



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**DISTRIBUCIÓN TRIDIMENSIONAL DE LAS
ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES EN
UN GIRO ANTICICLÓNICO EN EL SUR DEL
GOLFO DE CALIFORNIA (OCTUBRE DE 2007).**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

FERNANDO CONTRERAS CATALA

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2010.



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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 24 del mes de Noviembre del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

**"DISTRIBUCIÓN TRIDIMENSIONAL DE LAS ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES EN
UN GIRO ANTICICLÓNICO EN EL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA (OCTUBRE DE 2007)"**

Presentada por el alumno:

CONTRERAS

Apellido paterno

CATALA

materno

FERNANDO

nombre(s)

Con registro:

A	0	9	0	1	2	8
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DRA. LAURA SÁNCHEZ VELASCO

Director de Tesis

DR. MIGUEL FERNANDO LAVÍN PEREGRINA

Director de Tesis

DR. JOSÉ DE LA CRUZ AGÜERO

DR. JAIME GÓMEZ GUTIÉRREZ

DRA. AIDA MARTÍNEZ LÓPEZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**IPN
CICIMAR
DIRECCION**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 02 del mes Diciembre del año 2010

el (la) que suscribe BIOL. FERNANDO CONTRERAS CATALA alumno(a) del

Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A090128 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

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

DRA. LAURA SÁNCHEZ VELASCO y DR. MIGUEL FERNANDO LAVÍN PEREGRINA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"DISTRIBUCIÓN TRIDIMENSIONAL DE LAS ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES EN

UN GIRO ANTICICLÓNICO EN EL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA (OCTUBRE DE 2007)".

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

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

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


BIOL. FERNANDO CONTRERAS CATALA

nombre y firma

DEDICATORIA

A mi madre María Rosalía Catala

A mi hermano Jaime Contreras

A mi padrino Rafael Contreras y su familia.

Al Sr. Francisco Becerra.

A mi novia Ethel Apango por formar parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN por permitirme realizar el presente estudio.

A la Dra. Laura Sánchez Velasco por los comentarios y sugerencias hechas al presente estudio y por el apoyo otorgado durante mi estancia en el laboratorio que ella dirige.

Al Dr. Miguel Lavín Peregrina.

A los proyectos SEP-CONACyT 46349. *Distribución de larvas de peces en el archipiélago central del Golfo de California: Relación con frentes térmicos y con la circulación de mesoescala*. (Dra. Laura Sánchez-CICIMAR) y SEP-CONACyT D41881-F *Patrones de circulación superficial en el Golfo de California* (Dr. Miguel F. Lavín Peregrina. CICESE).

Al Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada (CICESE) en especial al laboratorio de Circulación y dispersión costera (CIRCOS) dirigido por el Dr. Miguel Lavín por permitirme realizar la estancia de investigación durante un semestre.

Al Dr. Emilio Beier (CICESE)

M. en C. Víctor Godínez y M. en C. Carlos Cabrera del laboratorio de Circulación y Dispersión Costera (CIRCOS) del departamento de Oceanografía Física, CICESE.

M. en C. Ricardo Saldierna (CICIMAR) por el apoyo otorgado en la determinación de las larvas de peces.

A los miembros del comité revisor: Dra. S. Patricia Jiménez Rosenberg, Dra. Aída Martínez, Dr. José de la Cruz y Dr. Jaime Gómez por sus comentarios y observaciones hechas al presente estudio

A la Coordinación de Cooperación Académica del IPN (CCA-IPN) por la beca de movilidad otorgada durante mi estancia en CICESE, Ensenada.

A la tripulación del B/O Francisco de Ulloa

Al proyecto: "Inventario de larvas de peces en la región sur del Golfo de California (GAP 81, 85 y 86) y en el Pacífico Tropical Mexicano (GAP 88-91)"

Al proyecto SIP 20090578 y 20100670 Efectos de estructuras hidrográficas con énfasis sobre la distribución de larvas de peces y su ambiente trófico en el Golfo de California. Fases I y II.

A mis compañeros de laboratorio.

ÍNDICE

Página

Relación de figuras.	I
Relación de tablas.	V
Resumen.	VI
Abstract.	VII
I. Introducción.	1
II. Antecedentes.	4
II.I. Internacionales.	4
II.II. Nacionales.	6
III. Hipótesis	9
IV. Objetivo General.	10
IV.I. Objetivos particulares.	10
V. Área de estudio.	11
VI. Metodología.	15
VI.I. Trabajo de campo.	15
VI.II. Trabajo de laboratorio.	16
VI.III. Análisis de datos.	17
VI.III.I. Anomalía geopotencial.	17
VI.III.II. Transectos verticales de variables ambientales.	18
VI.IV. Larvas de peces.	18
VI.IV.I. Determinación de las asociaciones larvarias.	19

VI.IV.II. Relaciones entre variables ambientales y biológicas -----	21
VII. Resultados. -----	23
VII.I. Hidrografía. -----	23
VII.I.I. Distribución vertical de los parámetros ambientales <i>in situ</i> . -----	24
VII.II. Velocidades geostróficas. -----	25
VII.II.I. Distribución vertical de nutrientes y clorofila <i>a</i> . -----	34
VII.II.II. Distribución vertical de la biomasa del zooplancton. -----	41
VIII. Larvas de peces. -----	43
V.III.I. Composición-----	43
V.III.II. Variación diaria y por estratos de profundidad de la abundancia de larvas de peces.-----	44
VII.III.III. Grupos de estratos y asociaciones de larvas de peces. -----	44
VIX. Relaciones físico-biológicas. -----	66
VIX.I. Relaciones entre asociaciones de larvas de peces y parámetros hidrográficos.-----	66
VIX.II. Relaciones entre masas de agua y asociaciones de larvas de peces-----	68
X. Discusión. -----	70
X.I. Caracterización del giro. -----	70
X.II. Efectos del giro sobre la distribución de las larvas de peces.-----	71
X.III. Relaciones entre Masas de Agua y asociaciones larvales.-----	75
X.IV. Efectos de giros sobre el plancton en el océano. -----	77

XI. Conclusiones.	79
XII. Recomendaciones.	80
Literatura citada.	81
Apéndices	89

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. (a) Localización del área de estudio (batimetría del GC) y (b) de las estaciones de muestreo sobre una imagen satelital de temperatura superficial del mar (AQUA-MODIS). Promedio del 17-19 de octubre de 2007 (Las flechas discontinuas significan la dirección del muestreo).-----11

Figura 2. Imágenes de satélite de: (a) temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y (b) pigmentos de clorofila superficial (mg m^{-3}), promedios del 17 al 19 de octubre de 2007.-----23

Figura 3. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea A (ver figura 1): **(a)** Temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$), **(b)** Salinidad (Sal), **(c)** Anomalía de la densidad potencial (Kg m^{-3}). -----26

Figura 4. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea A (ver figura 1): **(a)** Clorofila a (mg Cla m^{-3}) y **(b)** Oxígeno disuelto (mL/L). -----27

Figura 5. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea B (ver figura 1): **(a)** Temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$), **(b)** Salinidad (Sal), **(c)** Anomalía de la densidad potencial (Kg m^{-3}). -----28

Figura 6. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea B (ver figura 1): **(a)** Fluorescencia de la clorofila (mg Cla m^{-3}) y **(b)** Oxígeno disuelto (mL/L).-----29

Figura 7. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea E (ver figura 1): **(a)** Temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$), **(b)** Salinidad (Sal), **(c)** Anomalía de la densidad potencial (Kg m^{-3}).-----31

Figura 8. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea E (ver figura 1): **(a)** Clorofila (mg Cla m^{-3}) y **(b)** Oxígeno disuelto (mL/L).-----32

Figura 9. Distribución vertical de las velocidades geostróficas (cm s^{-1}) relativas a la profundidad mínima en común entre pares de estaciones. **(a)** Línea A; **(b)** Línea B; **(c)** Línea E. La posición de las líneas se observa en la Fig. 1.-----33

Figura 10. Distribución vertical a lo largo de la línea A (ver figura 2): **(a)** Nitratos NO_3 (μM), **(b)** Nitritos NO_2^{-3} (μM). Zona del giro.-----35

Figura 11. Distribución vertical a lo largo de la línea A (ver figura 2): **(a)** Fosfatos PO_4 (μM), **(b)** Clorofila a (mg m^{-3}). Zona del giro.-----36

Figura 12. Distribución vertical a lo largo de la línea **B** (ver figura 2): **(a)** Nitratos NO_3 (μM), **(b)** Nitritos NO_2^{-3} (μM). Zona del giro.-----
37

Figura 13. Distribución vertical a lo largo de la línea **B** (ver figura 2): **(a)** Fosfatos PO_4 (μM), **(b)** Clorofila *a* (mg m^{-3}). Zona del giro.-----
38

Figura 14. Distribución vertical a lo largo de la línea **E** (ver figura 2): **(a)** Nitratos NO_3 (μM), **(b)** Nitritos NO_2^{-3} (μM). Zona del giro.-----
39

Figura 15. Distribución vertical a lo largo de la línea **E** (ver figura 2): **(a)** Fosfatos PO_4 (μM), **(b)** Clorofila *a* (mg m^{-3}). Zona del giro.-----
40

Figura 16. Distribución de la biomasa de zooplancton ($\text{ml}/1000\text{m}^3$) sobre el transecto A, B y E de temperatura potencial (θ °C). Muestreos durante el día [☀] y muestreos durante la noche [●].-----
42

Figura 17. Dendrograma de estratos-estaciones generado por el índice de disimilitud de Bray-Curtis utilizando el algoritmo flexible.-----
45

Figura 18. Distribución vertical de la abundancia de larvas ($\text{larvas}/10\text{m}^2$) sobre la temperatura potencial en la línea A. (Ver Fig. 1) **(a)** *V. lucetia* en preflexión-flexión **(b)** *V. lucetia* en postflexión y **(c)** *D. pacificus* en preflexión. Muestreos de día [○] y de noche [●].-----
48

Figura 19. Distribución vertical de la abundancia de larvas ($\text{larvas}/10\text{m}^2$) sobre la temperatura potencial en la línea B. **(a)** *V. lucetia* en preflexión-flexión **(b)** *V. lucetia* en postflexión y **(c)** *D. pacificus* en preflexión. Muestreos de día [○] y de noche [●].-----
49

Figura 20. Distribución vertical de la abundancia de larvas ($\text{larvas}/10\text{m}^2$) sobre la temperatura potencial en la línea E. **(a)** *V. lucetia* en preflexión-flexión **(b)** *V. lucetia* en postflexión y **(c)** *D. pacificus* en preflexión. Muestreos de día [○] y de noche [●]. -----
50

Figura 21. Distribución vertical de la abundancia de larvas ($\text{larvas}/10\text{m}^2$) sobre la temperatura potencial en la línea A. **(a)** *C. pauciradiatus* en preflexión-flexión **(b)** *C. pauciradiatus* en postflexión y **(c)** *Auxis* spp. en preflexión. Muestreos de día [○] y de noche [●]. -----
53

Figura 22. Distribución vertical de la abundancia de larvas ($\text{larvas}/10\text{m}^2$) sobre la temperatura potencial en la línea B. **(a)** *C. pauciradiatus* en preflexión-flexión **(b)** *C. pauciradiatus* en postflexión y **(c)** *Auxis* spp. en preflexión. Muestreos de día [○] y de noche [●]. -----
54

Figura 23. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea E. **(a)** *C. pauciradiatus* en preflexión-flexión **(b)** *C. pauciradiatus* en postflexión y **(c)** *Auxis* spp. en preflexión. Muestreos de día [○] y de noche [●]. -----55

Figura 24. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial de *Pontinus* sp. en preflexión-flexión sobre: **(a)** Línea A **(b)** Línea B **(c)** Línea E. Muestreos de día [○] y de noche [●]. -----56

Figura 25. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea A. **(a)** *B. panamense* en preflexión-flexión **(b)** *B. panamense* en postflexión. Muestreos de día [○] y de noche [●].-----59

Figura 26. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea A. **(a)** *S. ovale* en preflexión-flexión **(b)** *S. williamsi* en preflexión-flexión. Muestreos de día [○] y de noche [●].-----60

Figura 27. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea B. **(a)** *B. panamense* en preflexión-flexión **(b)** *B. panamense* en postflexión. Muestreos de día [○] y de noche [●].-----61

Figura 28. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas 10m²) sobre la temperatura potencial en la línea B. **(a)** *S. ovale* en preflexión-flexión **(b)** *S. williamsi* en preflexión-flexión. Muestreos de día [○] y de noche [●].-----62

Figura 29. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea E. **(a)** *B. panamense* en preflexión-flexión **(b)** *B. panamense* en postflexión. Muestreos de día [○] y de noche [●].-----63

Figura 30. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) de *T. mexicanus* en preflexión-flexión sobre la temperatura potencial en **(a)** Línea A; **(b)** Línea B y **(c)** Línea E. Muestreos de día [○] y de noche [●].-----65

Figura 31. Diagrama del Análisis Canónico de Correspondencia representando la distribución de las asociaciones de larvas de peces de estratos-estaciones definidos por el dendrograma. S: salinidad; θ (°C): temperatura potencial; Od: oxígeno disuelto (mL/L); B.Z: Biomasa de zooplancton (ml/1000m³); Prof.: profundidad (db); Clorofila (mg m⁻³). -----67

Figura 32. Distribución de la Asociaciones de larvas de peces definidas mediante el análisis de Bray-Curtis sobre un diagrama (θ , S). AST: Agua Superficial Tropical; ASST: Agua Subtropical Subsuperficial; AGC: Agua del Golfo de California. -----69

Figura 33. Distribución vertical de las ALPs en la línea A sobre la velocidad geostrófica (cm s^{-1} mapa de color) a la profundidad mínima en común entre pares de estaciones. **(a)** Temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$ isotermas); **(b)** Salinidad (isohalinas) y **(c)** Oxígeno disuelto (mL/L oxípletas). -----74

Figura 34. Distribución de la ALPs sobre un diagrama (θ -S) obtenidas mediante el análisis de Bray-Curtis: **(a)** Asociación **Giro** y **(b)** Asociación **Periferia**. AST, Agua Superficial Tropical; ASST, Agua Subtropical Subsuperficial y AGC, Agua del Golfo de California. -----77

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las masas de agua en el Golfo de California de acuerdo a Castro *et al.* (2006); Lavín *et al.* (2009).-----14

Tabla 2. Composición de la comunidad de larvas de peces colectadas durante octubre de 2007.-----43

Tabla 3. Agrupación de la abundancia por estrato de muestreo por medio del método de Tukey. -----44

Tabla 4. Jerarquización los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey (solo dominantes y constantes) **ALP Giro.** Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Sub-ártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Nd=No determinado.-----47

Tabla 5. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey (solo dominantes y constantes) **ALP Giro Periferias.** Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Sub-ártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Nd=No determinado.-----52

Tabla 6. Jerarquización de loa taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey (solo dominantes y constantes) **ALP Periferia Continental.** Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Sub-ártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Nd=No determinado.-----58

Tabla 7. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey (solo dominantes y constantes) **ALP Periferia A.** Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Sub-ártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Nd=No determinado. -----64

GLOSARIO

ADCP. ("Acoustic Doppler Current Profiler") Instrumento que sirve para medir la velocidad de las corrientes. Esta medición se basa en el fenómeno Doppler (Efecto Doppler = Corrimiento de la frecuencia de una señal, al ser recibida, cuando el receptor y el emisor experimentan algún movimiento relativo) . Este instrumento se puede programar para obtener una serie de tiempo del perfil de corrientes de la columna de agua. Se instala en el casco de un barco, o lancha o bien anclado al fondo con los sensores viendo hacia la superficie.

Anticiclónico. Se usa para definir el sentido de rotación de fenómenos oceánicos y atmosféricos contrario a la dirección de giro de los ciclones y al de la Tierra, en el mismo sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur.

Archipiélago: La palabra viene del [Mar Egeo](#) ([Griego](#) *αρχιπέλαγος*, [italiano](#) *Arcipelago*), que literalmente significa "mar principal", del griego *arkhi* (principal) y *pelagos* (mar). Y queda definido como una cadena o un conjunto de [islas](#).

Batipelágico. Se denomina batial o zona batipelágica (del [griego](#) *bath(y)-(bathys)* *profundo* + *pelag-alta mar* + *-ik-os* cuyo significado es "profundidades de alta mar") a uno de los niveles en los que está dividido el océano según su profundidad. En [oceanografía](#), batial identifica a las [aguas](#) y [fondos marinos](#) situados entre 1000 y 4000 metros de profundidad.

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

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

Bombeo de Ekman. Es el movimiento vertical de un fluido que ocurre cuando el efecto del esfuerzo del viento y la fuerza de Coriolis ocasionan un transporte y una divergencia del fluido en la superficie, provocando que agua de capas subsuperficiales ascienda a las capas superiores.

Capa de mezcla. Es donde hay activa [turbulencia](#) homogeneizando algunos rangos de profundidades.

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

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

Corriente geostrófica. Es la corriente definida al resolver las ecuaciones hidrodinámicas asumiendo que la componente horizontal de la fuerza de Coriolis está en balance con la componente del gradiente de presión:

$$fv = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \quad fu = \frac{-1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \quad g = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z}$$

CTD. Instrumento oceanográfico para obtener un perfil de temperatura y la conductividad con la profundidad. Con estos datos se puede generar las características T-S (Temperatura-salinidad) de la columna de agua. Ese instrumento se puede bajar al agua desde un barco con cable cuyo núcleo contenga conectores eléctricos por lo tanto recibir, observar y almacenar los datos en tiempo real. Las siglas CTD provienen del ingles Conductivity, Temperature, Depth.

Cuenca. Depresión del fondo marino de extensión variable y de forma más o menos equidimensional en un plano horizontal, la cual es relativamente profunda y está aislada de otras depresiones por rasgos topográficos como cordilleras o planicies menos profundas.

Decibar. Es la unidad práctica de presión para trabajos oceanográficos, es la décima parte de un bar. Para fines prácticos equivale a un metro de profundidad.

Densidad. Es una medida de la masa de una sustancia por unidad de volumen $\rho = m/V$. El recíproco del volumen específico. En Oceanografía, la densidad del agua de mar es numéricamente equivalente a la gravedad específica y es una función de la salinidad, temperatura y la presión. Densidad $\rho = (\rho_{s,t,p})$.

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

Diagrama T-S. Gráfica de datos de temperatura *versus* salinidad colectados en forma simultánea en cada nivel de una estación oceanográfica. Estos diagramas son muy útiles: permiten identificar las masas de agua, hacer estimaciones de la mezcla relativa entre ellas, relacionar la curva T-S y la densidad (σ_t), da idea de la estabilidad de la columna de agua y permite detectar datos erróneos en de temperatura y salinidad.

Divergencia. La divergencia de un flujo expresa la razón de disminución temporal de una cantidad por unidad de volumen. Es positiva si hay reducción o salida del fluido (expansión), y es negativa

cuando hay aumento o entrada. $\nabla \cdot A = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$ donde ∇ es el operador gradiente y A es un vector. En Oceanografía se habla de divergencia de la circulación superficial, cuando en la estructura de la corriente horizontal, se presentan flujos en diferentes direcciones partiendo de un centro o una zona común.

Epipelágico. Se le denomina (del griego ep(i) ἐπί gr. *sobre* + pelag- πέλαγος gr. *alta mar* + -ik-os/-ē gr.) a uno de los niveles en los que ~~est~~dividido el océano según su profundidad; se identifica a las **aguas** marinas situadas entre la superficie y los 200 metros de profundidad.

Espiral de Ekman. Es la espiral logarítmica (cuando es proyectada en un plano horizontal) formada por los vectores velocidad de la corriente en su variación con la profundidad. Los vectores de la corriente van disminuyendo gradualmente su magnitud con la profundidad y cambiando su dirección hacia la derecha (visto en la dirección del flujo) en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur.

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

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

Flexión. Inicia con la flexión del notocordio y termina con la formación de la placa hipúrica.

Geostrofia. Método para analizar las corrientes en una zona, que consiste en asumir que existe un balance entre la fuerza de Coriolis y el gradiente horizontal de presión.

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

Isobaras. La línea o superficie que une todos los puntos de igual presión o de presión constante sobre una gráfica en el espacio o en el tiempo.

Isotaca. La línea o superficie que une todos los puntos de magnitud de velocidad sobre una gráfica en el espacio o en el tiempo; por ejemplo la magnitud del flujo de una corriente.

Isopicna. Línea o superficie que une todos los puntos de densidad constante sobre una gráfica en el espacio o en el tiempo.

Isoterma. Una línea o superficie que conecta en una gráfica todos los puntos de igual valor de la temperatura, ya sea en el tiempo o en el espacio.

Isohalinas. Una línea o superficie que conecta en una gráfica todos los puntos de igual valor de salinidad, ya sea en el tiempo o en el espacio.

Larva. (Del latín *Larva*, fantasma). En los animales con desarrollo indirecto (con [metamorfosis](#)) se llama larvas a las fases juveniles. El adjetivo que se hace derivar de larva es larvario.

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

Meandro. Son las curvaturas muy pronunciadas (algunas en forma de “u”) en la trayectoria de un río o de una corriente marina.

Meroplancton. Grupo representado por organismos que forman parte del plancton, solamente durante una parte de su ciclo de vida.

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

Mesopelágico. Zona en que uno de los niveles en los que está dividido el océano según su profundidad se sitúa entre 200 y 1000 metros.

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

Ovíparo. (Del [latín](#) *ovum*, "huevo", y *parire*, "parir") es un [animal](#) cuya modalidad de [reproducción](#) incluye el depósito de [huevos](#) en el medio externo, donde completar su desarrollo antes de la [eclosión](#).

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

Pelágico. (Del [griego](#) (*pélagos*), "mar abierto") es la parte de la columna de agua del océano que no está sobre la [plataforma continental](#). Los organismos que habitan esta área se denominan pelágicos.

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

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

Postflexión. Inicia con la osificación de la placa hipúrica y termina antes de que se complete el número de elementos de aletas pares e impares.

Preflexión. Fase en la que se da la absorción del saco vitelino, la apertura de la boca y el ano, la pigmentación de los ojos y el notocordio está recta.

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

Surgencias. Ascenso de aguas subsuperficiales, más frías y con mayor concentración de nutrientes, que reemplazan las aguas superficiales en zonas restringidas del océano. Las surgencias más importantes que se presentan en el

océano son las surgencias costeras, las cuales son provocadas por vientos hacia el ecuador en los océanos con frontera oriental.

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

Transecto. Es la línea que resulta de unir a varios sitios de muestreo a lo largo de la cual se quieren graficar y analizar los datos en forma independiente.

