004. Evaluación espacio-temporal de la biomasa del fitoplancton y nutrientes en la costa central de Jalisco y Manzanillo, Colima. Tesis de Licenciatura. Univ. de Guadalajara. CUCBA, Jalisco. 37p.
- Boehlert, G. W., W. Watson y L. C. Sun. 1992. Horizontal and vertical distributions of larval fishes around an isolated oceanic island in the tropical Pacific. *Deep-Sea Res.* 39(3/4): 439-466.
- Bolin, R. 1936. Embryonic and early larval stages of the California anchovy. *Calif. Fish Game.* 22: 314-321.
- Brogan, M. W. 1992. Ecology of larval fishes around reefs in the Gulf of California, México. Univ. of Arizona. 161p.
- Castro, L. R. y M. F. Landaeta. 2002. Patrones de distribución y acumulación larval en torno de las islas oceánicas: Isla de Pascua y Salas y Gómez. *Cienc. Technol. Mar.* 25: 133-147.
- Crisci, J. V. y M. F. López-Armengol. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría General de la organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D. C. 133p.



- Cushing, D. H. 1990. Plankton production and years-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Adv. Mar. Biol.* 26: 250-293.
- Denman, K. L. y T. M. Powell. 1984. Effects of physical ecosystems in the coastal ocean. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 22: 125-168.
- Defant, A. 1936. Stratification and circulation of the Atlantic Ocean: The troposphere. *Scientific Results of the German Atlantic Expedition of the Research Vessel "Meteor" 1925-27.* 6 (1): 113p.
- Dufrêne, M. y P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.* 67 (3): 345-366.
- Eschmeyer, W. N. 1998. *Catalog of the Genera of Recent fishes.* Calif. Acad. Sci. San Francisco. 986p.
- Feyrer, F. 2004. Ecological segregation of native and alien larval fish assemblages in the southern Sacramento- San Joaquin Delta. *Am. Fish. Soc. Symp.* 39: 67-79.
- Field, J. G., K. R. Clarke y R. M. Warwick. 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8: 37-52.
- Filonov, A. E., C. Monzón y I. Tereshchenko. 1996. Acerca de las condiciones de generación de las ondas internas de marea en la costa occidental de México. *Cienc. Mar.* 22(3): 225-272.
- Filonov, A. E., I. E. Tereshchenko, C. O. Monzón, M. E. Gonzáles-Ruelas y E. Godínez-Domínguez. 2000. Variabilidad estacional de los campos de temperatura y salinidad en la zona costera de los estados de Jalisco y Colima, México. *Cienc. Mar.* 26(2): 303-321.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem, eds. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca.* Pacífico Centro Oriental. FAO II y III (1-2): 649-1813.
- Flores-Vargas, R., M. C. Navarro-Rodríguez, S. Hernández-Vázquez, R. Saldierna-Martínez y R. Funes-Rodríguez. 2004. Distribución y abundancia de larvas de pleuronectiformes en la costa de Jalisco y Colima, México. *Bol. Centro Invest. Biol.* 38(2): 65-80.