Tridimensional. Se refiere a la distribución de las especies

Umbral. Una dorsal submarina de profundidad relativamente somera que separa cuencas.

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

RESUMEN

Se analiza por primera vez el efecto de un giro anticiclónico en la distribución tridimensional de las larvas de peces en la región sur del Golfo de California. Se usaron imágenes de satélite Aqua-MODIS de temperatura y clorofila para diseñar una campaña de observación (octubre 2007) con líneas de estaciones de muestreo que cruzaron el giro. En cada estación oceanográfica se realizaron lances de CTD con sensores de oxígeno disuelto y fluorescencia, y se obtuvieron muestras de zooplancton por estratos de 50 m de grosor (hasta los 200 m de profundidad) mediante una red de cierre-apertura-cierre. Se identificaron un total de 129 taxones incluidos en 56 familias. La prueba de Kruskal-Wallis mostró que no existen diferencias significativas entre los muestreos hechos de día y de noche, pero sí entre estratos de profundidad. Pruebas estadísticas *a posteriori* mostraron que las diferencias se encontraban entre el estrato superficial (0-50) y el más profundo (150-200). El índice de disimilitud de Bray-Curtis definió cuatro asociaciones de larvas de peces (ALPs): las cuales variaron en cuanto a la composición y abundancia de especies. La ALP **Giro**, localizada en el área central del giro anticiclónico, se caracterizó por presentar altas abundancias de especies batipelágicas y mesopelágicas como *Vinciguerria lucetia* y *Benthosema panamense*, las cuales se asociaron a epipelágicos como *Auxis* spp. y *Cubiceps pauciradiatus* que presentaron sus mayores abundancias en el estrato superficial (0-50) disminuyendo con la profundidad. Esta asociación larvaria se relacionó al Agua Superficial Tropical (AST) con salinidades relativamente bajas (< 34.9) y temperaturas altas ($\geq 18^{\circ}\text{C}$) y al Agua Subsuperficial Subtropical (ASST) por debajo del giro. La ALP **Giro periferias** presentó especies mesopelágicas similares a la ALP Giro, pero con incremento de especies demersales; este grupo se encontró distribuido en baja frecuencia en el giro y los alrededores. La ALP **Periferia continental** se caracterizó por presentar la mayor diversidad y volumen de biomasa zooplanctónica, encontrándose ésta en el estrato más superficial; las especies que determinaron a esta asociación fueron *Benthosema panamense* y *Triphoturus mexicanus*, asociándose a *Syacium ovale* *Symphurus williamsi* (demersales costeras). Estos últimos sólo se registraron en esta asociación, y se encontraban inmersas en Agua del Golfo de California (AGC) con altas salinidades y temperaturas (≥ 34.9 ; $T > 12^{\circ}\text{C}$). Esta asociación se relacionó con un afloramiento de aguas llevando altas concentraciones de nutrientes a la superficie. La ALP **Periferia A** que se caracterizó por presentar la mayor dominancia por parte del mesopelágico *Triphoturus mexicanus*, en los estratos intermedios (50-150) en el estadio de preflexión-flexión, y por la ausencia del resto de especies dominantes. No presentó una relación aparente con algún proceso ambiental. El Análisis Canónico de Correspondencia mostró los mismos grupos formados por el índice de disimilitud, mostrando que la biomasa de zooplancton y la profundidad fueron los factores que tuvieron mayor impacto en la definición de las asociaciones. El presente estudio muestra que el giro analizado, aunque menos intenso y profundo que los descritos anteriormente en la región sur del Golfo de California, influyó en la distribución y abundancia de larvas de peces, dejando interrogantes sobre el impacto de giros mayores.

Palabras clave: Asociaciones de larvas de peces; Giro anticiclónico; imágenes de satélite; Sur del Golfo de California.

ABSTRACT

We analyze for the first time the effect of an anticyclonic eddy on the three-dimensional distribution of fish larvae in the southern Gulf of California. We used Aqua-MODIS temperature and chlorophyll images to design a sampling grid (October 2007) with lines of stations that crossed the eddy. In each station we made CTD casts, and we collected zooplankton samples in 50-m-thick layers (down to 200 m depth) with a close-open-close net. A total of 129 taxa of 56 families were identified. The Kruskal-Wallis test showed no significant differences between day and night samples, but significant differences were found among depth strata. The surface layer (0-50 m) was different to the deepest layer (150-200m). The Bray-Curtis dissimilarity index defined four Larval Fish Assemblages (LFAs), which varied in species composition and abundance. The LFA **Eddy**, located in the central area of the eddy, was characterized by high abundance of the mesopelagic and the bathypelagic species *Vinciguerrria lucetia* and *Benthoosema panamense*, which were associated with epipelagic *Auxis* spp. and *Cubiceps pauciradiatus*. These last two species hadm their highest abundances in the upper layer (0-50), and then decreased with depth. This assemblage was related to Tropical Surface Water (TSW) with low salinity (< 34.9) and high temperatures (≥ 18 °C) and with Subtropical Subsurface Water (StSsW) under the eddy. The LFA **Eddy peripheries** LFA presented mesopelagic species similar to those in the Eddy LFA, but with increased demersal species, distributed in low-frequency in the eddy and its surroundings. In the LFA **Continental periphery** was characterized by high diversity and high zooplankton biomass that was concentrated in the upper layer; *Benthoosema panamense* and *Triphoturus mexicanus* dominated this assemblage, and were associating with *Syacium ovale* and *Symphurus williamsi* (coastal demersal), which were recorded only in this assemblage. The Continental periphery LFA was immersed in the Gulf of California Water (GCW), with high salinity and temperature (>34.9 ; $T \geq 12$ °C). This assemblage was related to upwelling, which carried great amounts of nutrients to the surface. The LFA **Periphery A** was characterized by the greatest dominance by the mesopelagic *Triphoturus mexicanus* and by the absence of other mesopelagic species. There were no apparent relationships between this assemblage and the physical parameters. The Canonical Correspondence Analysis defined the same groups as the index of dissimilarity, and showed that zooplankton biomass and bottom depth were the factors that had the largest impact on the definition of the assemblages. This study shows that although the eddy that we analyzed was weaker and shallower than those described previously in the southern Gulf of California, it had an impact on the distribution and abundance of fish larvae, leaving questions about the role of the larger eddies.

Keywords: Larval fish assemblages; anticyclone eddy; satellite images; South Gulf of California.

I. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones ictioplanctónicas permiten caracterizar las condiciones de desove y sobrevivencia de etapas tempranas de peces de interés económico y ecológico, estimar el tamaño de las poblaciones adultas (p.ej. Smith & Richardson, 1979; Peguero-Icaza *et al.*, 2008; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009) y formular medidas reguladoras para su aprovechamiento comercial

Las primeras fases de vida de los peces (huevos y larvas) son las fases más sensibles a las variaciones ambientales que los juveniles y adultos (Hjort, 1914); por lo que su vulnerabilidad se ha considerado como un factor determinante en las variaciones del reclutamiento de las especies. Hjort (1914) mencionó que la mortalidad por inanición depende de la cantidad y la calidad del alimento disponible en el momento de la primera alimentación de las larvas, lo cual regulará en gran medida el tamaño de las poblaciones adultas. Lasker (1981) menciona que la estabilidad de las capas superiores del océano durante la temporada de desove es esencial para la agregación de alimento y apropiado para la supervivencia de las larvas. Sinclair (1988) señala que los peces seleccionan áreas de desove en relación a las condiciones físicas con el fin de mantener la integridad de los huevos y las larvas. Por ejemplo, los procesos físicos de mesoescala tales como frentes y giros afectan la distribución tridimensional de huevos y larvas, así como de otros organismos planctónicos (Poiontkovski *et al.*, 1995; Okazaki & Nakata, 2007).

Los estudios dirigidos a conocer el efecto de giros sobre la comunidad planctónica han demostrado que la comunidad es establecida en gran medida por la composición de las comunidades biológicas de las áreas circundantes antes de la formación del giro; primariamente las proliferaciones del fitoplancton y de la sucesión zooplanctónica (Strzelecki *et al.*, 2007; Waite *et al.*, 2007).

Los tipos fundamentales de giros que se observan en el océano se clasifican en: (1) Giros ciclónicos, en los cuales el sentido de la rotación es contrario a las manecillas del reloj y su efecto es de divergencia, por lo que el

centro de estos giros se observa con las menores temperaturas. En estos giros, tanto la picnoclina principal y la estacional se observan en forma de domo, esto se debe al ascenso de aguas subsuperficiales trayendo consigo una gran cantidad de nutrientes y agua más fría; (2) Giros anticiclónicos, los cuales rotan en el sentido de las manecillas del reloj, en los cuales ambas picnoclinas se deprimen debido a la convergencia de aguas en la superficie, por lo que el centro presenta las mayores temperaturas (Bakun, 2006).

Recientemente en el océano abierto se han detectado los giros denominados “Mode water eddies” los cuales derivan su nombre debido a que la picnoclina principal se profundiza y la estacional se observa como un domo, esto se debe a que las velocidades geostróficas se encuentran dominadas por la termoclina principal y el sentido del giro es el mismo que el de un giro anticiclónico regular (Bakun, 2006; McGillicuddy *et al.*, 2007). Todas estas características sólo se cumplen para giros el hemisferio norte.

El Golfo de California (GC) se caracteriza por la presencia recurrente de estructuras hidrográficas de mesoescala como giros, chorros y frentes termohalinos (Pegau *et al.*, 2002; Lavín & Marinone, 2003), además del patrón de circulación reversible, ciclónica en verano y anticiclónica en invierno (Beier, 1997; Lavín *et al.*, 1997; Velasco-Fuentes & Marinone, 1999; Soto-Mardones *et al.*, 1999; Marinone, 2006). Estas características deben tener una considerable influencia sobre aspectos del desove de los peces (por ejemplo áreas y épocas) y consecuentemente sobre la distribución (dispersión o retención) de sus huevos y larvas (Peguero-Icaza *et al.*, 2008; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009).

A pesar de tener bien detectadas estas estructuras de mesoescala mediante el uso de imágenes de satélite (Pegau *et al.*, 2002; López-Calderon *et al.*, 2008), mediante datos *in situ* (Badan-Dangon *et al.*, 1985; Emilsson & Alatorre, 1997; Lavín *et al.*, 1997; Navarro-Olache *et al.*, 2004) o inferidos mediante modelos numéricos (Beier, 1997, 1999; Zamudio *et al.*, 2008) Sin embargo hasta

la fecha no se ha estudiado la influencia de estas estructuras de mesoescala sobre la comunidad zooplanctónica en el área de estudio.

Debido a que en la región sur del Golfo se han observado series de giros durante verano y otoño, y a que no existen estudios enfocados al efecto de estos giros sobre la diversidad del ecosistema pelágico, en el presente estudio se analiza el efecto de un giro anticiclónico sobre la distribución tridimensional de las larvas de peces en el sur del GC detectado durante octubre de 2007.

II. ANTECEDENTES

Estudios dirigidos a analizar la influencia de la dinámica de giros oceánicos sobre la comunidad biológica han sido realizados en diversas regiones del mundo.

II.I. Internacionales.

Uno de los primeros trabajos es el de Nakai (1962), quien describe la distribución de la población de sardina (*Sardinops melanosticta*) durante su colapso en la década de los 40s en el mar de Japón. Mencionó que cuando se presenta la formación de meandros y giros ciclónicos, los huevos y las larvas de sardina pueden ser dispersados y transportados hacia zonas poco favorables para su supervivencia por lo que en ocasiones pueden tener mortalidades masivas; y que cuando se presenta la formación de meandros y giros anticiclónicos se favorece la distribución de nauplios de copépodos, lo cual trae como consecuencia un incremento en la disponibilidad de alimento para las larvas de sardina.

Uno de los estudios donde se encontró una marcada variabilidad estacional con relación a la distribución de estadios larvarios tardíos y juveniles de peces, con respecto a la presencia de un giro ciclónico en el Canal de Santa Bárbara en California, fue el de Nishimoto & Washburn. (2002), quienes encontraron en 1998 altas concentraciones de organismos en el centro del giro, asociadas con la estabilidad del giro y con el ascenso de agua rica en nutrientes. Por el contrario, al año siguiente (1999) se presentaron varios giros más débiles que provocaron dispersión de los organismos, por lo que se presentó una abundancia significativamente menor de organismos.

Lee-Chen *et al.* (2007) relacionan y comparan la distribución de las asociaciones de fitoplancton y productividad en un giro ciclónico al sur del Mar de China, encontrando que la productividad primaria integrada, la productividad nueva basada en nitrato y la clorofila superficial fueron mayores en el centro del giro que afuera de este.

Al este del Golfo de Alaska, Batten & Crawford. (2005) encontraron una alta concentración de especies de plancton nerítico en los giros anticiclónicos y sugieren que en la trayectoria de los giros estos transportan agua desde la plataforma hacia el océano abierto, mencionando que esto dependerá en gran medida de la dinámica del giro. Los autores concluyen que los giros observados desempeñan un papel importante en la difusión (dispersión) de las especies a través de la plataforma continental hacia el océano.

Muhling *et al.* (2007) describieron y compararon las asociaciones de ictioplancton en dos giros (uno ciclónico y otro anticiclónico) en la Corriente de Leeuwin, en Australia. Ellos encontraron una relación entre los factores ambientales y las asociaciones de las larvas de peces; por un lado expusieron que en el giro ciclónico se presentó una mayor densidad de larvas de peces y menor diversidad, y por el contrario que en el giro anticiclónico se presentó una mayor diversidad aunque con bajas densidades de larvas de peces. También encontraron diferencias significativas en las asociaciones entre el centro y el cuerpo y entre el centro y la periferia del giro anticiclónico. Así mismo mencionan que las asociaciones están fuertemente estructuradas en la profundidad del giro ciclónico, que la variable más correlacionada con la estructura de las larvas de peces fue la temperatura superficial y que la profundidad de la capa de mezcla estuvo mejor correlacionada con las asociaciones en el giro anticiclónico.

Recientemente Eden *et al.* (2009) realizaron un estudio sobre la estructura comunitaria del zooplancton en dos giros, uno ciclónico y un “Mode-water” en el Mar del Sargaso encontrando en los estratos más superficiales comunidades de mesozooplancton similares en ambos giros. También mencionan que las mayores abundancias de los taxones dominantes (copépodos, quetognatos y ostrácodos) se encontraron en el giro “Mode-water”, y las menores en el giro ciclónico. Ellos informaron la presencia de organismos mesopelágicos en profundidades de 200 a 700 m, por lo que concluyen que el giro ciclónico se encontraba en fase de decaimiento debido al hundimiento de las isopicnas; mientras que el giro “Mode-water” mantenía el flujo de nutrientes y presentaba mayores concentraciones de

fitoplancton, lo que puede influir en el comportamiento del zooplancton y alterar la estructura de la comunidad.

Onitsuka *et al.* (2009) relacionaron las concentraciones de clorofila entre giros ciclónicos generados por la topografía en el estrecho de Tsushima (Japón), encontrando de 2 a 3 veces mayores concentraciones de clorofila en el centro con respecto a la periferia y proponen que esto es provocado por un ascenso de aguas hacia la superficie, lo que hace que estas sean ricas en nutrientes los cuales son esenciales para encontrar en estos giros mayores abundancias de organismos fitoplanctónicos. Así mismo asociaron estas áreas con giros, a las mayores concentraciones de clorofila y a la presencia de una mayor flota de buques de pesca, por lo que este tipo de giros son una fuente muy importante que concentra fuentes de alimentación a los peces y calamares.

II.II. Nacionales.

En México los estudios que relacionan la distribución de organismos planctónicos con giros (ciclónicos y anticiclónicos) son limitados al Golfo de México. Biggs (1997) analizó la distribución de nutrientes, plancton y clorofila *a* (Cl *a*) en un giro anticiclónico en el oeste del Golfo de México, caracterizando el centro de este como oligotrófico (con valores bajos de productividad y de biomasa de zooplancton) en comparación con la periferia, donde encontró de 1.5 a 2 veces mayores densidades de plancton y Cl *a*.

Gasca (2003) analizó la composición, distribución y abundancia de anfípodos en un giro ciclónico en el Golfo de México, encontrando sus mayores abundancias dentro del giro. Así mismo menciona que los estadios inmaduros de anfípodos son los frecuentemente observados en esta zona, lo que hace suponer que hay una mayor productividad. La abundancia tanto dentro como fuera del giro mostró comportamiento y estructura diferencial de la comunidad de anfípodos, lo que puede ser atribuido a un limitado intercambio de agua entre el giro y las zonas adyacentes.

Lavaniegos-Espejo & Hereu. (2009) analizaron la comunidad de anfípodos en un giro anticiclónico en las costas de Baja California, encontrando que el giro presentaba una fauna con una mayor diversidad, pero con bajas densidades de organismos en relación con la periferia.

En el GC la mayoría de los estudios se han enfocado sobre la distribución de larvas de peces y su relación con temperatura superficial. De éstos se pueden mencionar como ejemplos los de Avalos-García *et al.* (2003) y Aceves-Medina *et al.* (2004), quienes describen la distribución espacial de larvas de peces durante diferentes periodos de estudio. Entre los estudios que analizan la distribución de larvas de peces en relación con la dinámica oceanográfica, se encuentran los de Sánchez-Velasco *et al.* (2006), quienes mencionan que hay una fuerte relación estacional entre las asociaciones de larvas de peces y la circulación geostrófica en la Bahía de La Paz y la parte sur del GC; Peguero-Icaza *et al.* (2008) mencionan que la distribución de las asociaciones de larvas de peces depende en gran medida de la circulación y que éstas tienden a permanecer en un ambiente favorable durante su desarrollo; Sánchez-Velasco *et al.* (2009) sugirió que la riqueza biológica de la zona costera, en diferentes fases de la circulación estacional (cyclónica y anticiclónica) tiene un papel importante en la funcionalidad de los ecosistemas pelágicos en la región norte del GC.

Recientemente en el GC se ha relacionado la distribución tridimensional de las larvas de peces en relación a la presencia de un frente de temperatura y clorofila superficial ubicado en la región central del Golfo. Danell-Jiménez *et al.* (2009) mencionaron que este frente tuvo una gran influencia sobre la distribución vertical de las asociaciones de larvas de peces, encontrando contrastes ambientales entre los dos lados del frente, generando diferente hábitat con estructura de la comunidad distinta. Inda-Díaz *et al.* (2010) relacionaron la distribución de larvas de sardina (*Sardinops sagax*) y anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) con la presencia del frente térmico durante la temporada de invierno, encontrando las mayores abundancias de larvas en preflexión en el lado cálido del frente y en los estratos más superficiales. Por el contrario, en la zona

fría del frente detectaron ausencia de larvas en preflexión, sugiriendo que el frente actúa como una barrera para la distribución de estas larvas.

Los mecanismos que generan este tipo de estructuras y su efecto sobre el ecosistema marino requieren más investigación, ya que la relación descriptiva entre los giros y la estructura comunitaria del plancton es aún poco conocida.

Una de las razones de la falta de este tipo de estudios previos, ha sido la dificultad para realizar las observaciones necesarias desde buques de investigación, debido a la duración de estas estructuras y al movimiento rápido de los giros.

III. HIPÓTESIS

Considerando el carácter mero-planctónico de las larvas de peces y la dinámica teórica de un giro anticiclónico, se plantean la siguiente hipótesis:

La estructura hidrográfica y la circulación generada por el giro anticiclónico permiten suponer que se encontrarán las siguientes asociaciones de larvas de peces: (1) asociación de larvas de peces ubicada en la periferia este del giro, en la costa continental, con altas concentraciones de larvas de peces y biomasa de zooplancton, (2) asociación de larvas de peces en el centro del giro, con menor abundancia larval y biomasa de zooplancton con respecto a la periferia continental y (3) asociación larvaria en la periferia oeste del giro, en la costa peninsular, con las menores abundancias larvales y de biomasa de zooplancton.

Dichas asociaciones de larvas de peces serán limitadas por los gradientes hidrográficos, la profundidad de la piconclina y de la capa de mezcla que se generen en el giro y sus márgenes.

IV. OBJETIVO GENERAL

Conocer la distribución tridimensional de larvas de peces en relación a la estructura hidrográfica y circulación de un giro anticiclónico, detectado mediante imágenes de satélite, en el sur del GC durante Octubre de 2007.

IV.I. Objetivos particulares.

- Detectar estructuras oceanográficas de mesoescala en la región mediante el uso de imágenes de satélite de temperatura superficial y concentración de clorofila.
- Identificar la composición de larvas de peces en el área de estudio.
- Definir grupos de estaciones-estratos con base en la abundancia de larvas de peces y determinar las especies dominantes.
- Caracterizar las asociaciones larvarias mediante índices ecológicos.
- Conocer la distribución de factores ambientales como temperatura, salinidad, oxígeno, biomasa zooplanctónica y fluorescencia de la clorofila en el área de estudio.
- Conocer la circulación geostrófica del área de estudio.
- Relacionar la distribución tridimensional de las asociaciones de larvas de peces con variables ambientales mediante análisis multivariados y circulación del giro.

V. Área de estudio

El GC se caracteriza por ser un mar semicerrado (Fig. 1) con importante forzamiento proveniente del Océano Pacífico (Beier, 1997; Lavín *et al.*, 2009).

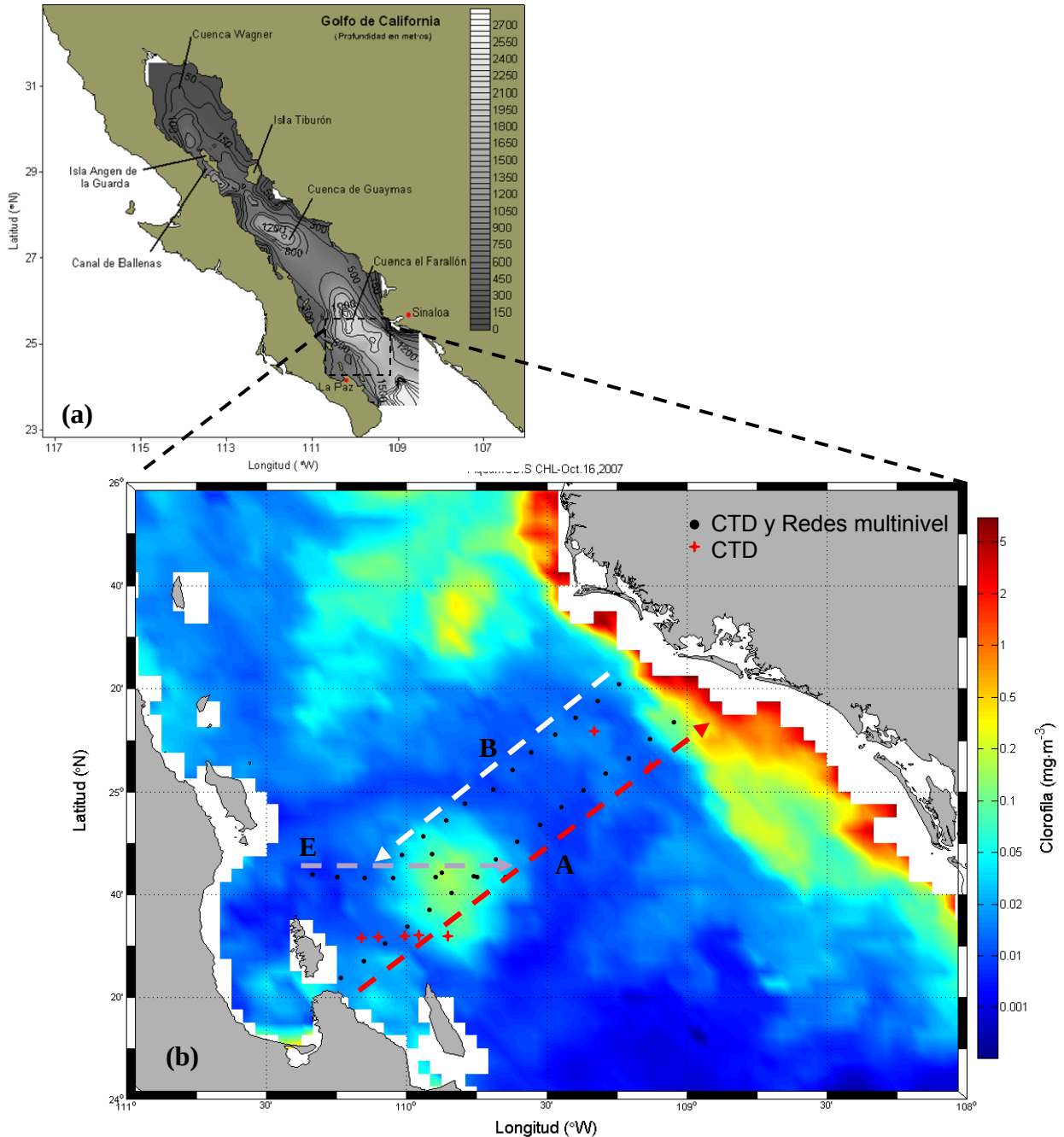


Figura 1. (a) Localización del área de estudio (batimetría del GC) y (b) de las estaciones de muestreo sobre una imagen satelital de temperatura superficial del mar (AQUA-MODIS). Promedio del 17-19 de octubre de 2007 (Las flechas discontinuas significan la dirección del muestreo).

La circulación superficial en el GC es predominantemente estacional. En los meses de otoño y primavera la estructura de las isolíneas tiene una estructura similar entre sí, sugiriendo una transición de circulación anticiclónica en invierno y ciclónica en verano (Soto-Mardones, 1999).

Una de las características batimétricas con consecuencias dinámicas es que del lado peninsular que la plataforma continental es casi inexistente y del lado continental la plataforma tiene unos 30 km de ancho (Lavín *et al.*, 1997).

Castro *et al.* (2000) sugieren que el intercambio de aguas entre el GC y el Pacífico se da vía circulación ciclónica durante primavera, otoño e invierno, aunque otros autores como Bray. (1988) y Beier. (1997) sugieren que sólo en verano se da un flujo ciclónico invirtiéndose en invierno a anticiclónico.

En las regiones central y sur del GC durante los meses de invierno las isothermas tienden a orientarse hacia la región del continente, mostrando aguas más frías en esta región (Soto-Mardones, 1999). En los meses de verano la estructura espacial de temperatura muestra, en forma más evidente, la presencia de aguas más cálidas en el lado del continente y más frías en el lado de la península. Esta variación estacional de temperatura puede explicarse en términos del efecto del viento, el cual tiene un carácter estacional (el viento sopla del noroeste durante el invierno y del sudeste durante el verano (Lavín *et al.*, 1997; Soto-Mardones, 1997; Lavín *et al.*, 2009) lo cual genera surgencias costeras del lado del continente en invierno y del lado de la península en verano.

Sin embargo, las imágenes de satélite sólo muestran claramente la surgencia invernal del lado continental y la surgencia de verano es más débil, lo cual se puede deber a la debilidad de los vientos durante esta época (Lavín & Marinone, 2003; Badan, 2003).

El GC se caracteriza por la presencia de giros y frentes con variación estacional y de mesoescala, los cuales han sido observados mediante el uso de imágenes de satélite (AVHRR y de color). Los giros que se han detectado pueden

medir de 50 a 150 km de diámetro (Pegau *et al.*, 2002). Sin embargo no existen trabajos que mencionen la duración y evolución de los mismos.

La comunicación entre el GC y el Océano Pacífico es de ~3000 m de profundidad y ~200 km de ancho (Lavín *et al.*, 2009). Esta es una región considerada de transición, donde se mezclan distintas masas de agua (Castro *et al.*, 2000; Lavín *et al.*, 2009).

Las propiedades termohalinas de las masas de agua en la entrada del Golfo se han definido de manera diferente por diversos autores, aquí solo haremos referencia a la clasificación propuesta por Castro *et al.*, (2006) y Lavín *et al.*, (2009), quienes mencionan que la estructura termohalina de las capas superiores del área donde se da la comunicación con el Pacífico (“la entrada”) es muy compleja debido a la confluencia de las aguas superficiales con características disímiles (Tabla 1), como es el Agua Superficial Tropical (AST), el Agua de la Corriente de California, (ACC) de origen subártico y Agua del Golfo de California (AGC). Las diferencias de temperatura y densidad entre estas masas de agua superficial causan frentes, que tienden a desarrollar estructuras de mesoescala como giros, chorros y meandros que son frecuentemente formados en la zona.

Tabla I. Clasificación de las masas de agua en el Golfo de California de acuerdo a Castro *et al.* (2006); Lavín *et al.* (2009).

Masas de agua	Abreviación	Salinidad	Temperatura (°C)
Agua del Golfo de California	AGC	>34.9	≥12
Agua Superficial Tropical	AST	<34.9	≥18
Agua de la Corriente de California	ACC	≤34.5	12 ≤ T ≤ 18
Agua Subsuperficial Subtropical **	ASST	34.5 < S < 35	9 ≤ T ≤ 18
Agua Intermedia del Pacífico	AIP	34.5 ≤ S ≤ 34.8	4 ≤ T < 9
Agua Profunda del Pacífico	APP	> 34.5	< 4

**Ahora considerada Agua modificada a los 13°C (Fiedler & Talley, 2006).

Debajo de las aguas superficiales (~150 m) comienza el Agua Subsuperficial Subtropical (ASST) y masas de agua más profundas, como el Agua Intermedia del Pacífico (AIP) y el Agua Profunda del Pacífico (APP), que son estables en la escala del tiempo estacional.

VI. METODOLOGÍA

Mediante el uso de imágenes de satélite de la temperatura superficial del mar (TSM) y clorofila *a* (CI *a*) superficial obtenidas del sistema www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/level3 en tiempo cuasi-real (con una resolución de 4 X 4 kilómetros), estas imágenes fueron procesadas en el laboratorio de Circulación y Dispersión Costera (CIRCOS) del Departamento de Oceanografía Física del CICESE, se monitoreó la región sur del GC durante los meses de septiembre y octubre de 2007. El fin fue ubicar estructuras de mesoescala, como se detectó un giro localizado entre los 24° y 26° de latitud Norte y 109° a 110° de longitud Oeste al oeste de Bahía de La Paz (Fig. 1).

Con estas imágenes satelitales obtenidas antes del muestreo, se planificó una red de estaciones físico-biológicas en tres transectos denominados como A, B y E, los cuales fueron transversales al golfo, con 48 estaciones de muestro para datos físicos.

VI.I. Trabajo de campo

La campaña oceanográfica se realizó a bordo del *B/O* Francisco de Ulloa del 14 al 23 de octubre del 2007 cuando las imágenes de satélite de TSM y CI *a* representaron con mayor intensidad el giro. En cada estación se obtuvieron perfiles verticales de conductividad, temperatura y profundidad, registrados con un CTD (Conductivity, Temperature and Depth) SBE-11 plus con sensores calibrados para medir concentración de oxígeno disuelto y fluorescencia (Godínez *et al.*, 2008).

También se obtuvieron muestras de agua mediante botellas Niskin de 5 L hasta 6 niveles de profundidad (superficie 10, 30, 50, 100, 150 y 200 m), para estimar la concentración de nutrientes (NO₃, NO₂, PO₄), y de CI *a*. La cual se congeló a -20 °C para su análisis en el laboratorio.

Las muestras de zooplancton se recolectaron durante el día y la noche en cuatro estratos de profundidad de 200-150 m, 150-100 m, 100-50 m y 50 m a la superficie, utilizando una red cónica de cierre-apertura-cierre de 60 cm de

diámetro de boca, 250 cm de largo de malla y 505 m de apertura de malla. La profundidad de cada estrato fue calculada mediante el método del coseno del ángulo del cable siguiendo las recomendaciones de Smith & Richardson (1979). Los arrastres fueron oblicuos con trayectoria circular navegando a una velocidad de 2.5 nudos. La profundidad del fondo varió, por lo que no en todas las estaciones fue posible obtener las muestras de los cuatro niveles. El volumen de agua filtrada se calculó por medio de flujómetros instalados en cada una de las bocas de las redes. Las muestras obtenidas fueron fijadas con una solución de formaldehído al 4%, neutralizada con borato de sodio para posteriormente etiquetarlas, siguiendo las recomendaciones de Smith & Richardson (1979).

VI.II. Trabajo de laboratorio.

La determinación de fosfatos, nitritos y nitratos, se realizó siguiendo la técnica de Strickland & Parsons (1972). Los nitratos se determinaron siguiendo el método de Murphy & Riley (1963) modificado por Grasshoff (1964) y Armstrong *et al.* (1967). Los nitritos se analizaron mediante el método de Shinn aplicado a agua marina por Bendishneider & Robinson (1952). El fosfato según lo descrito por Murphy & Riley (1962). Los valores de los nutrientes son expresados en μM .

Para la determinación espectrofotométrica de Cl a , se filtraron 1.5 L de agua de las muestras, a través de filtros GF/F al vacío ($<1/3 \text{ atm}$). Las extracciones de clorofila se hicieron colocando los filtros por 24 h en 10 ml de acetona al 90% como lo recomienda Venrick & Hayward. (1984) y utilizando las ecuaciones de Jeffrey & Humphrey. (1975) para calcular la concentración de Cl a . Estos valores se expresan como mg Cl a m^3 .

Para la determinación de la biomasa del zooplancton se utilizó el método de volumen desplazado, descrito por Kramer *et al.* (1972) y Beers. (1985). El volumen obtenido se estandarizó a $\text{ml}/1000 \text{ m}^3$. Este método es el más utilizado en la zona del Pacífico Norte Mexicano incluyendo el GC (Smith & Richardson, 1979).

Después de la medición de la biomasa de zooplancton se separaron las larvas de peces en su totalidad de cada una de las muestras. Las larvas de peces

se identificaron, utilizando un microscopio estereoscópico, hasta el nivel taxonómico más preciso posible con base a las características merísticas y morfométricas y de pigmentación según Moser (1996). Aquellas especies que no se encuentran descritas en la literatura, se determinaron a nivel de género o familia distinguiéndose como morfotipos, siendo entonces aquellos organismos diferenciados por sus características como una unidad taxonómica independiente.

VI.III. Análisis de datos.

VI.III.I. Anomalía geopotencial

Se calculó la anomalía geopotencial con los campos georeferenciados en un mapa objetivamente de temperatura potencial y salinidad (θ y S), por medio de la integración de la anomalía del volumen específico desde el nivel referido a la profundidad común mínima entre pares de estaciones vecinas (Godínez-Sandoval *et al*, 2008).

La anomalía geopotencial es el cambio de energía potencial por unidad de masa. Esta cantidad permite estimar la diferencia de altura de las superficies isobáricas entre estaciones oceanográficas contiguas, estableciendo la dirección de la corriente. Es decir, que si la superficie isobárica dada esta inclinada, entonces (en el hemisferio norte), la corriente estará a lo largo de la pendiente en dirección tal que la superficie está más alta del lado derecho. (Pond & Pickard, 2003).

Las velocidades geostróficas, V_g se obtienen como:

$$Vg(p, x) = f^{-1} = c^2 - 1 \frac{\Delta D(p, x)}{\Delta x},$$

donde ΔD (p, x) es la diferencia entre la anomalía geopotencial separada una distancia Δx , $f=2\omega \sin \varphi$ es el parámetro de Coriolis, φ es la latitud y ω es la velocidad angular de la Tierra.

VI.III.II. Transectos verticales de variables ambientales.

Utilizando análisis objetivo con el fin de reducir el efecto de los procesos a pequeña escala, se realizaron transectos verticales de densidad potencial (Kg m^{-3}), temperatura potencial (θ °C), salinidad (ups), velocidad geostrófica (cm s^{-1}), oxígeno disuelto (mL/L) y fluorescencia, expresada en clorofila a (mg m^{-3}) obtenida del CTD (Ver Godínez-Sandoval *et al.*, 2007), para los transectos A, B y E.

Con los datos del CTD también se realizó un diagrama T-S con el fin de determinar las masas de agua que estaban presentes en la zona durante el estudio.

VI.IV. Larvas de peces.

Se creó una matriz de abundancia de larvas por especie y estrato-estación de muestreo, la cual se estandarizó a número de organismos/ 10m^2 , de acuerdo a las recomendaciones de Smith y Richardson. (1979). Del listado de especies se obtuvo la afinidad zoogeográfica y el hábitat característico de los adultos usando FishBase en su versión de página web 2010 (<http://www.fishbase.org/search.php>).

Con el programa estadístico Minitab 16, a la matriz de abundancia de larvas de peces se le aplicó una prueba no paramétrica de rangos para muestras independientes, conocida como prueba de Kruskal-Wallis (Sokal & Rohlf, 1969; Siegel & Castellón, 1988), para evaluar si hay diferencias significativas entre la abundancia larval en los muestreos realizados durante el día y la noche, entre el centro y la periferia del giro, por estadio de desarrollo y para valorar si existen diferencias significativas entre los distintos de estratos.

Como se registraron diferencias significativas (la hipótesis nula se rechazó), se realizó una prueba *a posteriori*; comparación múltiple de Tukey (Daniel, 1994), utilizada para determinar entre que pares de estratos existen

diferencias significativas. El nivel de significancia especificado es de $p=0.05$ para ambos análisis estadísticos.

VI.IV.I. Determinación de las asociaciones larvarias.

Para la determinación de grupos de especies por estratos, es decir hábitat planctónicos, y especies que caracterizan a cada grupo, se realizó una matriz de abundancia de larvas por estrato de muestreo, la cual se transformó a raíz cuarta para disminuir la influencia matemática de las especies abundantes y tender a homogenizar la varianza, (Field *et al.*, 1982). Tomando en cuenta todos los taxones con una frecuencia ≥ 0.10 de abundancia relativa, se aplicó el índice de disimilitud de Bray-Curtis, el cual no da peso a las dobles ausencias y a especies raras (Field *et al.*, 1982), mediante el algoritmo flexible con un $\alpha=0.25$ (Lance & Williams, 1966). Los análisis se realizaron con el software ANACOM (Análisis de Comunidades) (Desarrollado por De la Cruz-Agüero, 1994). A partir de esto se elaboró el mapa de distribución de las asociaciones larvarias que fueron definidas.

Al conjunto de especies identificadas en cada hábitat planctónico se les considero como asociaciones de larvas de peces. Si bien algunas especies pueden estar presentes en diferentes hábitat, la premisa es que aunque los peces adultos cruzan las fronteras planctónicas, los huevos y las larvas pueden ser retenidos (Espinosa-Fuentes & Flores-Coto, 2004; Sánchez-Velasco *et al.*, 2007). Si los hábitats son favorables para su supervivencia, las larvas se desarrollan en diferente hábitat durante su fase de vida planctónica. Se espera que la diferencia en la abundancia de larvas muestre el área principal de desove de la especie (Danell-Jiménez *et al.*, 2009).

La ubicación jerárquica de las especies dentro de cada grupo de estratos formado por el índice de disimilitud de Bray-Curtis se determinó utilizando la prueba de Olmstead-Tukey (Sokal & Rohlf, 1985), extrapolada a las comunidades de larvas de peces por Sánchez-Velasco. (1991), mediante la cual se analizó gráficamente la abundancia relativa promedio de cada especie (eje x), contra el porcentaje de la frecuencia de aparición de cada una (eje y). Esta prueba permite

establecer una clasificación de la ocurrencia temporal de las especies en el área de estudio de acuerdo a los criterios antes mencionados, los cuales se ubicaron de la siguiente manera: A) Especies dominantes: son aquellas cuyos valores tanto de abundancia, como de frecuencia relativa son mayores a la media aritmética, B) Especies constantes: aquellas cuya abundancia relativa no rebasa el valor promedio, pero si en relación a su frecuencia relativa de aparición, C) Especies ocasionales: cuya abundancia relativa es mayor al valor promedio de esta variable, pero con valores de aparición inferiores al promedio de la frecuencia relativa, y D) especies raras: que se caracterizan por que ambas, sus abundancias y sus frecuencias relativas de aparición están por debajo de sus respectivas medias aritméticas.

Para caracterizar cada asociación de larvas de peces se calcularon los siguientes índices.

a) El Índice del Valor de Importancia (IVI) el cual considera la abundancia (N) (100 %) y frecuencia relativas (f_i) (100 %) (Brower *et al.*, 1998); b) la diversidad mediante el índice de Shannon-Wiener (Ludwig & Reynolds, 1988). El índice toma en cuenta la proporción del número de individuos con respecto al total de especies.

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i,$$

donde H' es la diversidad en bits/individuos y p_i representa la proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i/N_i); c) la Equidad (E) que es la proporción entre la diversidad observada y la diversidad máxima esperada en la colecta (Pielou, 1969; 1975) y d) la dominancia específica a partir de la expresión $D=1-J'$, donde J' corresponde al valor calculado de la equidad. Cuando el valor resultante tiende a cero, la dominancia es baja y por el contrario, cuando dicho valor es cercano o igual a uno, la dominancia es alta (Brower & Zar, 1977).

VI.IV.II. Relaciones entre variables ambientales y biológicas

Con el fin de observar la distribución y concentración de los nutrientes, la Cl a, la biomasa de zooplancton y las especies de larvas de peces, éstas se sobrepusieron en los transectos verticales de densidad y temperatura potencial, salinidad, oxígeno disuelto y fluorescencia mediante el uso de rutinas en MATLAB (R2009b) y el software SURFER 9.0.

Se construyó una matriz de datos ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fluorescencia, profundidad y biomasa zooplanctónica) considerando el promedio de cada uno de los estratos por estación de muestreo, con el fin de aplicar el análisis multivariado de Análisis Canónico de Correspondencia (ACC; Ter Braak, 1986), para relacionar la distribución de las larvas de peces con respecto a las variables ambientales, utilizando el programa CANOCO 4.5.

El ACC se obtiene mediante el uso de la matriz estandarizada de abundancia de larvas por especie y estrato-estación de muestreo (transformada a raíz cuarta) y con las variables ambientales por estación de muestreo.

Este método consiste en un análisis simultáneo que extrae toda la varianza de dos o más matrices de datos multivariados, que provee una descripción integrada de las especies por estación de muestreo y las variables ambientales. Se pueden encontrar las mejores combinaciones lineales de las variables ambientales registradas, las cuales responden a la variación de las especies por estación. A estas combinaciones lineales se les llama “ejes ambientales” donde, en la ordenación del diagrama las especies por estrato-estación de muestreo son representadas por puntos y los parámetros ambientales por vectores, la longitud de dicho vector indica su importancia relativa y el ángulo de separación entre los ejes de ordenación y los vectores indican el grado de correlación (Ter Braak, 1986).

Los mapas de distribución de las variables ambientales en la vertical y asociaciones de larvas de peces se traslaparon con rutinas Matlab desarrolladas por el laboratorio de Circulación y Dispersión Costera (CIRCOS-CICESE).

VII. RESULTADOS

VII.I. Hidrografía.

Haciendo una revisión de las imágenes de satélite previas al inicio del muestreo (no se muestra la serie de imágenes), se observó que el giro venía del norte con tiempo de existencia hasta el momento del crucero de ~23 días y con una duración aproximada de 32 días. El giro se desintegró debido a los vientos de la tormenta tropical *Kiko* (ver reporte meteorológico (<http://wwwsmn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2007/pacifico/kiko.pdf>)).

Las imágenes de satélite de temperatura superficial del mar (TSM) (Fig. 2a) y de concentración de pigmentos de clorofila *a* (Fig. 2b) mostró la presencia de un giro, el cual tipificamos inicialmente como anticiclónico por la forma de las “colas” alrededor del giro. Se presentaron las mayores temperaturas ($\geq 28.5^{\circ}\text{C}$) en el giro, que confirman que es un giro anticiclónico. Sin embargo, el que fuese alto en clorofila ($\geq 0.2 \text{ mg m}^{-3}$) con respecto a la periferia no sería normal para giros anticiclónicos. Los mayores valores de clorofila se presentaron del lado de la costa continental.

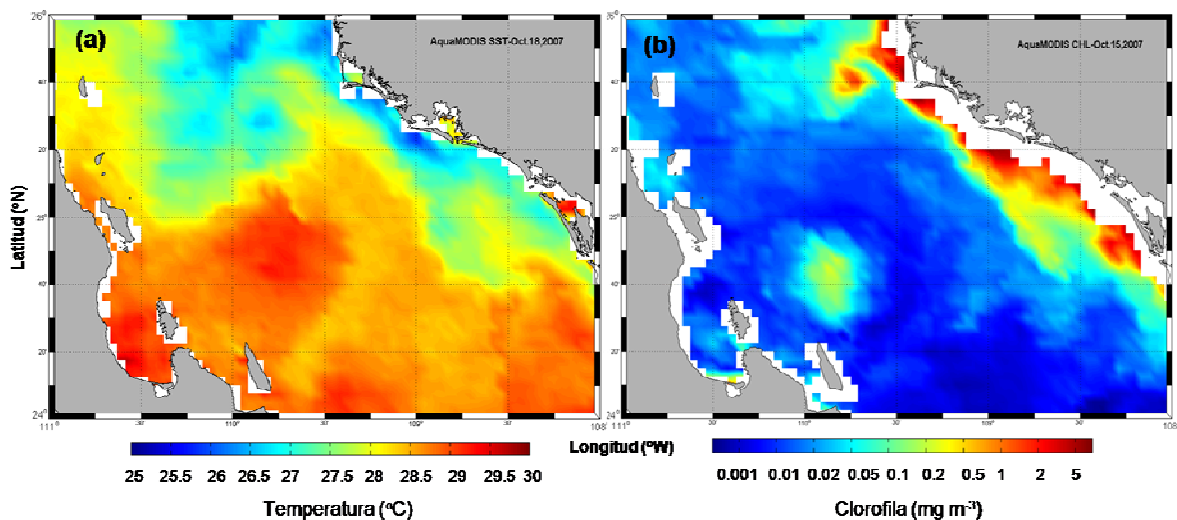


Figura 2. Imágenes de satélite de: (a) temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y (b) concentración de clorofila *a* superficial (mg m^{-3}), valores promedio del 17 al 19 de octubre de 2007.