- Franco-Gordo, C., E. Godínez-Domínguez y E. Suárez-Morales. 2002. Larval fish assemblages in waters off the central Pacific coast México. *J. Plank. Res.* 24(8): 775-784.
- Franco-Gordo, C., E. Godínez-Domínguez, A. E. Filonov, I. E. Tereshchenko y J. Freire. 2004. Plankton biomass and larval fish abundance prior to and during the El Niño period of 1997-1998 along the central Pacific coast of México. *Prog. Oceanogr.* En prensa
- Franco-Gordo, C., E. Suárez-Morales, E. Godínez y R. Flores-Vargas. 2000. A seasonal survey of the fish larvae community of the central Pacific coast of México. *Bull. Mar. Sci.* 67: 1-14.
- Franco-Gordo, C., 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., R. Flores-Vargas, C. Navarro-Rodríguez, R. Funes-Rodríguez y R. Saldierna-Martínez. 1999. Ictioplancton de las costas de Jalisco y Colima, México (diciembre 1995 a diciembre 1996). *Cien. Mar.* 25(1): 107-118.
- Frank, K. T. y W. C. Leggett. 1983. Multispecies larval fish associations: accident or adaptation?. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 754-762.
- Fuiman, L. E. y R. G. Werner. 2002. *Fishery Science. The unique contributions of early life stages.* Blackwell Science. 325p.
- Funes-Rodríguez, R., A. Hinojosa-Medina, G. Aceves-Medina, R. Saldierna-Martínez y M. Hernández-Rivas. 2004. Diagnósis taxonómica y distribución de la abundancia de los primeros estadios de vida de los peces pelágicos menores. En: C. Quiñónez-Velázquez, y J. F. Elorduy-Garay (eds.). *Ambiente y pesquería de pelágicos menores en el noroeste de México.* CICIMAR-IPN. La Paz, B. C. S. 27-56.
- Funes-Rodríguez, R., A. Hinojosa-Medina, R. Avendaño-Ibarra, M. Hernández-Rivas, R. Saldierna-Martínez y W. Watson. 2001. Spawning of small pelagic fishes in Bahía Magdalena, Baja California Sur, México, at the beginning of the 1997-1998 El Niño event. *Est. Coast. Shelf Sci.* 53: 653-664.



- Funes-Rodríguez, R., C. Flores-Coto, A. Esquivel-Herrera, M. A. Fernández-Alamo y A. García-Gásca. 2002. Larval fish community structure along the west coast of Baja California during and after the El Niño event (1983). *Bol. Cienc. Mar.* 70(1): 41-54.
- Funes-Rodríguez, R., R. González-Armas y R. Avendaño-Ibarra. 1998. Distribución y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar de bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica.* 8(1): 55-66.
- Graig, P. D. 1987. Solution for internal tidal generation over coastal topography. *J. Mar. Res.* 45(1): 83-105.
- Grioche, A., P. Koubbi y X. Harlay. 1999. Spatial patterns of ichthyoplankton assemblages along the eastern English Channel/French coast during spring 1995. *Est. Coast. Shelf Sci.* 49: 141-152.
- Grothues, T. M. y R. K. Cowen. 1999. larval fish assemblages and water mass history in a major faunal transition zone. *Cont. Shelf Res.* 19: 1171-1198.
- Hernández-Miranda, E., A. T. Palma y F. P. Ojeda. 2003. Larval fish assemblages in nearshore coastal waters off central Chile: temporal and spatial patterns. *Est. Coast. Shelf Sci.* 56: 1075-1092.
- Johanes, R. E. 1978. Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Environ. Biol. Fish.* 3: 65-84.
- Kessler, W. S. 2004. The circulation of the eastern tropical Pacific: a review. Pacific Marine Environmental Laboratory. NOAA. Seattle W. A. U. S.A. (en prensa).
- Lauth, R. R. y R. J. Olson. 1996. Distribución y abundancia de escómbridos larvales en relación al ambiente físico en el noroeste del Recodo de Panamá. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm.* 21(3): 149-167.
- Lawton, J. H. y K. J. Gaston. 2001. Indicators species. En: *Encyclopedia of Biodiversity*, (ed.) S. Levin. San Diego: Academic. 3: 437-450.
- Lazzari, M. A. 2000. Dynamics of larval fish abundance in Penobscot Bay, Maine. *Fish. Bull.* 99: 81-93.
- Legendre, P. y L. Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. Second English edition. ELSEVIER SCIENCE B. V. Amsterdam. 853p.



- Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology. A primer on methods and computing. A WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION. 337p.
- Marancik, K. E., L. M. Clough y J. A. Hare. 2005. Cross-shelf and seasonal variation in larval fish assemblages in the southeast United states continental shelf off the coast of Georgia. *Fish. Bull.* 103: 108-129.
- Martínez-López, A., R. Cervantes-Duarte, A. Reyes-Salinas y J. E. Valdez-Holguín. 2001. Cambio estacional de clorofila a en la Bahía de la Paz, B. C. S., México. *Hidrobiológica*. 11(1): 45-52.
- McCune, B. y M. J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecology Data. Version 4.0. MjM Software. Gleneden Beach. Oregon, USA.
- McCune, B. y J. B. Grace. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon. 300p.
- McLain, D. R., R. E. Brainard y J. G. Norton. 1985. Anomalous warm events in eastern boundary current systems. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Data Rep.* 26: 51-64.
- Moser, H. G., ed. 1996. The early stages of fishes in the California Current Region. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Atlas* 33. 1505p.
- Moser, H. G., P. E. Smith y L. E. Eber. 1987. Larval fish assemblages in the California region, 1954-1960, a period of dynamic environmental change. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Data Rep.* 28: 97-127.
- Moser, H. G. y P. E. Smith. 1993. Larval fish assemblages of the California Current region and their horizontal and vertical distributions across a front. *Bull. Mar. Sci.* 53(2): 645-691.
- Navarro-Rodríguez, M. C., S. Hernández-Vázquez, R. Funes-Rodríguez, y R. Flores-Vargas. 2001. Distribución y abundancia de larvas de peces de la familia Haemulidae, Sciaenidae y Carangidae de la plataforma continental de Jalisco y Colima. *Bol. Centro Invest. Biol.* 35(1): 1-24.
- Nelson, G. J. 1994. *Fishes of the world*. John Wiley and Sons, New York. 600 p.
- Niemi, G. J. y M. E. McDonald. 2004. Application of ecological indicators. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35: 89-111.



- Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariantes. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U. Madrid. 539p.
- Poulain, P. M., J. D. Illeman y P. P. Niiler. 1987. Drifter observations in the California Current system (1985-1986). Scripps Institution of Oceanography. Ref. 87-27. 72p.
- Richardson, S. L., J. L. Laroche y M. D. Richardson. 1980. Larval fish assemblages and association in the North-east Pacific Ocean along the Oregon coast, winter-spring 1972-1975. Est. Coast. Mar. Sci. 2: 671-699.
- Ríos-Jara, E., E. Juárez-Carrillo y M. Pérez-Peña. 1996. Panorama de la pesca en la zona costa de Jalisco. Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Jalisco. 59p.
- Sabatés, A. 1990. Distribution pattern of larval fish populations in the Northwestern Mediterranean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 59: 75-82.
- Sanvicente-Añorve L., C. Flores-Coto y L. Sánchez-Velasco. 1998. Spatial and seasonal patterns of larval fish assemblages in the southern Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci. 62(1): 17-30.
- Schwing B.F., T. Murphree., L. de Witt., y Ph. M. Green. 2002. The evolution of oceanic and atmospheric anomalies in the northeast Pacific during the El Niño and La Niña events of 1995-2001. Progr. Oceanogr. 54: 459-491.
- Silva-Segundo, C. A. 2003. Estructura de la comunidad ictioplanctónica de Bahía Chamela, Jalisco y Bahía Manzanillo, Colima (ciclo 2001-2002). Tesis de Licenciatura. Univ. de Guadalajara. CUCBA, Jalisco. 77p.
- Silva-Segundo, C. A., R. Funes-Rodríguez, E. G. Robles-Jarero y E. Ríos-Jara. Ictioplancton en las Bahías de Chamela, Jalisco y Manzanillo, Colima (ciclo 2001-2002). (en prensa). En: "Recursos Marinos y Acuícolas de la Región de Jalisco, Colima y Michoacán", Jiménez-Quiroz, M. C., Espino-Barr, E. y Guzmán-Barrera, R. M. (editores). Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Manzanillo, Colima. Instituto Nacional de la Pesca.
- Smith, P. E. y R. W. Eppley. 1982. Primary production and the anchovy population in the Southern California Bight: comparison of times series. Limnol. Oceanogr. 27: 1-17