VII.I.II. Distribución vertical de los parámetros ambientales *in situ*.

La distribución de las variables hidrográficas y químicas fue muy similar en los transectos A y B (Fig. 1), por lo que se describen de forma simultánea.

La temperatura (Fig. 3a y 5a) fue mayor en los primeros 20 m de profundidad ($\geq 28^{\circ}\text{C}$) disminuyendo con la profundidad, observándose depresión en las isotermas entre la estación 3 y 10 en el transecto A y entre la estación 25 y 31 en el transecto B; confirmando en ambos casos la presencia del giro anticiclónico. En las estaciones cercanas a la costa continental se observa el ascenso de las isotermas destacándose que la de 28°C llega hasta la superficie. La capa de mezcla se observa en el centro del giro hasta los 70 m de profundidad, y en la periferia continental a 40 m.

La distribución de la salinidad en ambos transectos A y B (Fig. 3b y 5b) mostró las menores salinidades en el área de influencia del giro (≤ 34.8), lo cual sugiere la presencia de agua subtropical subsuperficial (ASST) por debajo de los 60 m y agua tropical superficial (AST) con menores salinidades en los primeros 50 m. Mientras que en las estaciones de la periferia continental se encontraron las mayores salinidades (≥ 34.9), características típicas del agua del Golfo de California (AGC). Se observa un máximo de salinidad en la zona del giro entre los 50 y 70 m. Las mayores salinidades (≥ 35) se registraron en las estaciones cercanas a las costas de Sinaloa en la parte superficial.

Las isopicnas siguen una trayectoria similar a las isotermas (Fig. 3c y 5c), las cuales se deprimen en el centro del giro hasta los 70 m de profundidad y se elevan hacia la costa continental desde los ~30 m profundidad rompiendo en superficie la isopicna de 23.

El máximo de clorofila (Cl a) en los dos transectos referidos (Figs. 4a, 6a) se encuentra sobre los 40 m de profundidad en la periferia del giro, coincidiendo con la profundidad de la capa de mezcla. En el área del giro se hunden las isolíneas hasta los 60 m de profundidad.

En cuanto a la distribución de la concentración de oxígeno disuelto (Figs. 4b, 6b y 8b), los mayores valores se encontraron cerca de la superficie ~20 m (≥ 4 mL/L) observándose que en la zona de influencia del giro estos valores llegan hasta los 40 m de profundidad; en contraste, por debajo del giro hay un ascenso de la oxiplota de 1 mL/L hasta los ~90 m de profundidad.

En el transecto E (Fig. 1), aunque con perspectiva diferente a las anteriores (A y B), se observan las mismas características hidrográficas y químicas del giro. Entre las estaciones 35 a 43 se observó el hundimiento de las isothermas, así mismo por debajo del giro la isoterma de los 16°C se eleva hasta los ~90 m (Fig. 7a) La salinidad muestra las menores salinidades en la zona del giro (≤ 34.8) y los mayores valores de salinidad (≥ 34.9) cercanas a la periferia peninsular (Fig. 7b).

VII.II. Velocidades geostroficas.

Los cálculos de las corrientes geostroficas (Figs. 9a, 9b y 9c) definieron los límites de influencia horizontales y verticales del giro. Los valores negativos del lado peninsular muestran un flujo de agua de salida y del lado peninsular un flujo de entrada presentando valores positivos. En el transecto A, el giro se detecta entre la estaciones 3 y 10; y en el transecto B, el giro se ubica entre la estación 24 y 31, y en la línea E, entre las estaciones 35 y 43.

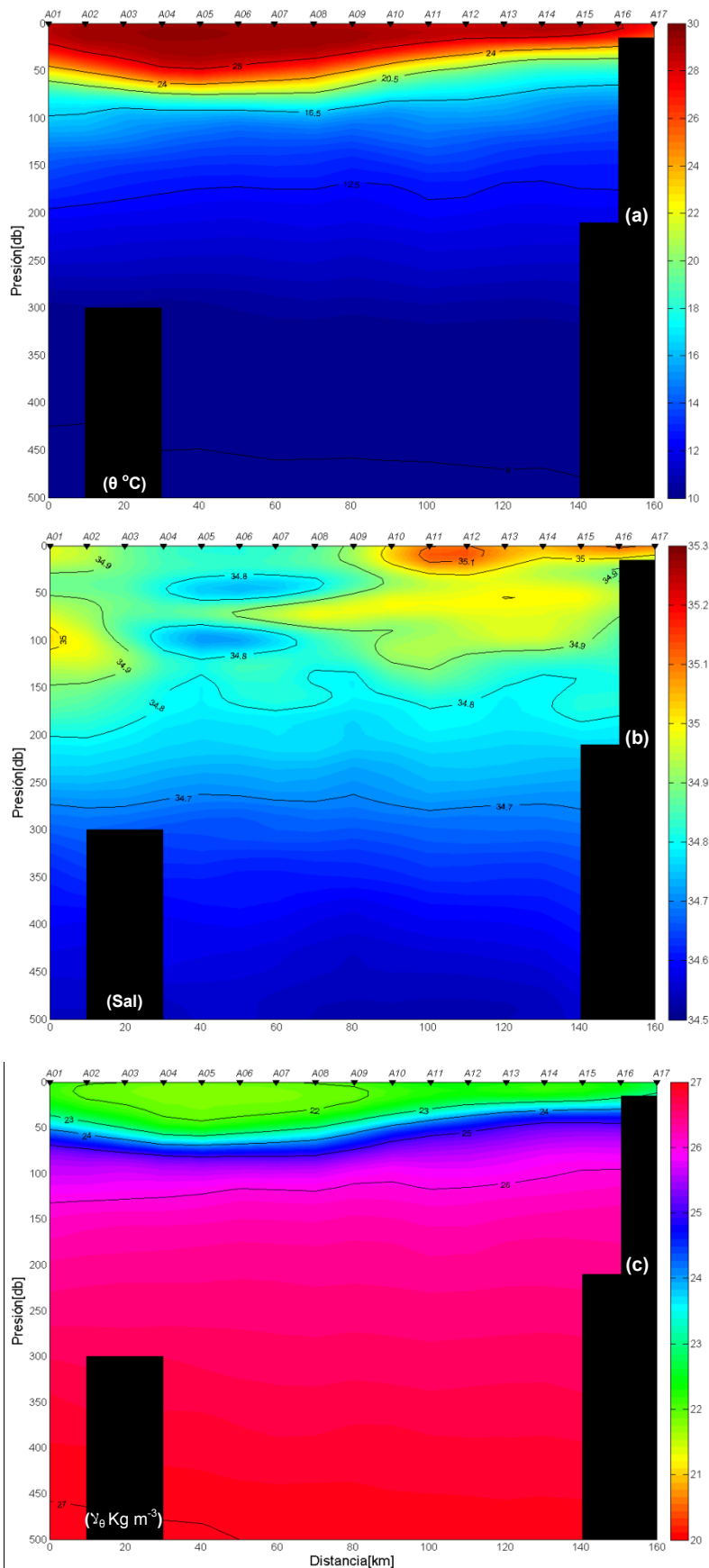


Figura 3. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea A (ver figura 1): (a) Temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$), (b) Salinidad (Sal), (c) Anomalía de la densidad potencial (Kg m^{-3}).

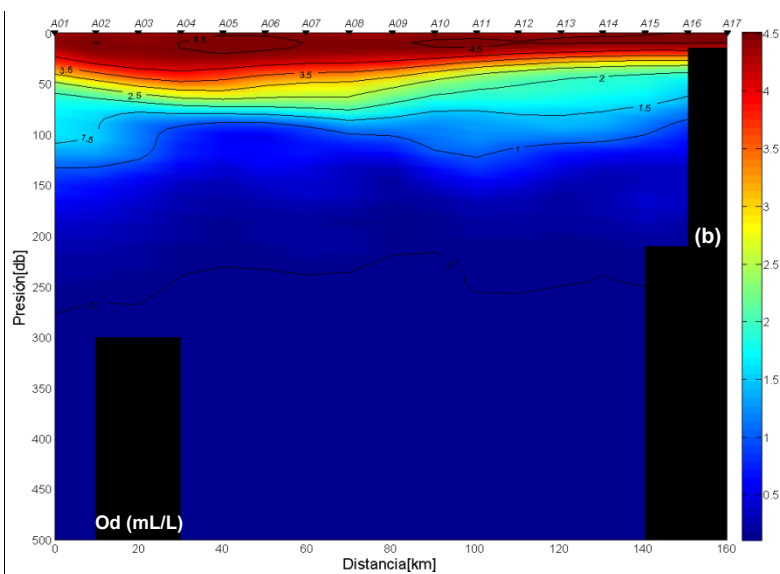
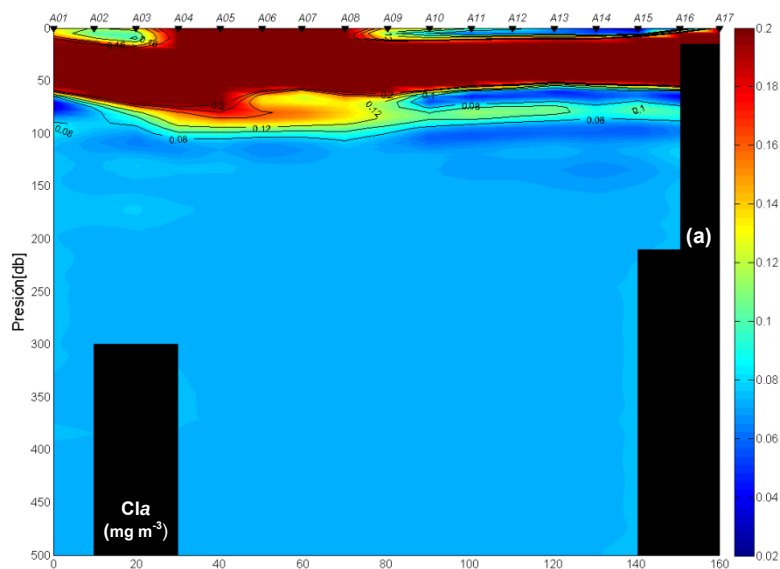


Figura 4. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea A (ver figura 1): **(a)** Clorofila *a* (mg Cla m^{-3}) y **(b)** Oxígeno disuelto (mL/L).

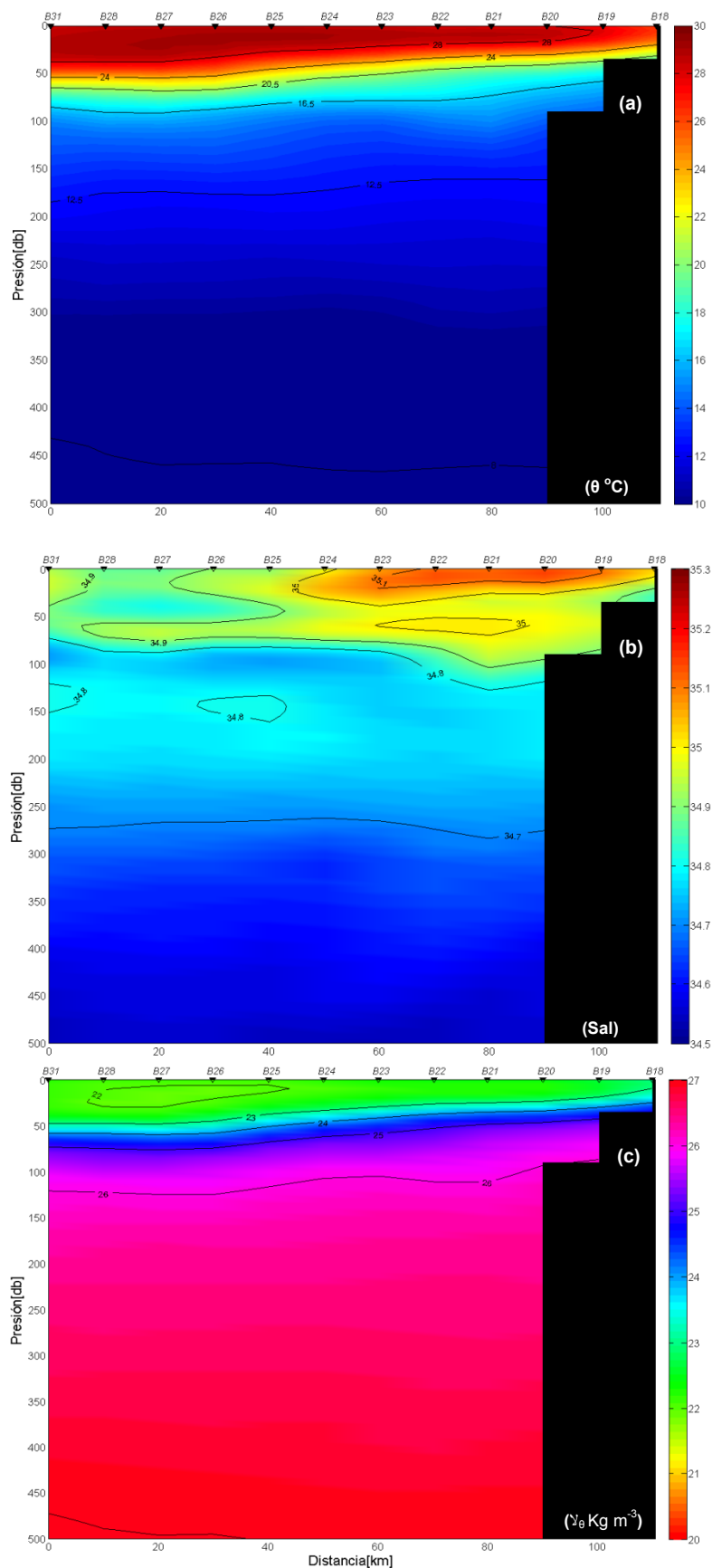


Figura 5. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea B (ver figura 1): (a) Temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$), (b) Salinidad (Sal), (c) Anomalia de la densidad potencial (Kg m^{-3}).

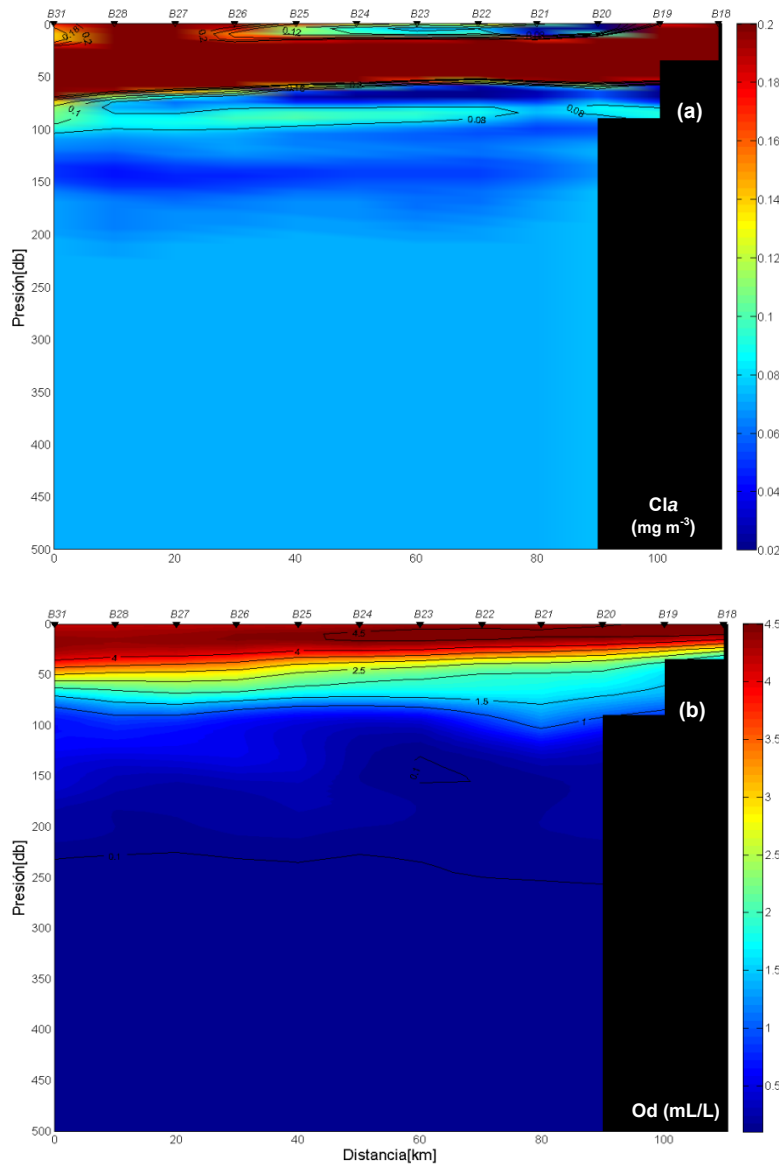


Figura 6. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea B (ver figura 1): (a) Fluorescencia de la clorofila (mg Cla m^{-3}) y (b) Oxígeno disuelto (mL/L).

El transecto E (ver Fig. 1) aunque con perspectiva diferente a las anteriores (A y B), se observan las mismas características hidrográficas y químicas del giro. Entre las estaciones 35 a la 43 se observa la depresión de las isothermas, así mismo por debajo del giro la isoterma de los 16°C se eleva hasta los ~90 m (Fig. 7a) La salinidad (Fig. 7b) muestra las menores salinidades en la zona del giro (≤ 34.8) y los mayores valores de salinidad (≥ 34.9) cercanas a la periferia peninsular.

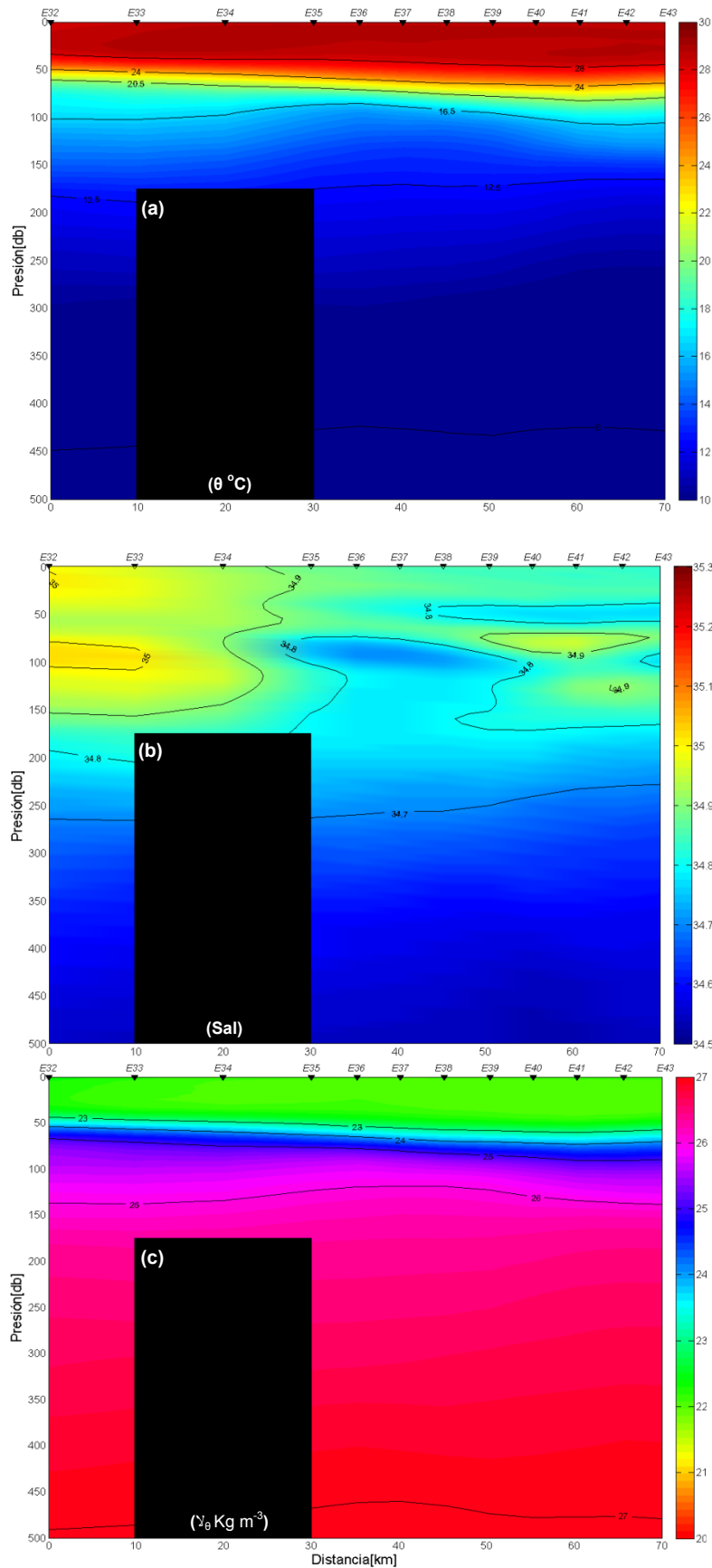


Figura 7. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea E (ver figura 1): (a) Temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$), (b) Salinidad (Sal), (c) Anomalia de la densidad potencial (Kg m^{-3}).

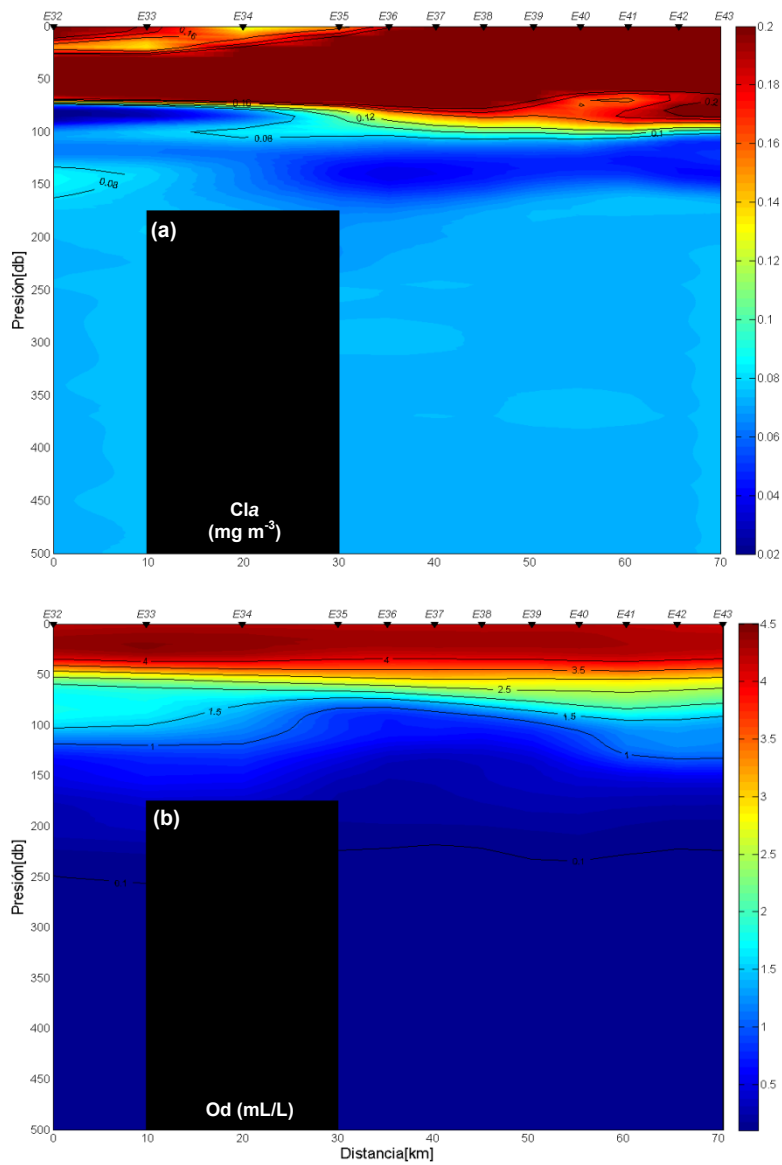


Figura 8. Distribución vertical de las variables ambientales a lo largo de la línea E (ver figura 1): **(a)** Clorofila (mg Cla m^{-3}) y **(b)** Oxígeno disuelto (mL/L).

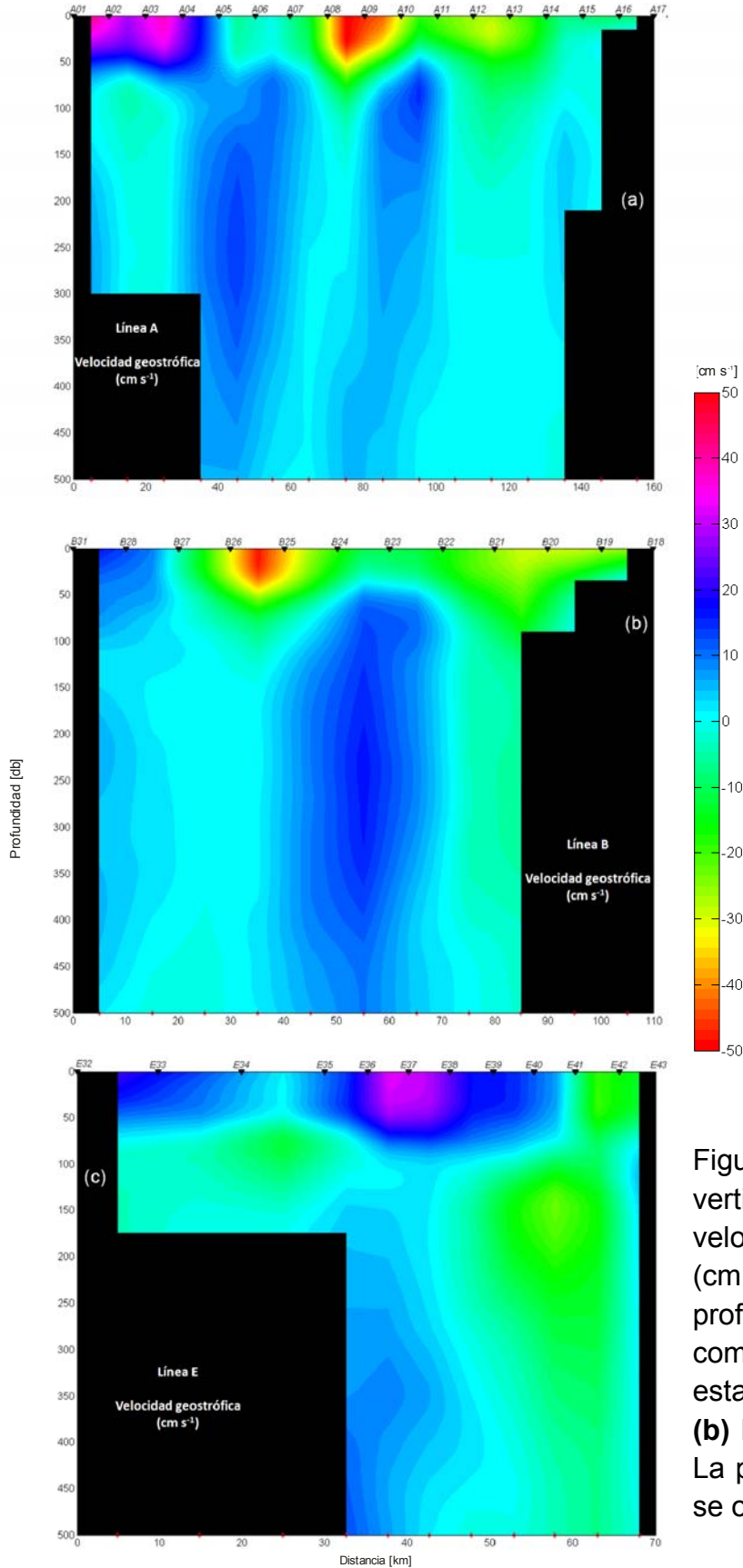


Figura 9. Distribución vertical de las velocidades geostróficas (cm s^{-1}) relativas a la profundidad mínima en común entre pares de estaciones. **(a)** Línea A; **(b)** Línea B; **(c)** Línea E. La posición de las líneas se observa en la Fig. 1.

VII.II.I. Distribución vertical de nutrientes y clorofila a.

La concentración de los nitratos (NO_3) a lo largo de los transectos A y B presentaron las mayores concentraciones ($\geq 7.1\mu\text{M}$) debajo de los 100 m de profundidad (Fig. 10a y 12a), y las menores sobre los estratos más superficiales ($\leq 2.0\mu\text{M}$), registrándose un ligero incremento en las estaciones (14-16 y 20-22) cercanas a la costa oriental (periferia del giro continental).

Las mayores concentraciones de nitritos (NO_2 ; Figs. 10b, y 12b) se encontraron en los primeros 100 m de profundidad ($\geq 0.041\mu\text{M}$), resaltando algunos núcleos altos entre las estaciones 4, 24-26 en la zona del giro y en las estaciones 17-22 de la periferia continental, disminuyendo con la profundidad ($\leq 0.040\mu\text{M}$).

Las concentraciones de los fosfatos (PO_4) (Figs. 11a y 13a) mostraron el mismo patrón de distribución que los nitratos, con las menores concentraciones en los primeros 100 m de profundidad ($\leq 0.1\mu\text{M}$) y las mayores concentraciones por debajo de los 100 m ($\geq 2.0\mu\text{M}$).

La clorofila a (Cl a) (Figs. 11b y 13b) mostró sus mayores valores ($\geq 1.0\text{ mg m}^{-3}$) en la zona en donde se presenta el máximo de fluorescencia, por encima de los 50 m, encontrándose un núcleo en el centro del giro y en la costa oriental con valores altos ($\geq 2.1\text{ mg m}^{-3}$), correspondiendo en gran medida con lo observado en las imágenes de satélite.

Sobre el transecto E, las concentraciones de nitratos (NO_3) presentaron las mayores contracciones ($\geq 7.1\mu\text{M}$) debajo de los 100 m de profundidad, y las menores sobre los estratos más superficiales ($\leq 2.0\mu\text{M}$) (Fig. 14a), con una distribución inversa a los nitritos (NO_2) (Fig. 14b) presentándose las mayores concentraciones ($\geq 0.041\mu\text{M}$) en la superficie.

Las concentraciones de los fosfatos (PO_4) mostraron el mismo patrón de distribución que los nitratos con las menores concentraciones en los primeros 100 m de profundidad ($\leq 0.1\mu\text{M}$) y las mayores concentraciones por debajo de los 100

m ($\geq 2.0 \mu\text{M}$) (Fig. 15a). La Cl a (Fig. 15b) muestra sus mayores valores ($\geq 1.0 \text{ mg m}^{-3}$) entre los 30 y 40 m, lo cual coincide con los valores de fluorescencia.

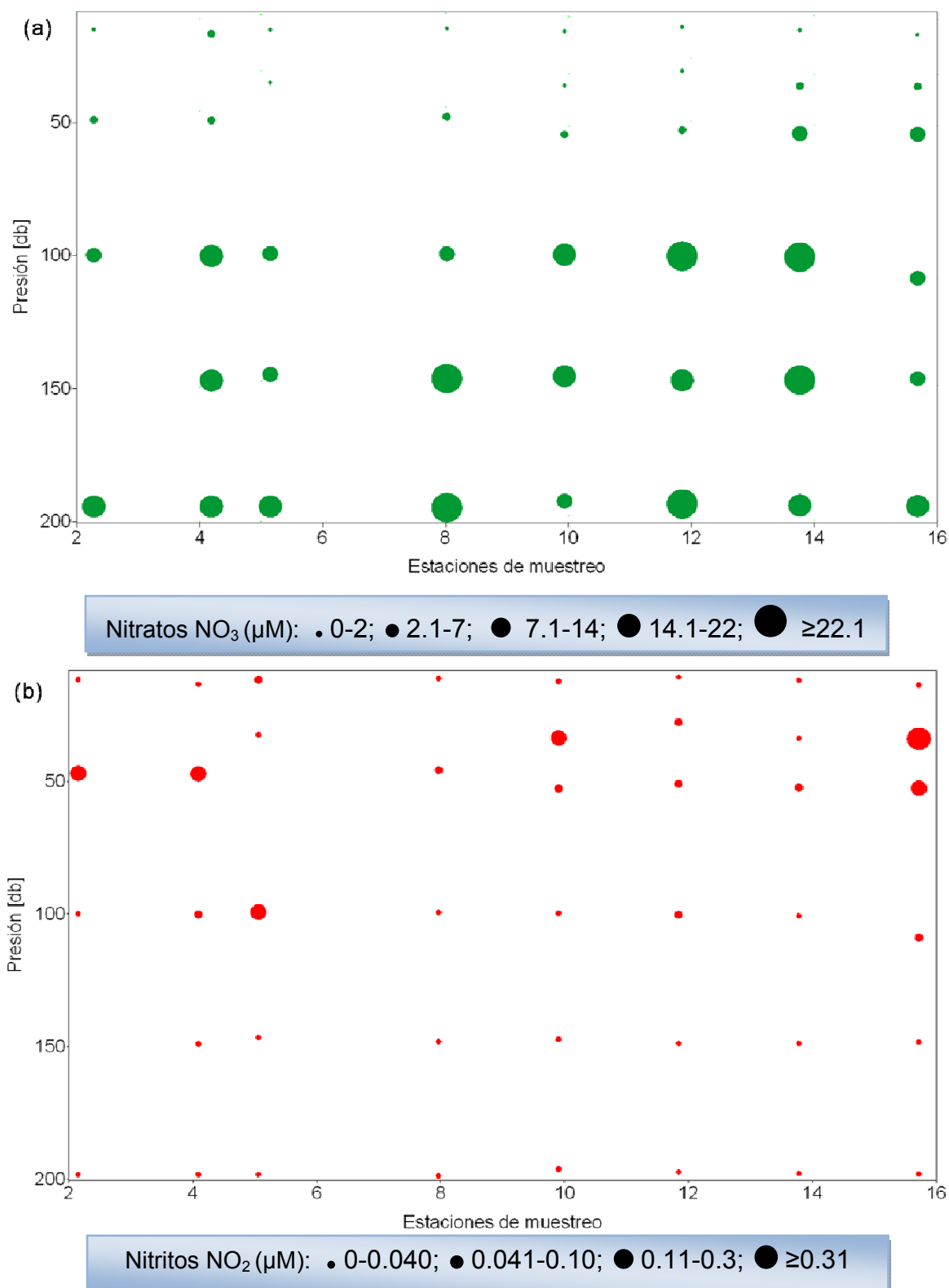


Figura 10. Distribución vertical a lo largo de la línea **A** (ver figura 1): (a) Nitratos NO_3 (μM), (b) Nitritos NO_2 (μM). Zona del giro.

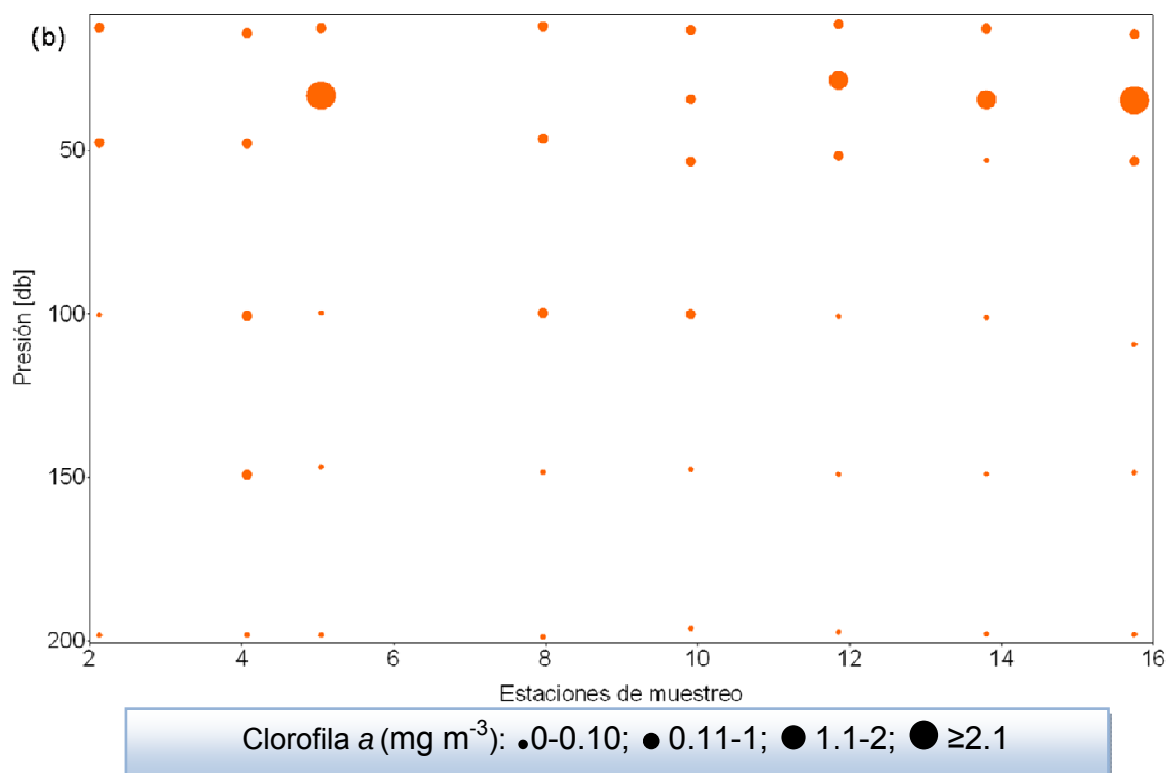
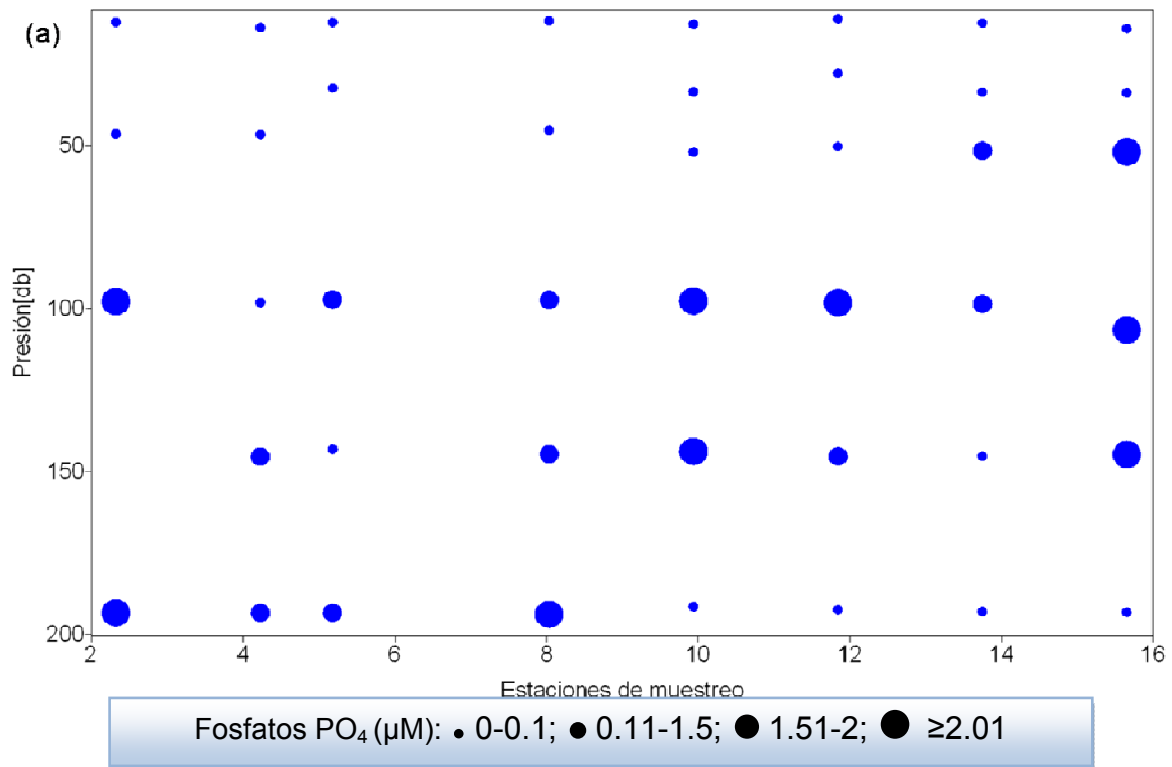


Figura 11. Distribución vertical a lo largo de la línea A (ver figura 1): (a) Fosfatos PO_4 (μM), (b) Clorofila a (mg m^{-3}).Zona del giro.

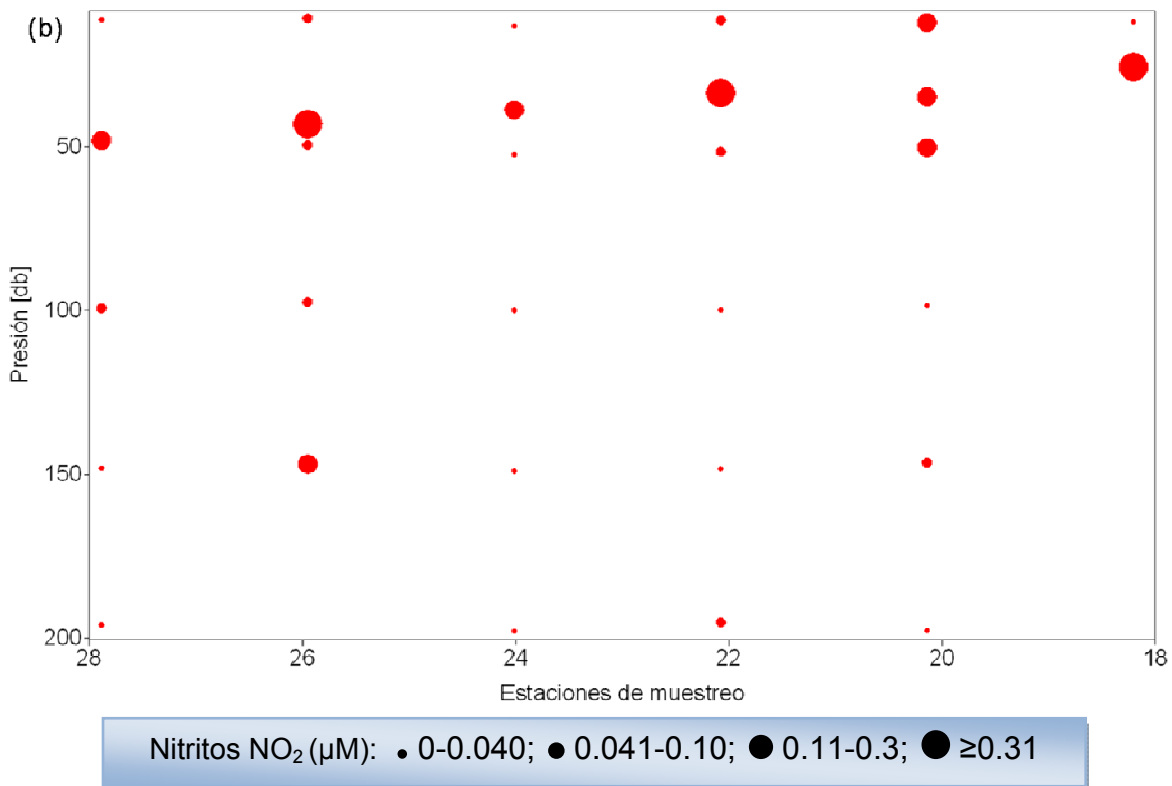
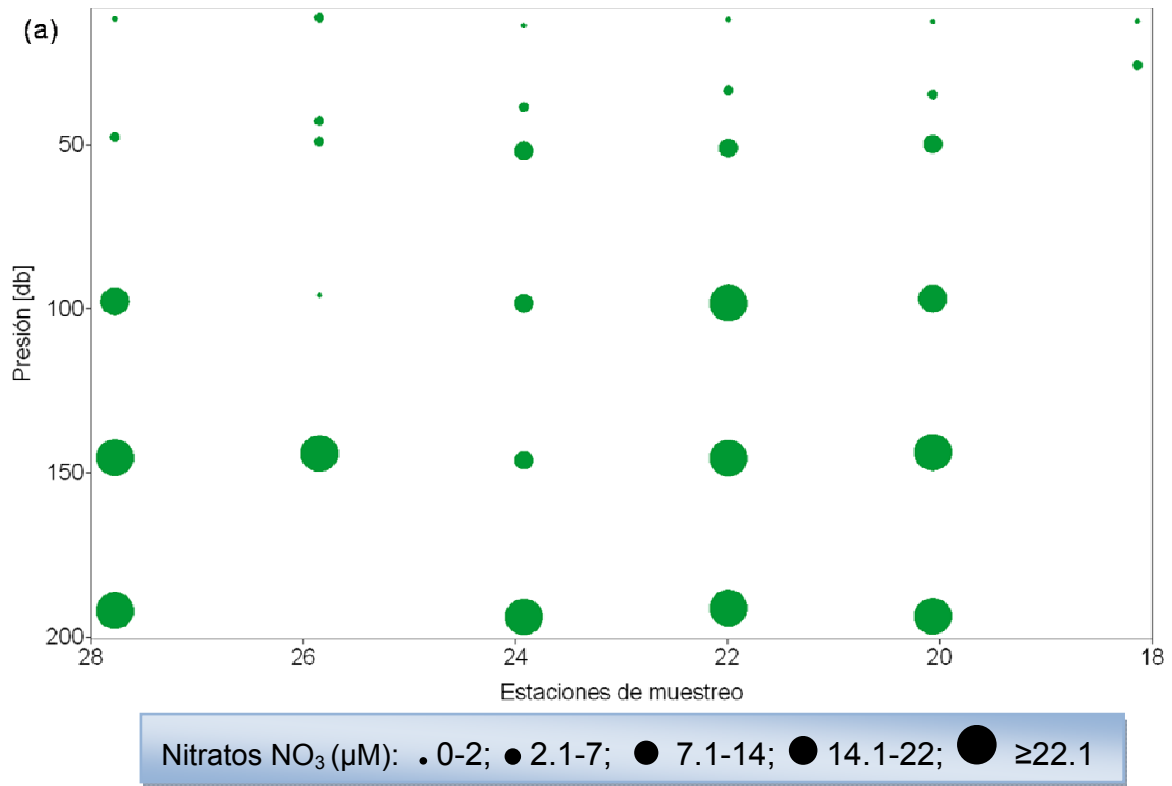


Figura 12. Distribución vertical a lo largo de la línea **B** (ver figura 1): (a) Nitratos NO_3 (μM), (b) Nitritos NO_2 (μM).Zona del giro.