- Smith, P. E. y S. L. Richardson. 1977. Standard techniques for pelagic fish and larva survey. FAO Fish. Tech. Pap 175. Roma. 99p.
- Somarakis, S., E. Maraveya y N. Tsimenides. 2000. Multispecies ichthyoplankton associations in epipelagic species: is there any intrinsic adaptive function?. Belg. J. Zool. 130(1): 125-129.
- Strickland, J. D. H. y T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bulletin 167 (second edition). Ottawa. Fish. Res. Board Can. 310p.
- Ter Braak, J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology. 67(5): 1167-1179.
- Turin, H., k. Alders, P. J. Den Boer, S. Van Essen, Th. Heijerman, W. Laane y E. Penterman. 1991. Ecological characterization of carabid species (Coleoptera, Carabidae) in the Netherlands from thirty year of pitfall sampling. Tijdschrift voor Entomologie. 134: 279-304.
- Walker, H. J., W. Watson y A. M. Barnett. 1987. Seasonal occurrence of larval fishes in the nearshore southern California Bight off San Onofre, California. Est. Coast. Shelf Sci. 25: 91-109.
- Ward, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. J. Am. Stat. Assoc. 58(301): 236-244.
- Wirtky, K. 1965. Summary of the physical oceanography of the eastern Pacific Ocean. Ins. Mar. Res. Oceanogr. Universidad de California, San Diego. Ref. 65(10). 78 p.
- Wirtky, K. 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 4: 33-68.
- Zamudio, L., A. P. Leonardi, S. D. Meyers y J. J. O'Brien. 2001. ENSO and Eddies on the Southwest Coast of Mexico. Geophys. Res. Letts. 28(1): 13-16.



## 11. ANEXOS

**Anexo A.** Listado sistemático de larvas de peces en las costas de Jalisco y Colima, de agosto del 2001 a julio del 2002 (Silva-Segundo, 2003). Hábitat de los adultos: A-arrecife; IS-intermareal-submareal; DN-demersal nerítico; PC-pelágico costero; E-epipelágico y M-mesopelágico (Eschmeyer *et al.*, 1983).

Orden	Familia	Especie o tipo	Hábitat
Anguilliformes	Muraenidae	tipo 1	A
	Ophichthidae	tipo 1	IS
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Harengula thrissina</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC
		<i>Opisthonema</i> sp. (Günther, 1867)	PC
	Engraulidae	<i>Anchoa</i> sp.	PC
		<i>Engraulis mordax</i> (Girard, 1854)	PC
Stomiiformes	Phosichthyidae	<i>Vinciguerria lucetia</i> (Garman, 1899)	M
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus evermanni</i> (Jordan y Bollman, 1890)	DN
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Diaphus</i> sp.	M
Gadiformes	Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros bathymaster</i> (Jordan y Bollman, 1890)	PC
Ophidiiformes	Ophidiidae	tipo 1	DN
Gobiesociformes	Gobiesocidae	<i>Gobiesox papillifer</i> (Gilbert, 1980)	IS
		<i>Gobiesox eugrammus</i> (Briggs, 1955)	IS
		tipo 1, 2, 3, 4 y 5	IS
Atheriniformes	Atherinidae	<i>Atherinella nepenthe</i> (Myers y Gilbert, 1881)	IS
		<i>Atherinella</i> sp.	IS
Beloniformes	Exocoetidae	tipo 1	E
Syngnathiformes	Fistulariidae	<i>Fistularia corneta</i> (Gilbert y Starks, 1904)	DN
	Syngnathidae	<i>Doryrhamphus excisus excisus</i> (Kaup, 1856)	A
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Pontinus furcirhinus</i> (Garman, 1899)	DN
Perciformes	Serranidae	<i>Paralabrax nebulifer</i> (Girard, 1854)	A
	Apogonidae	<i>Apogon retrosella</i> (Gill, 1863)	A
	Carangidae	<i>Caranx caballus</i> (Gunther, 1868)	PC
		<i>Caranx</i> sp.	PC
		<i>Caranx sexfasciatus</i> (Quoy y Gaimard, 1825)	PC
		<i>Chloroscombrus orqueta</i> (Jordan y Gilbert, 1883)	PC
<i>Seriola</i> sp.	PC		
<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866)	PC		



	<i>Trachurus symmetricus</i> (Ayres, 1855)	PC
Lutjanidae	<i>Lutjanus peru</i> (Nichols y Murphy, 1922)	A
Lobotidae	<i>Lobotes surinamensis</i> (Bloch, 1790)	PC
Gerreidae	<i>Eucinostomus</i> sp.	DN
Haemulidae	<i>Xenistius californiensis</i> (Steindachner, 1875)	A
	tipo 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	A
Sciaenidae	<i>Bairdiella</i> sp.	DN
	<i>Cynoscion</i> sp.	DN
	<i>Larimus</i> sp.1	DN
	<i>Larimus</i> sp.2	DN
	<i>Menticirrhus</i> sp.	DN
	<i>Micropogonias</i> sp.1	DN
	<i>Micropogonias</i> sp.2	DN
	<i>Umbrina</i> sp.	DN
	tipo 1 y 2	DN
Ehippidae	<i>Chaetodipterus zonatus</i> (Girad, 1858)	DN
Pomacentridae	<i>Abudefduf troschelii</i> (Gill, 1862)	A
	<i>Stegastes rectifraenum</i> (Gill, 1862)	A
Mugilidae	tipo 1	DN
Labridae	<i>Halichoeres dispilus</i> (Gunther, 1864)	IS
	<i>Halichoeres semicinctus</i> (Ayres, 1859)	IS
	<i>Halichoeres</i> sp.1	IS
Tripterygiidae	<i>Enneanectes sexmaculatus</i> (Fowler, 1944)	IS
Labrisomidae	<i>Labrisomus xanti</i> (Gill, 1860)	A
	<i>Paraclinus</i> sp.	A
	tipo 1, 2, 3, 4, 5 y 6	A
Chaenopsidae	<i>Chaenopsis alepidota alepidota</i> (Gilbert, 1890)	IS
Dactyloscopidae	<i>Dactylagnus mundus</i> (Gill, 1862)	IS
	<i>Dactyloscopus</i> sp. 1	IS
	<i>Gillellus semicinctus</i> (Gilbert, 1890)	IS
	<i>Myxodagnus opercularis</i> (Gill, 1861)	IS
	tipo 1	IS
Blenniidae	<i>Entomacrodus chiostictus</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	IS
	<i>Hypsoblennius brevipinnis</i> (Gunter, 1861)	IS
	<i>Hypsoblennius</i> sp.	IS
Gobiidae	<i>Lythrypnus</i> sp.	IS




---



---

		tipo 1	IS
	Microdesmidae	<i>Clarkichthys bilineatus</i> (Clark, 1936)	IS
	Sphyraenidae	<i>Sphyraena ensis</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC
	Scombridae	<i>Auxis</i> sp.	E
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Citharichthys</i> sp.	DN
		<i>Etropus peruvianus</i> (Hildebry, 1946)	DN
		<i>Paralichthys woolmani</i> (Jordan y Williams en Gilbert, 1897)	DN
		<i>Syacium latifrons</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	DN
	Achiridae	<i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner, 1880)	DN
	Cynoglossidae	<i>Symphurus williamsi</i> (Jordan y Culver, 1895)	DN
		<i>Symphurus</i> sp.1	DN
		<i>Symphurus</i> sp.2	DN
Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes polylepis</i> (Steindachner, 1876)	IS
	Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i> (Osbeck, 1765)	DN
		tipo 1	DN
	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842)	A
	Diodontidae	<i>Diodon</i> sp.	A

---



**Anexo B.** Posibles especies que podrían estar presentes en la zona de estudio, con base, de la distribución geográfica de las especies en su estado adulto (Fischer *et al.*, 1995; Aguilar-Palomino *et al.*, 1996)