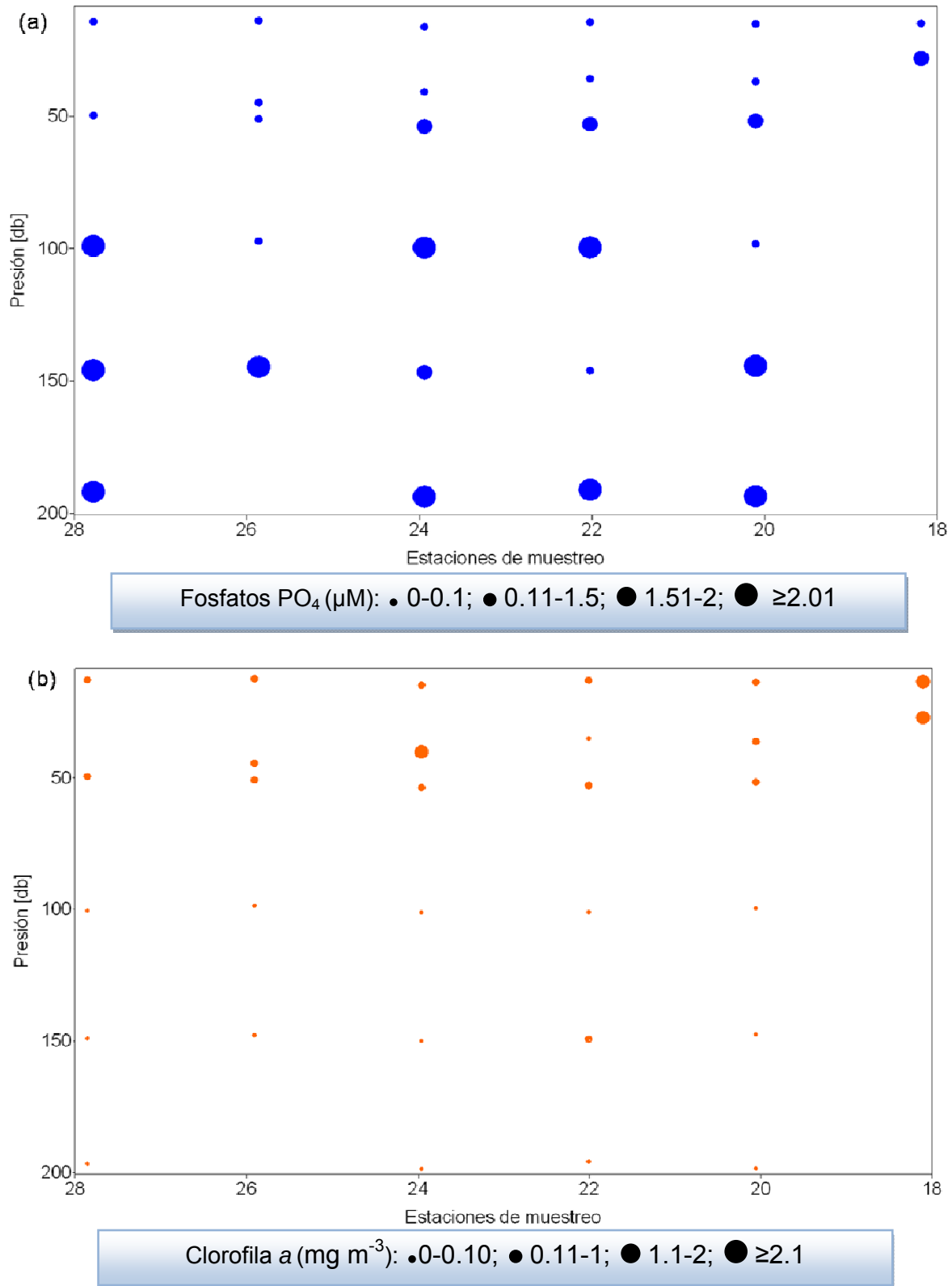


Figura 13. Distribución vertical a lo largo de la línea **B** (ver figura 1): **(a)** Fosfatos PO_4 (μM), **(b)** Clorofila a (mg m^{-3}). Zona del giro.

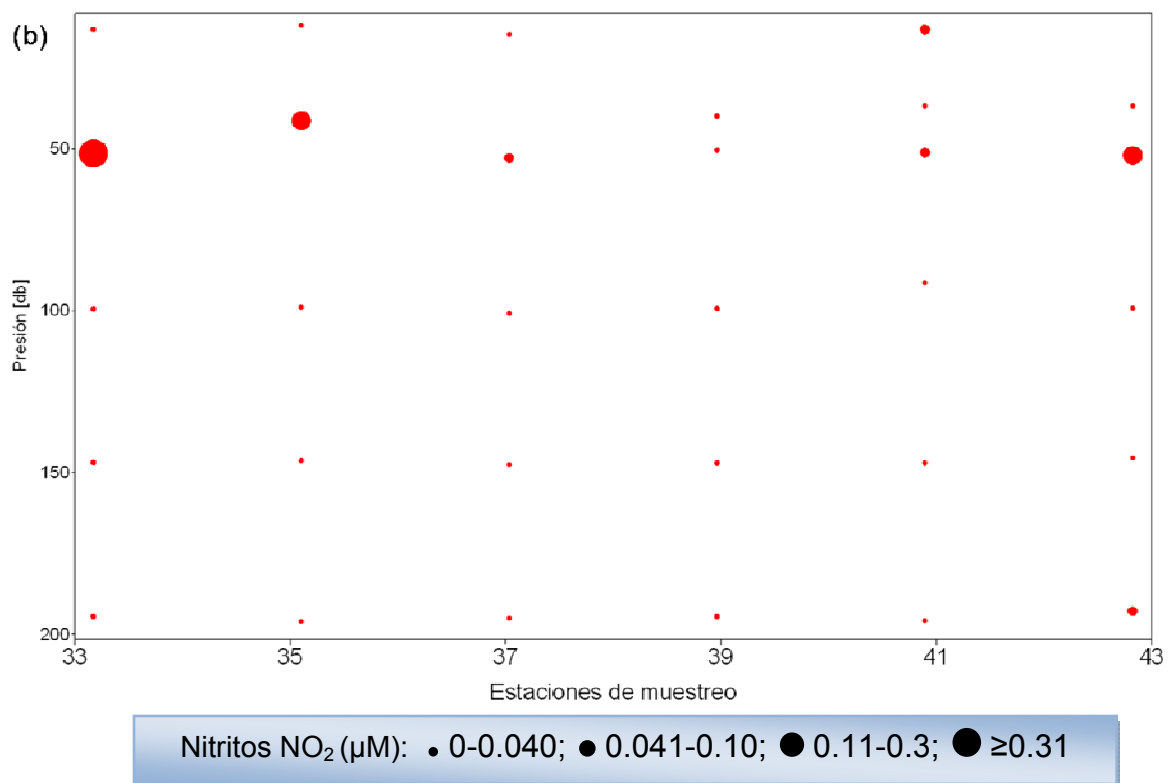
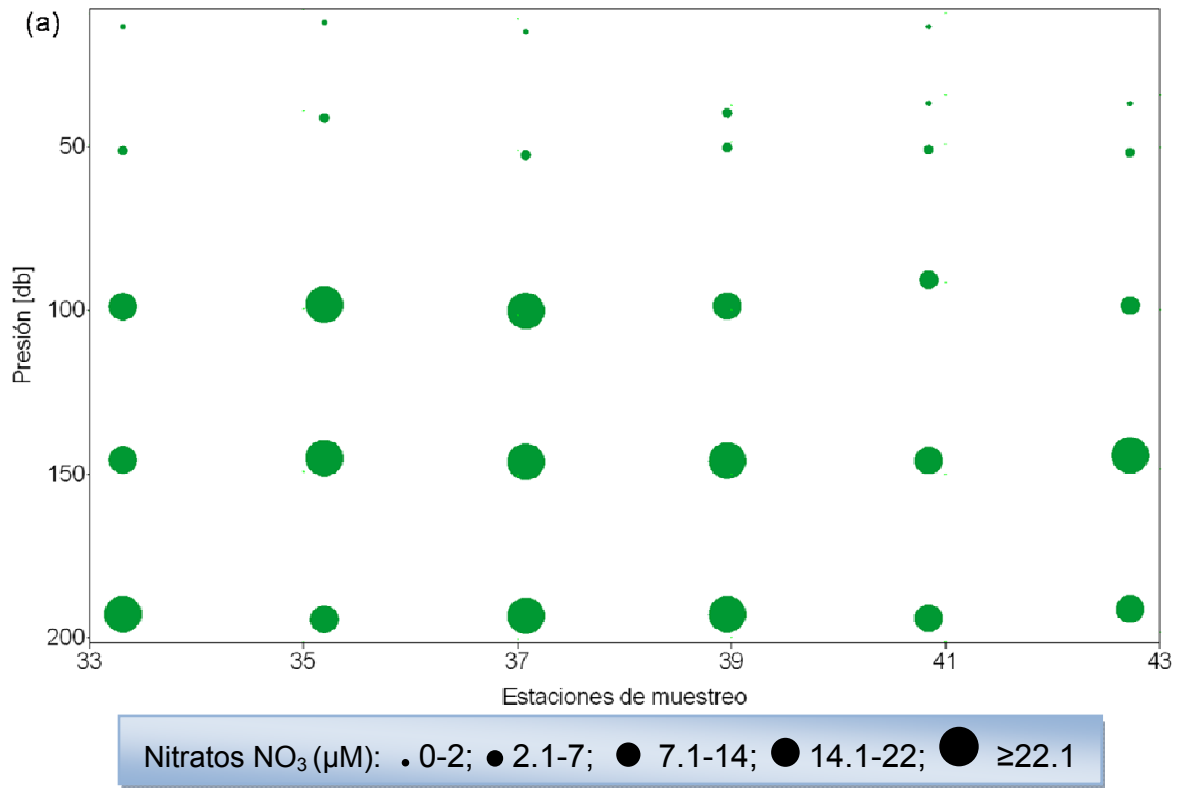


Figura 14. Distribución vertical a lo largo de la línea E (ver figura 1): (a) Nitratos NO_3 (μM), (b) Nitritos NO_2^{-3} (μM). Zona del giro.

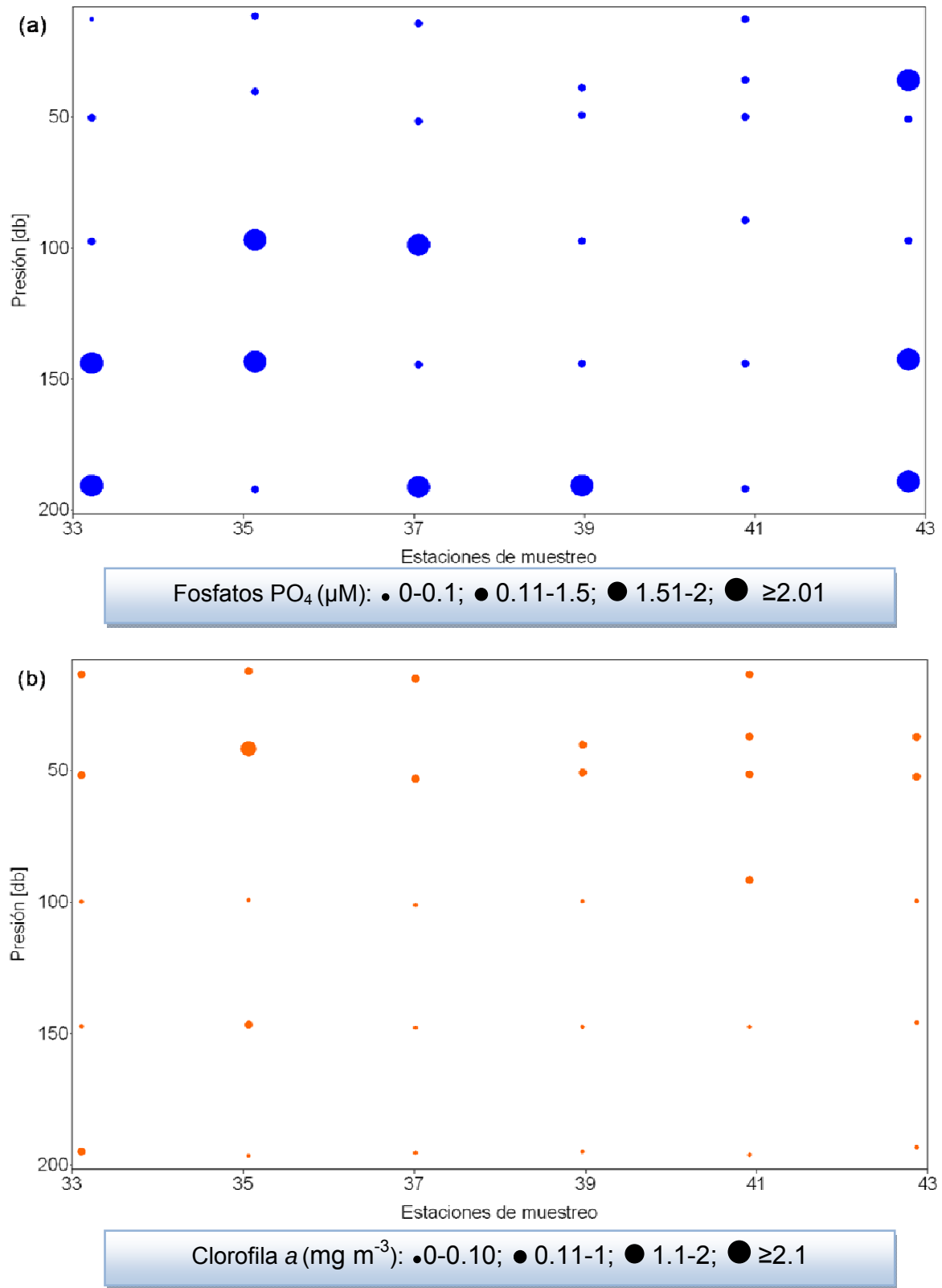


Figura 15. Distribución vertical a lo largo de la línea **E** (ver figura 1): **(a)** Fosfatos PO_4 (μM), **(b)** Clorofila a (mg m^{-3}). Zona del giro.

VII.II.II. Distribución vertical de la biomasa del zooplancton.

La distribución de la biomasa de zooplancton muestra sus mayores valores sobre la termoclina (~50 m) En los transectos A, B y E, aunque existen diferencias entre éstas, en el transecto A (Fig. 16a) en la zona del giro la abundancia de esta se mantiene hasta los 200 m, caso contrario en la zonas de la periferia donde disminuye considerablemente; en la línea B (Fig. 16b) la biomasa disminuye conforme aumenta la profundidad y en transecto E, la biomasa zooplanctónica se mantiene con la misma magnitud en toda la columna de agua (Fig. 16c).

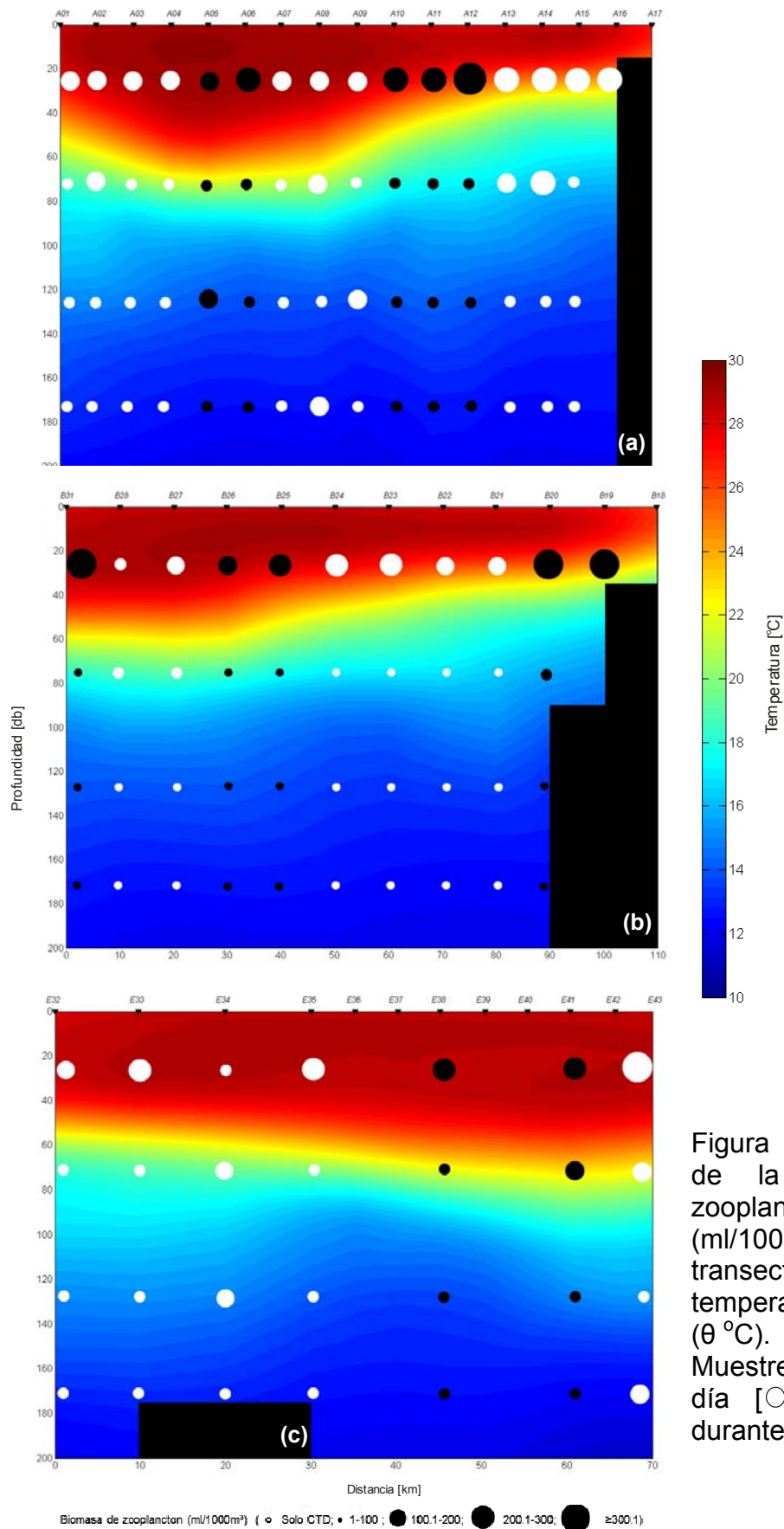


Figura 16. Distribución de la biomasa de zooplancton ($\text{ml}/1000\text{m}^3$) sobre el transecto A, B y E de temperatura potencial (θ °C). Muestreos durante el día [○] y muestreos durante la noche [●].

VIII. Larvas de peces.

VIII.I. Composición

La comunidad de larvas de peces estuvo compuesta por 5,850 larvas, (ver Tabla 1; Apéndice I) las cuales están incluidas en:

Tabla 2. Composición de la comunidad de larvas de peces colectadas durante octubre de 2007.

FAMILIAS	61
GÉNEROS	87
ESPECIES	89
MORFOTIPOS	77
TAXONES	166

Las mayores abundancias larvales se encontraron en los primeros 50 m, y disminuyeron con la profundidad, siendo las familias Myctophidae, Phosichthyidae, Nomeidae y Carangidae las que contribuyeron con la (> 80%) abundancia (Ver Apéndice IIa).

Las especies más abundantes fueron *Benthosema panamense* (27%), *Vinciguerrria lucetia* (20%), *Triphoturus mexicanus*, (9%) *Diaphus pacificus* (6%) *Diogenichthys laternatus* (6%) y *Cubiceps pauciradiatus* (6%). Estas especies contribuyeron con más del 70% de la abundancia total, encontrándose en mayor proporción en el estadio de preflexión (Ver Apéndice IIb).

VIII.II. Variación diaria y por estratos de profundidad de la abundancia de larvas de peces.

La prueba de Kruskal-Wallis mostró que no existen diferencias significativas entre el número de larvas de peces recolectadas durante horas de luz y oscuridad ($p=0.103$). Sin embargo si se encuentran diferencias significativas entre la abundancia larval por estratos de muestreo ($p\leq 0.05$) ($p=0.009$). La prueba *a posteriori* (Tukey) define que estas diferencias se dan entre el estrato más somero (0-50 m) y los estratos más profundos (100-150 y 150-200 m) (Tabla 2).