Muraenidae tipo1	<i>Echidna nocturna</i>	tipos 1-5	
	<i>Gymnothorax castaneus</i>	<i>Atherinella</i> sp.	<i>A. eriarcha</i>
	<i>Gymnothorax quatorialis</i>	Exocoetidae tipo1	<i>Cypselurus callopterus</i>
	<i>Gymnothorax panamensis</i>		<i>Fodiator acutus rostratus</i>
	<i>Muraena clepsydra</i>		<i>Prognichthys tringa</i>
	<i>Muraena lentiginosa</i>	<i>Caranx</i> sp.	<i>C. caninus</i>
	<i>Uropterygius</i>		<i>C. lugubris</i>
	<i>macrocephalus</i>		<i>C. melampygius</i>
Ophichthidae	<i>Echiophys brunneus</i>		<i>C. otrynter</i>
tipo1	<i>Myrichthys maculosus</i>		<i>C. speciosus</i>
	<i>Myrichthys tigrinus</i>		<i>C. vinctus</i>
	<i>Myrophis vafer</i>	<i>Seriola</i> sp.	<i>Seriola rivoliana</i>
	<i>Ophichthus frontalis</i>	<i>Eucinostomus</i> sp.	<i>E. argenteus</i>
	<i>Ophichthus triserialis</i>		<i>E. currani</i>
	<i>Ophichthus zophochir</i>		<i>E. entomelas</i>
Anchoa sp.	<i>A. ischana</i>		<i>E. gracilis</i>
	<i>A. lucida</i>	Haemuliadae	<i>Anisotremus caesius</i>
	<i>A. nasus</i>	tipos 1-7	<i>Anisotremus dovii</i>
	<i>A. walkeri</i>		<i>Anisotremus interruptus</i>
	<i>A. argentuviana</i>		<i>Anisotremus taeniatus</i>
	<i>A. curta</i>		<i>Conodon serrifer</i>
	<i>A. exigua</i>		<i>Haemulon flaviguttatum</i>
	<i>A. mundeola</i>		<i>Haemulon maculicauda</i>
<i>Diaphus</i> sp.			<i>Haemulon scudderii</i>
Ophidiidae tipo 1	<i>Cherublemma emmelas</i>		<i>Haemulon sexfasciatum</i>
	<i>Lepophidium prorates</i>		<i>Haemulon steindachneri</i>
	<i>Ophidion galeoides</i>		<i>Haemulopsis axillaris</i>
	<i>Brotula clarkae</i>		<i>Haemulopsis elongatus</i>
	<i>Othophidion indefatigable</i>		<i>Haemulopsis leuciscus</i>
Gobiesocidae			<i>Haemulopsis nitidus</i>



	<i>Microlepidotus brevipinnis</i>		<i>Mugil setosus</i>
	<i>Orthopristis cantharinus</i>	<i>Halichoeres</i> sp.	<i>H. aestuaricola</i>
	<i>Orthopristis chalceus</i>		<i>H. chierchiae</i>
	<i>Pomadasys bayanus</i>		<i>H. melanotis</i>
	<i>Pomadasys branickii</i>		<i>H. nocholsi</i>
	<i>Pomadasys macracanthus</i>		<i>H. notospilus</i>
	<i>Pomadasys panamensis</i>	<i>Auxis</i> sp.	<i>A. rochei</i>
	<i>Xenichthys xanti</i>		<i>A. thazard</i>
<i>Cynoscion</i> sp.	<i>C. nannus</i>	<i>Citharichthys</i> sp.	<i>C. gilberti</i>
	<i>C. reticulatus</i>		<i>C. platophrys</i>
	<i>C. squamipinnis</i>		<i>C. xanthostigma</i>
	<i>C. stolzmanni</i>	<i>Symphurus</i> sp.	<i>S. atramentatus</i>
	<i>C. xanthulus</i>		<i>S. callopterus</i>
<i>Larimus</i> sp.	<i>L. acclivis</i>		<i>S. chabanaudi</i>
	<i>L. argenteus</i>		<i>S. elongatus</i>
	<i>L. effulgens</i>		<i>S. fasciolaris</i>
	<i>L. pacificus</i>		<i>S. gorgonae</i>
<i>Menticirrhus</i> sp.	<i>M. elongatus</i>		<i>S. leei</i>
	<i>M. nasus</i>		<i>S. melanurus</i>
	<i>M. paitensis</i>		<i>S. melasmatotheca</i>
	<i>M. undulatus</i>		<i>S. oligomerus</i>
<i>Umbrina</i> sp.	<i>U. analis</i>		<i>S. prolatinaris</i>
	<i>U. bussingi</i>		
	<i>U. dorsalis</i>		
	<i>U. xanti</i>		
Mugilidae tipo1	<i>Agonostomus monticola</i>		
	<i>Chaenomugil proboscideus</i>		
	<i>Joturus pichardi</i>		
	<i>Mugil cephalus</i>		
	<i>Mugil curema</i>		
	<i>Mugil hospes</i>		