Tabla 3. Agrupación de la abundancia por estrato de muestreo por medio del método de Tukey.

Estrato	N	Media	Agrupación
1 (0-50)	765	3.956	A
2 (50-100)	397	2.741	A B
3 (100-150)	265	2.298	B
4 (150-200)	257	1.946	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

VIII.III. Grupos de estratos y asociaciones de larvas de peces.

El dendrograma generado a partir de la matriz de datos de la abundancia de larvas de peces por estrato-estación utilizando el índice de disimilitud de Bray-Curtis, definió cuatro grupos de estratos y asociaciones de larvas de peces (ALPs) manejado un corte a nivel de 1.435 (Fig. 17). Por su ubicación geográfica las asociaciones fueron denominados: Giro central, Giro periferias, Periferia continental y Periferia A.

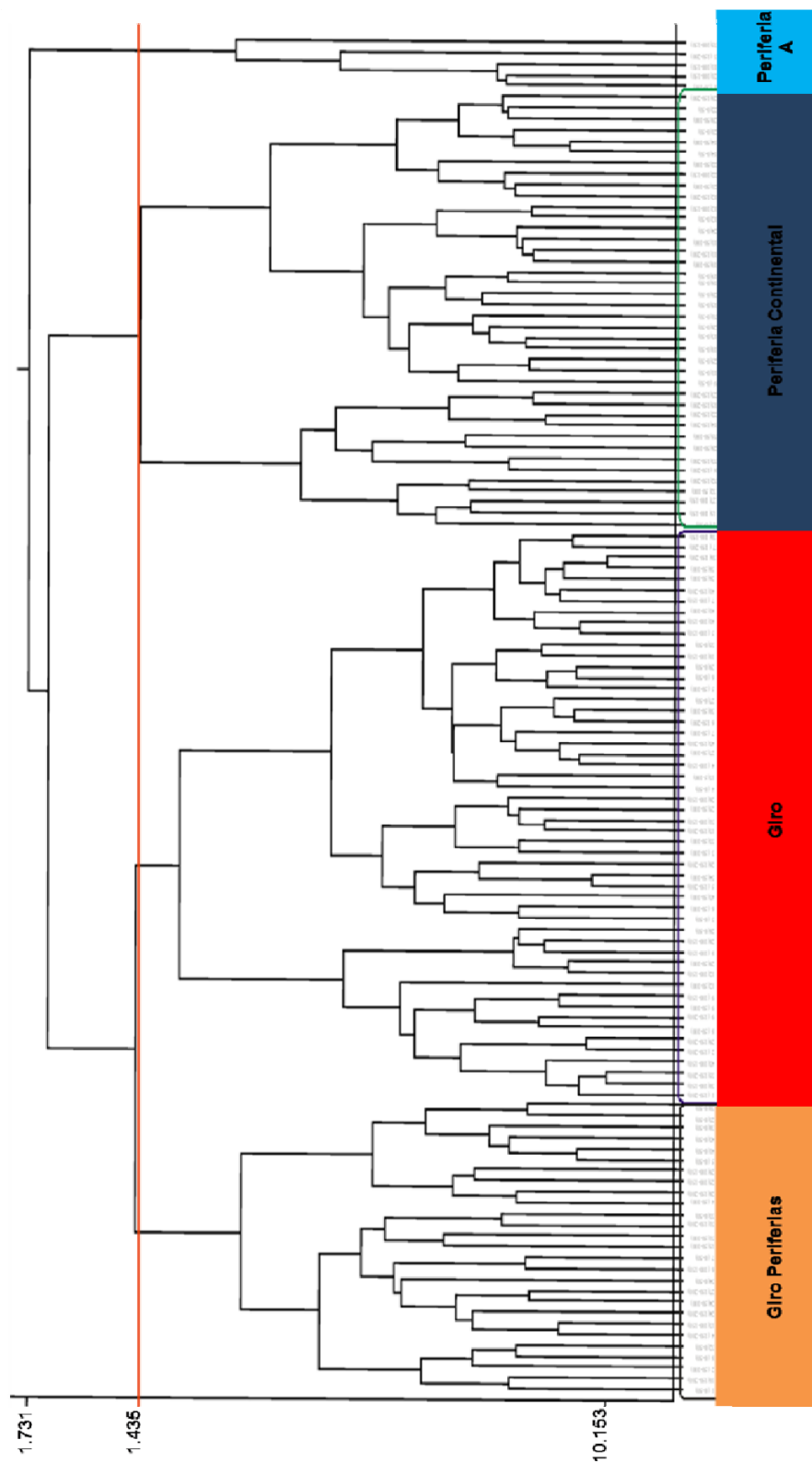


Figura 17. Dendrograma de estratos-estaciones generado por el índice de disimilitud de Bray-Curtis utilizando el algoritmo flexible.

La asociación **Giro**, localizada en la zona centro del giro donde se registraron las menores salinidades (≤ 34.9) y las mayores temperaturas superficiales ($\geq 28^{\circ}\text{C}$), presentó un volumen promedio de $92.25 \text{ mL}/1000\text{m}^3$ de biomasa de zooplancton, una abundancia de larvas de peces de $289 \text{ larvas}/10\text{m}^2$ y se conformó por 52 muestras (estrato-estación) y 52 taxones, los cuales en su mayoría son de afinidad tropical y subtropical. Esta asociación se caracterizó por registrar la segunda mayor diversidad de (3.41 bits/ind.), y tendió a distribuirse en toda la columna de agua.

Las especies dominantes, de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey (Tabla 4; Apéndice III), fue la especie batipelágica *V. lucetia*, la cual presentó su mayor abundancia en esta zona y se distribuyó en todos los estadios de desarrollo en la columna de agua, manteniendo una abundancia relativamente al mismo nivel conforme aumentaba la profundidad (Figs. 18a, 18b, 19a, 19b 20a y 20b). En la región del giro también dominaron los mesopelágicos *B. panamense* que en el estadio de preflexión-flexión se distribuyó en toda la columna de agua y en postflexión sus mayores abundancias se encontraron por debajo del giro; y *Diaphus pacificus*, el cual se presentó sólo en el estadio de preflexión, registrando sus mayores abundancias en el centro del giro (Figs. 18c, 19c y 20c).

Las especies exclusivas del área del giro con más del 80% de su abundancia, fueron el demersal *Hemanthias* sp., el epipelágico *Auxis* spp., *Diplectrum* sp. que es demersal arrecifal, y el Congrido tipo I las cuales sólo se presentaron en el estrato más somero (0-50 m) en los estadios de preflexión-flexión.

Tabla 4. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey (sólo dominantes y constantes). **ALP: Giro.** Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Sub-ártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Nd=No determinado.

ASOCIACIÓN	GIRO				
TAXONES	AB. PROM (larvas/10m ²)	FO %	JERARQUÍA	HÁBITAT	AFINIDAD
<i>Vinciguerria lucetia</i>	63	85		BP-MP	Tr
<i>Benthoosema panamense</i>	62	94		MP	Tr
<i>Diaphus pacificus</i>	47	63		MP	Tr
<i>Hemanthias sp.</i>	30	25		D	Str
<i>Triphoturus mexicanus</i>	29	83	DOMINANTES	MP	Str
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	28	73		BP	Tr-Str
<i>Diogenichthys laternatus</i>	25	87		MP	Str
<i>Auxis spp.</i>	14	17		EP	Tr
<i>Diplectrum sp.</i>	13	44		D	Tr-Str
Eleotridae tipo 2	11	13		ND	Nd
<i>Psenes sio</i>	9	13		BP	Tr
<i>Bregmaceros sp.</i>	8	13	CONSTANTES	PC	Tr-Str
<i>Hygophum atratum</i>	8	15		MP	Tr
<i>Lepidopus fitchi</i>	7	19		D	Str
Nº de taxones		52			
Nº de muestras		52			
Abundancia promedio	(larvas/10m ²)	289	Diversidad	3.41	(bits/ind.)
Biomasa promedio	(mL/1000m ³)	92.25			

*AB. PROM=Abundancia promedio (larvas/10m²); FO=Frecuencia de ocurrencia (%)

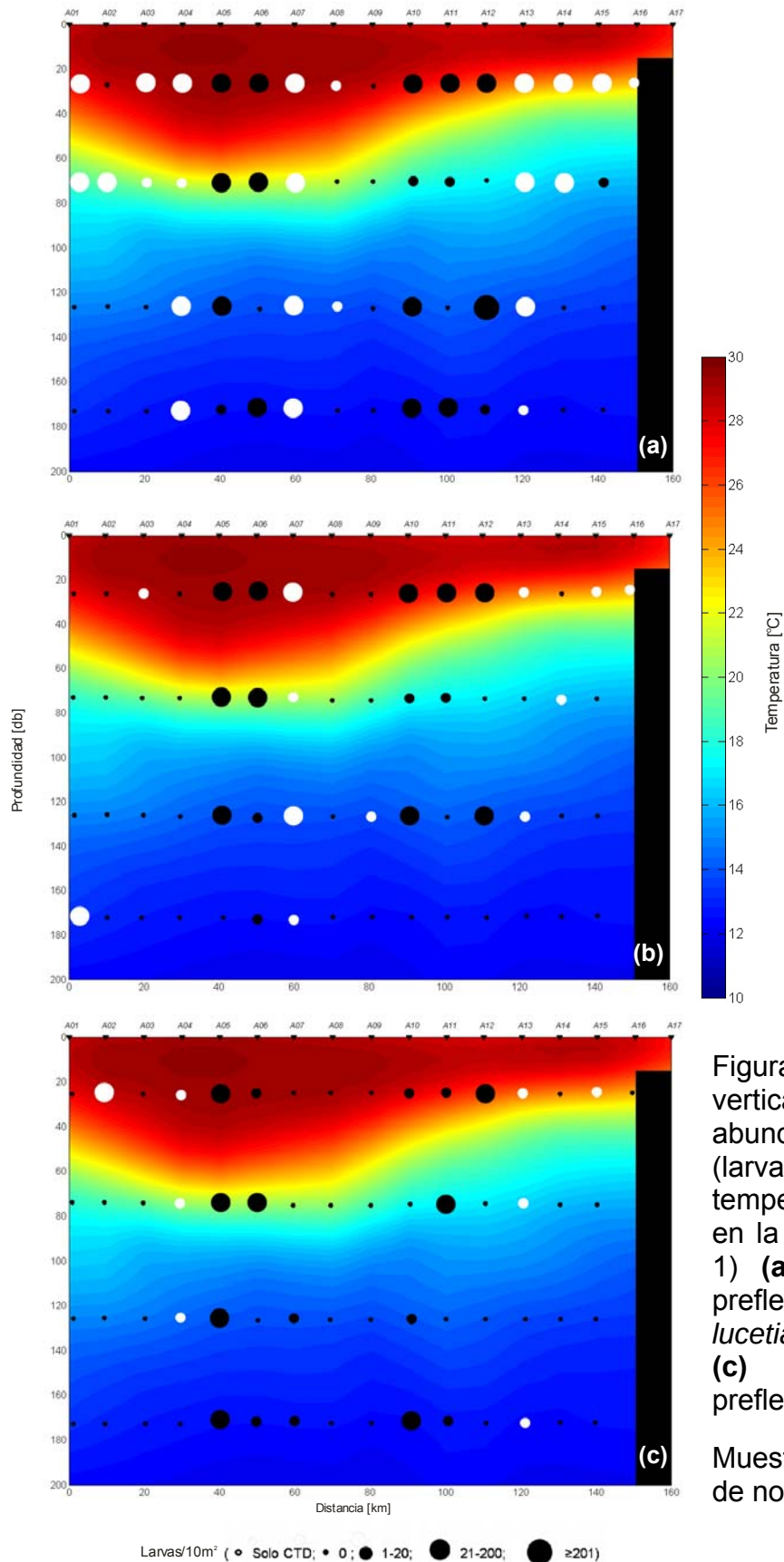


Figura 18. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea A. (Ver Fig. 1) (a) *V. lucetia* en preflexión-flexión (b) *V. lucetia* en postflexión y (c) *D. pacificus* en preflexión.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

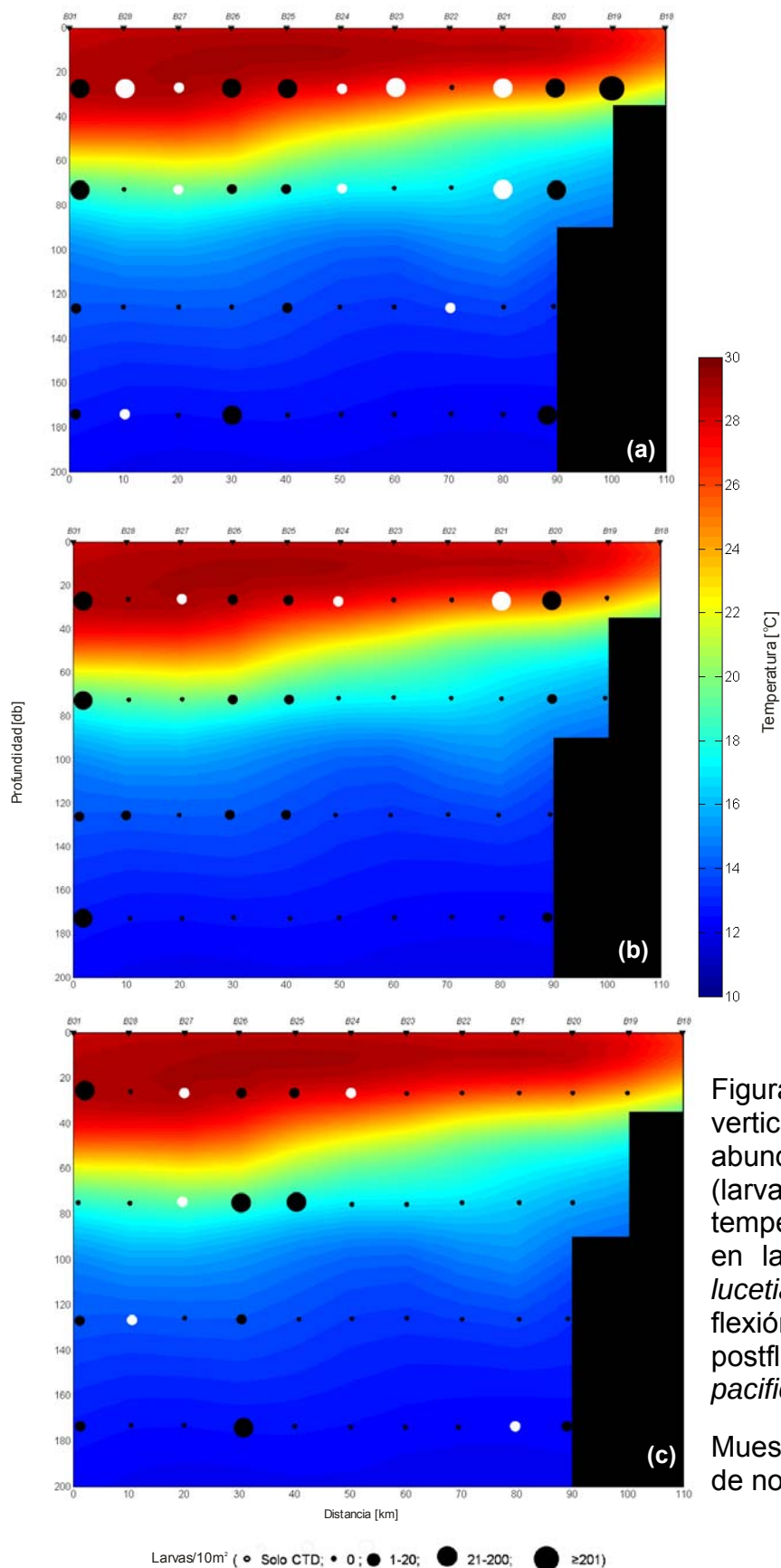


Figura 19. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea B. (a) *V. lucetia* en preflexión-flexión (b) *V. lucetia* en postflexión y (c) *D. pacificus* en preflexión.

Muestras de día [○] y de noche [●].

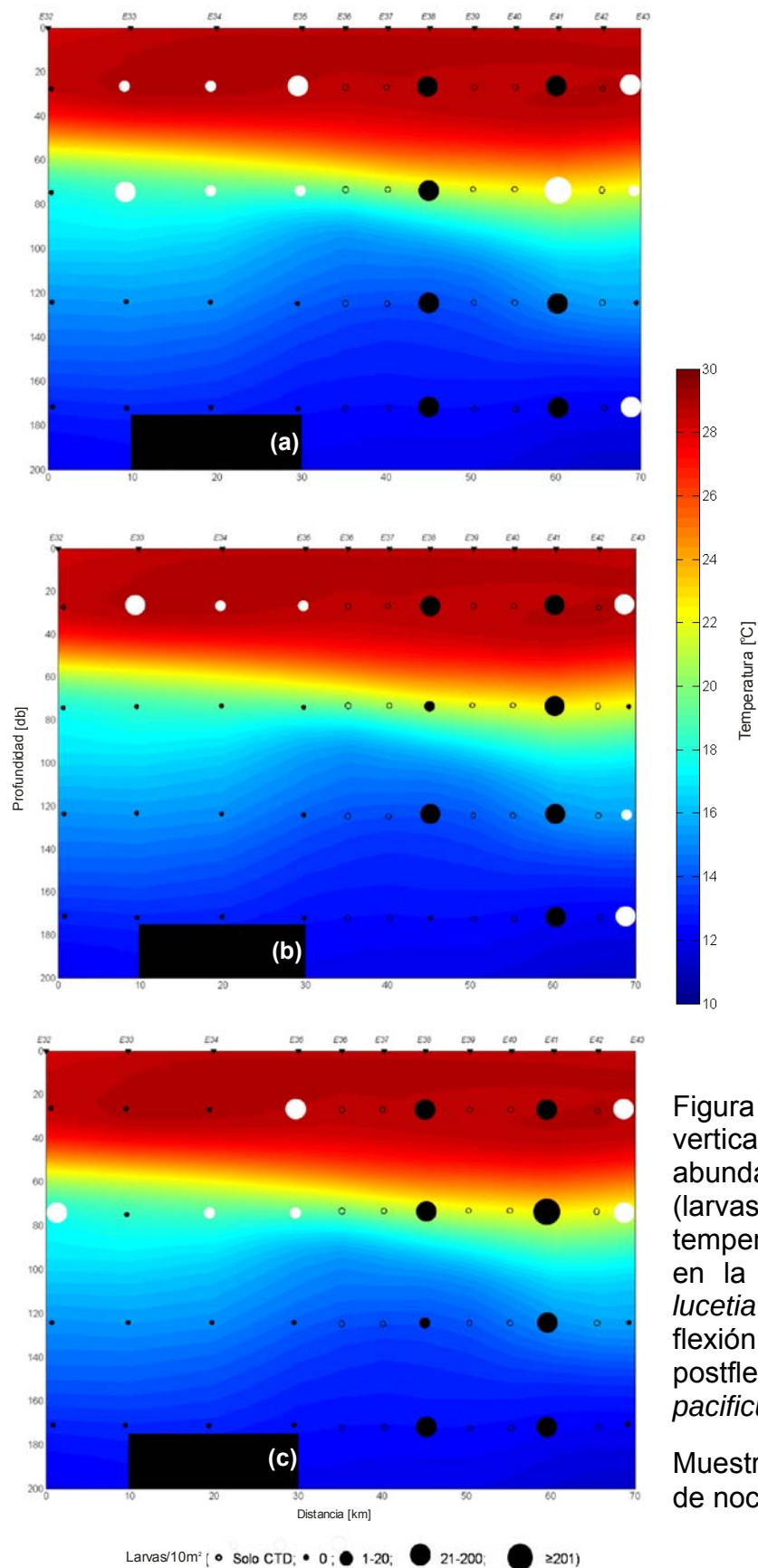


Figura 20. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea E. (a) *V. lucetia* en preflexión-flexión (b) *V. lucetia* en postflexión y (c) *D. pacificus* en preflexión.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

La asociación **Giro periferias** se ubicó principalmente en los márgenes y por debajo del giro. Se conformó por 27 muestras de estrato-estación, con abundancia de larvas promedio de 226 larvas/10m² y 44 taxones (Tabla 5; Apéndice III). La mayor parte del grupo se encontró en los primeros 100 m donde los valores de temperatura fueron $\geq 18^{\circ}\text{C}$. Este grupo de larvas presentó una diversidad de 3.38 bits/ind, la cual se ubicó en el estrato de 100-150 m.

Las especies dominantes fueron nuevamente *V. lucetia* y *B. panamense* pero con menor abundancia respecto a la asociación anterior. Se asociaron al batipelágico *C. pauciradiatus* que registró sus mayores abundancias en esta zona en los primeros 100 m, manteniendo la misma magnitud de abundancia en la zona del giro (Figs. 21a, 21b, 22a, 22b y 23a, 234b). Se asoció al epipelágico *Auxis* spp., el cual registró su mayor abundancia y frecuencia en el estrato más superficial en el centro del giro (Figs. 21c, 22c y 23c), y al demersal *Pontinus* sp. (Figs. 24a, 24b y 24c) el cual sólo se presentó en el estadio de preflexión, registrando sus mayores abundancias por debajo de los 100 m.

Tabla 5. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey (sólo dominantes y constantes). **ALP Giro periferias.** Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Sub-ártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Nd=No determinado.

ASOCIACIÓN	GIRO	PERIFERIAS
TAXONES	AB. PROM (larvas/10m ²)	FO % JERARQUÍA HÁBITAT AFINIDAD
<i>Vinciguerria lucetia</i>	59	100 BP-MP Tr-Str
<i>Benthosema panamense</i>	44	74.1 MP Tr
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	34	59.3 DOMINANTES BP Tr-Str
<i>Triphoturus mexicanus</i>	15	48.1 MP Str
<i>Auxis</i> spp.	18	29.6 EP Tr
<i>Diaphus pacificus</i>	44	25.9 MP Tr
<i>Diplectrum</i> sp.	8	37.0 D Tr-Str
<i>Lutjanus argentiventris</i>	12	25.9 D Str
<i>Myrophis vafer</i>	6	25.9 D Str
<i>Pontinus</i> sp.	7	22.2 CONSTANTES D Tr
<i>Caranx caballus</i>	11	18.5 PC Str
<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	11	18.5 EP Tr
Nº de taxones	44	
Nº de muestras	27	
Abundancia promedio	(larvas/10m ²)	227 Diversidad 3.38 (bits/ind.)
Biomasa promedio	(ml/1000m ³)	115.6

*AB. PROM=Abundancia promedio (larvas/10m²); FO=Frecuencia de ocurrencia (%).

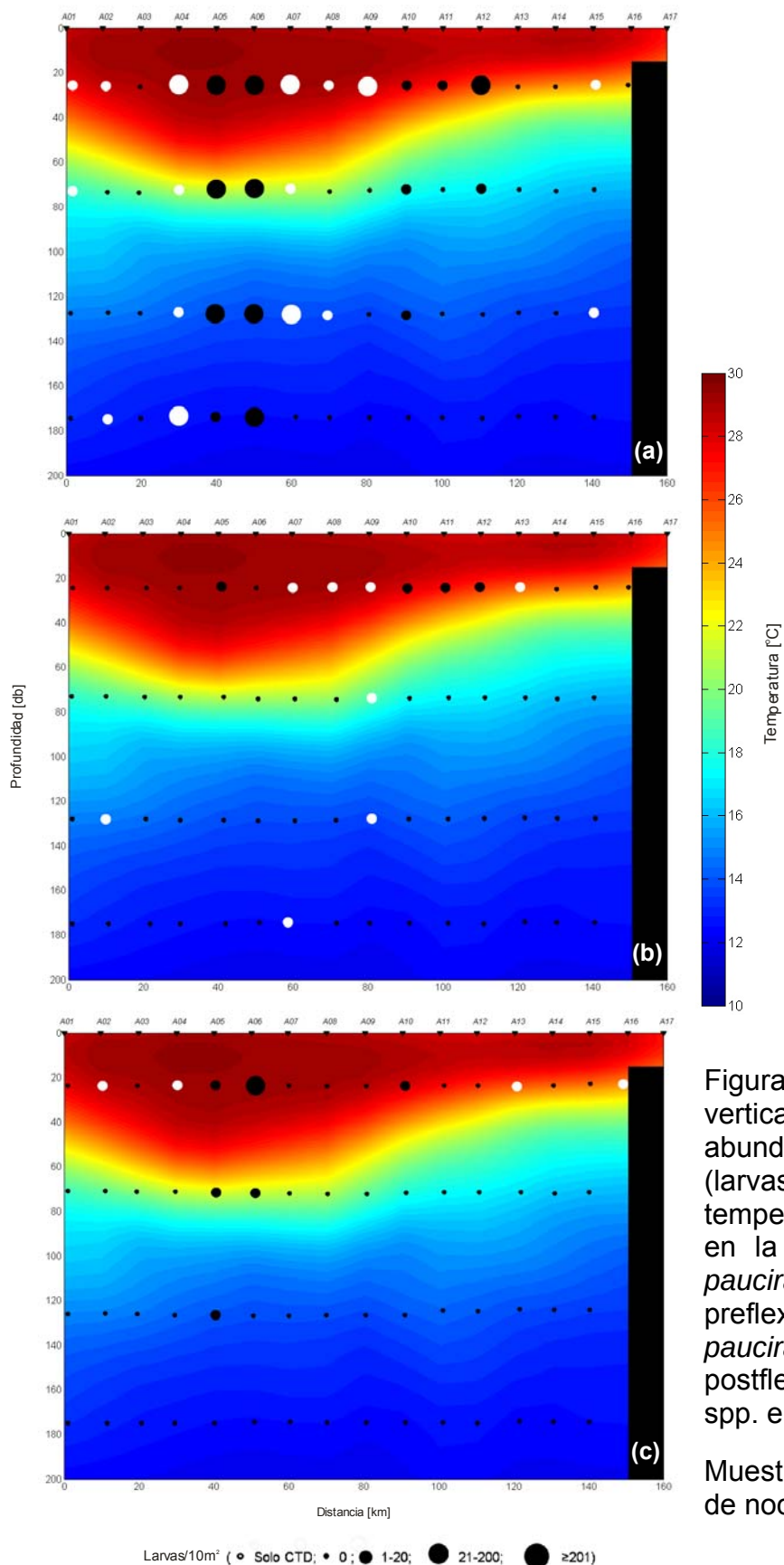


Figura 21. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea A. (a) *C. pauciradiatus* en preflexión-flexión (b) *C. pauciradiatus* en postflexión y (c) *Auxis* spp. en preflexión.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

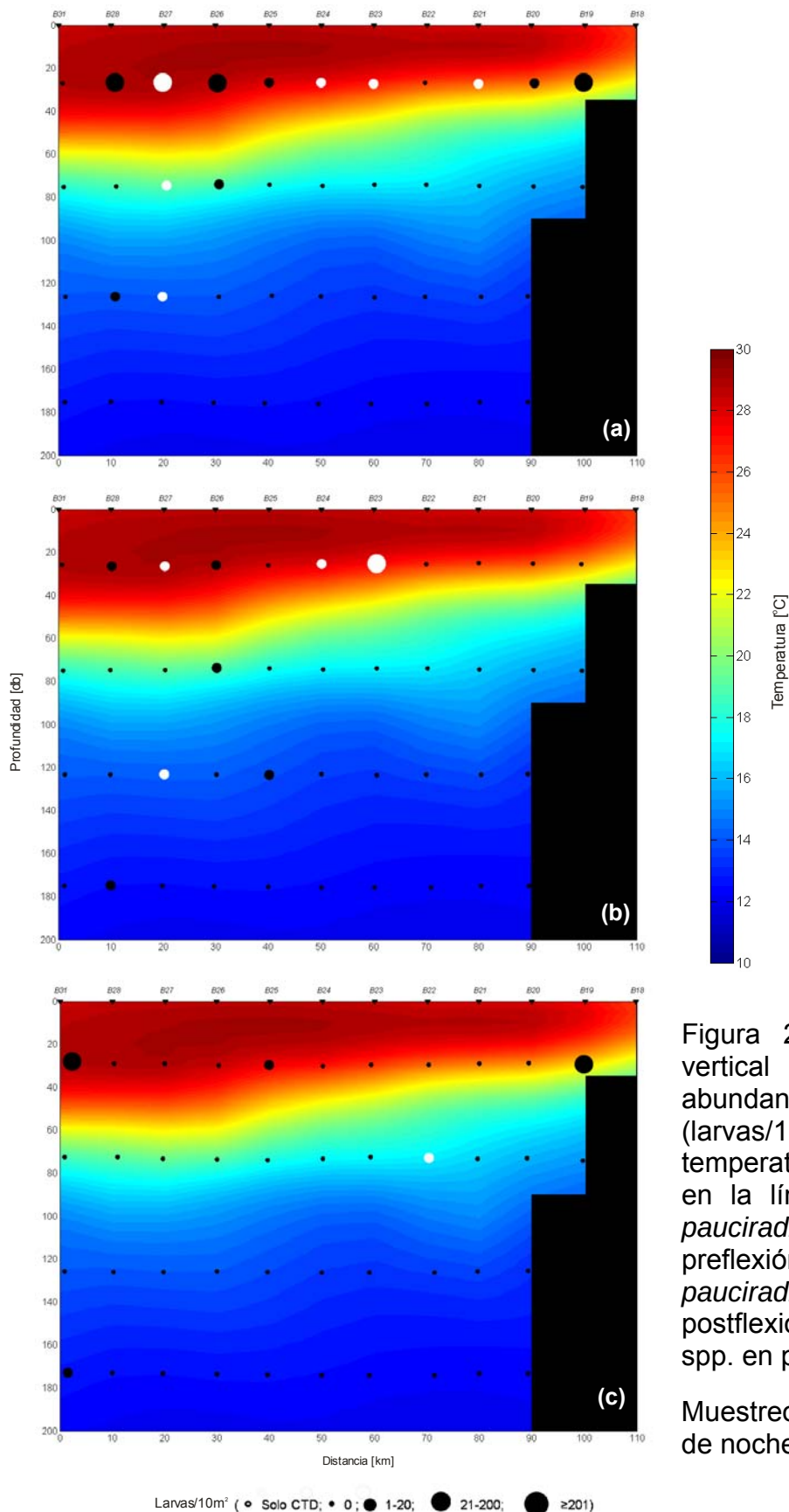


Figura 22. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea B. (a) *C. pauciradiatus* en preflexión-flexión (b) *C. pauciradiatus* en postflexión y (c) *Auxis* spp. en preflexión.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

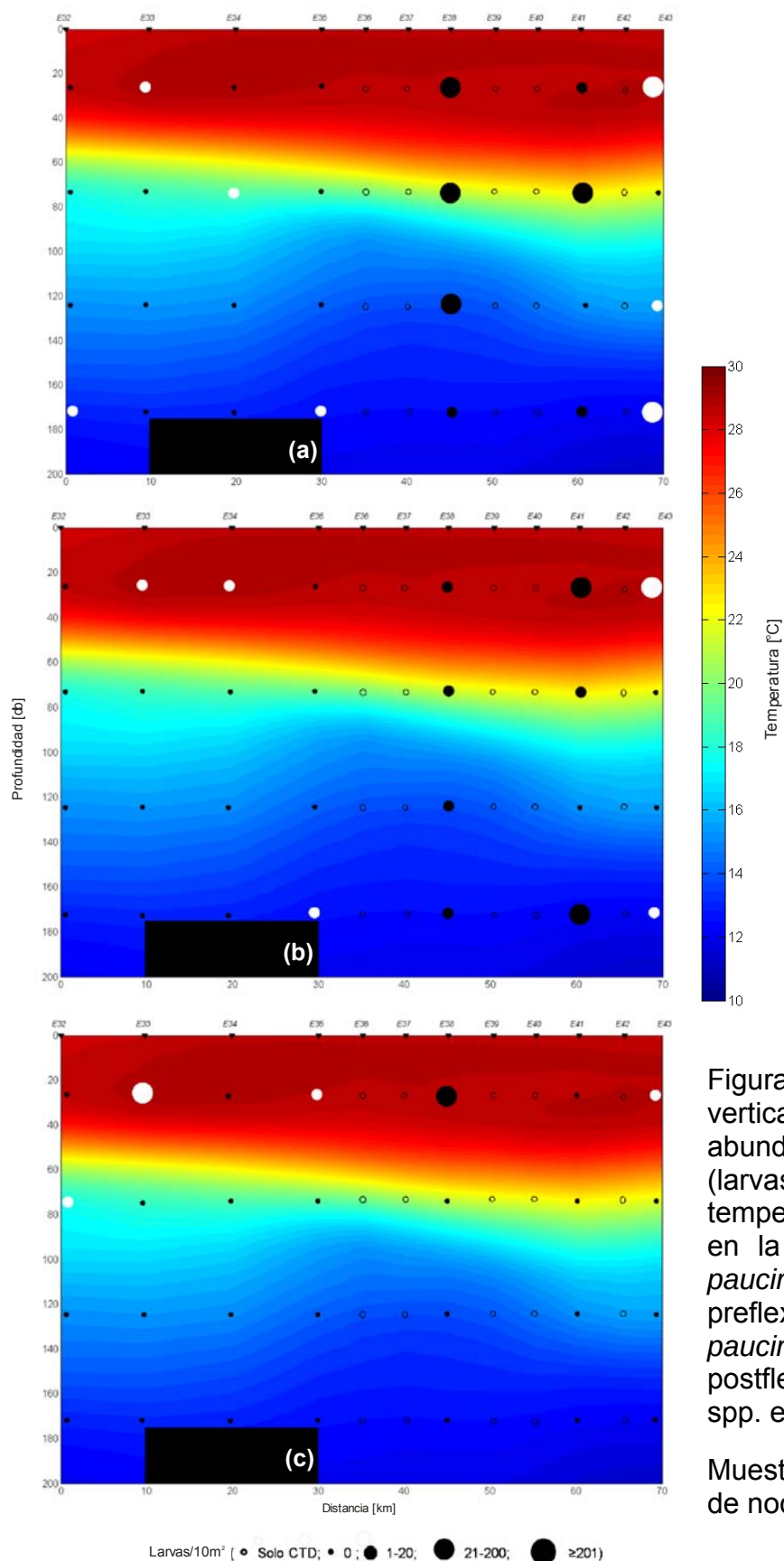


Figura 23. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea E. (a) *C. pauciradiatus* en preflexión-flexión (b) *C. pauciradiatus* en postflexión y (c) *Auxis* spp. en preflexión.

Muestreros de día [○] y de noche [●].

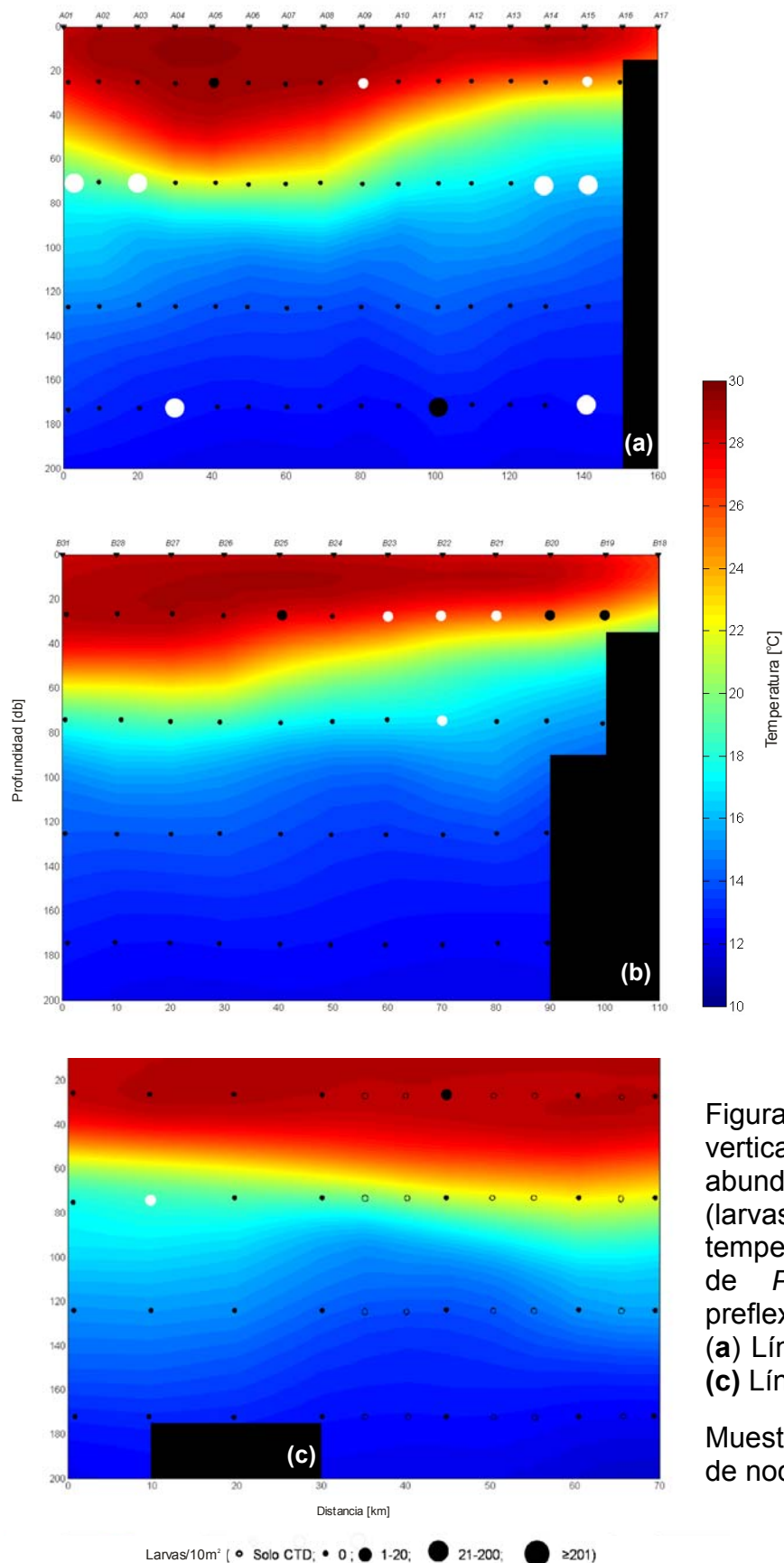


Figura 24. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial de *Pontinus* sp. en preflexión-flexión sobre: (a) Línea A (b) Línea B (c) Línea E.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

La asociación **Periferia continental**, se ubicó entre la periferia oriental del giro y la costa continental, con la mayor abundancia de larvas de peces (468 larvas/10m²), conformado de 40 muestras y 64 taxones (Tabla 6; Apéndice III). El grupo estuvo sobre los 100 m de profundidad, donde se presentan los mayores valores de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y de clorofila *a*.

Los taxones dominantes fueron los mesopelágicos *Benthoosema panamense* registrándose en todas las muestras y presentando sus mayores densidades en el estadio de preflexión-flexión en los primeros 100 m. (Figs. 25a, 27a y 29a) manteniéndose constante conforme aumenta la profundidad y en el estadio de postflexión disminuye su abundancia (Figs. 25b, 27b y 29b) y *T. mexicanus*, registrado una abundancia constante en toda la columna de agua para el estadio de preflexión-flexión y asociándose a especies demersales que solo se presentaron en la periferia occidental del giro como: *Syacium ovale* (Figs. 26a y 28a), la cual solo se registro en preflexión-flexión, *Symphurus williamsi*, (Figs. 26b y 28b) la cual estuvo ausente en la zona del giro y en la periferia occidental de este, *Synodus lucioceph* y los Gobidos tipo 2, 3 y 4 los cuales se encontraron exclusivamente en esta zona, esta asociación presentó la mayor diversidad (3.74 bits/ind.), la cual se ubico en el estrato más superficial (0-50 m.)

Tabla 6. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey (sólo dominantes y constantes). **ALP Periferia Continental**. Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Sub-ártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Nd=No determinado.

ASOCIACIÓN	PERIFERIA	CONTINENTAL							
TAXONES	AB. PROM	FO	JERARQUÍA	HÁBITAT	AFINIDAD				
	(larvas/10m ²)	%							
	<i>Benthoosema panamense</i>	142				100	MP	Tr	
	<i>Triphoturus mexicanus</i>	51				75	MP	Str	
	<i>Syacium ovale</i>	23				67.5	DOMINANTES	D	Tr
	<i>Vinciguerria lucetia</i>	100				65	BP-MP	Tr-Str	
	<i>Diogenichthys laternatus</i>	53				40	MP	Str	
	<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	20				40	BP	Tr-Str	
	<i>Symphurus williamsi</i>	19				42.5		D	Tr
<i>Diaphus pacificus</i>	17	35		MP	Tr				
<i>Hemanthias</i> sp.	10	35		D	Str				
<i>Pontinus</i> sp.	18	27.5		D	Tr				
<i>Auxis</i> spp.	23	25		EP	Tr				
<i>Lutjanus argentiventris</i>	15	25	CONSTANTES	D	Str				
<i>Caranx caballus</i>	14	25		PC	Str				
Gobiidae tipo 2	14	22.5		D	Nd				
<i>Selar crumenophthalmus</i>	18	20		D	Str				
<i>Albula</i> sp.	18	20		ND	Nd				
<i>Lophiodes spilurus</i>	16	20		D	Tr				
<i>Brotula</i> sp. 1	12	20		BP	Nd				
Paralichthyidae tipo 2	11	20		ND	Nd				
Nº de taxones		64							
Nº de muestras		40							
Abundancia promedio	(larvas/10m ²)	468	Diversidad	3.74	(bits/ind.)				
Biomasa promedio	(ml/1000m ³)	143.01							

*AB. PROM=Abundancia promedio (larvas/10m²); FO=Frecuencia de ocurrencia (%).

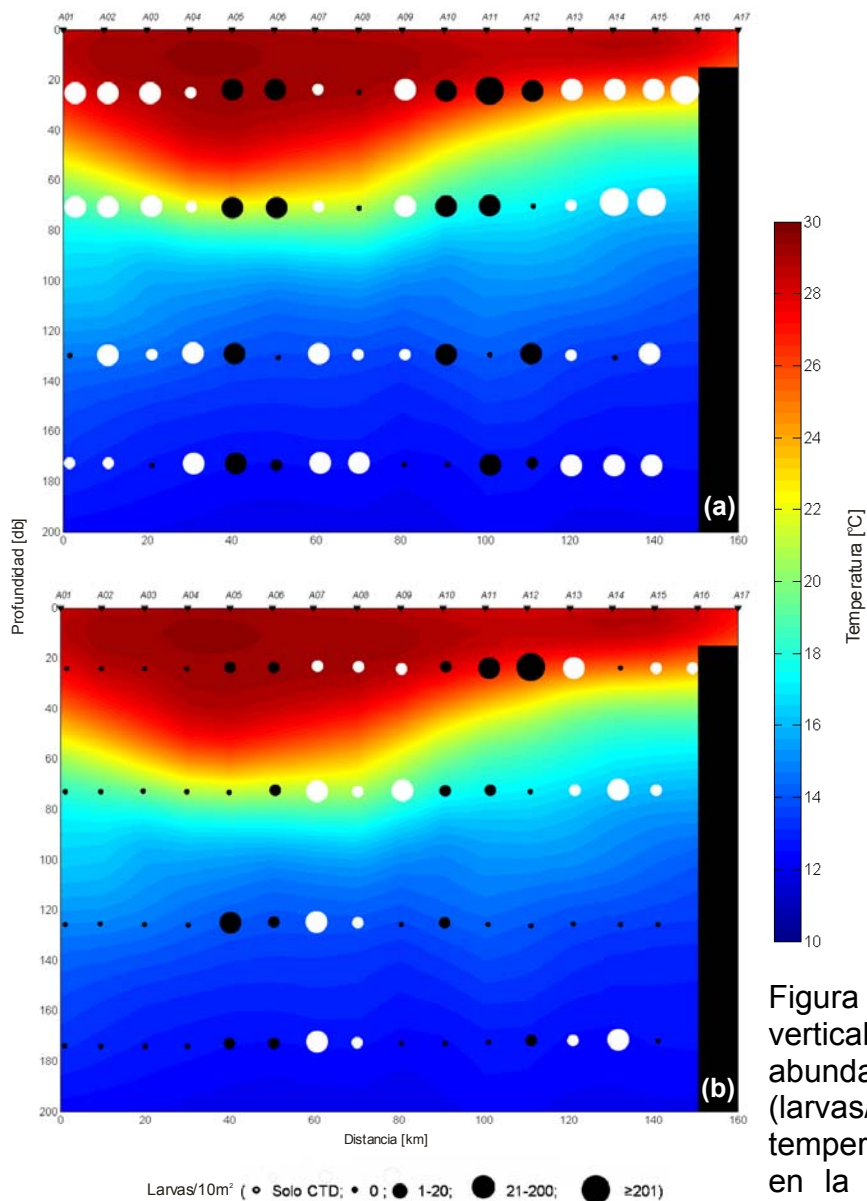


Figura 25. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea A. (a) *B. panamense* en preflexión-flexión (b) *B. panamense* en postflexión.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

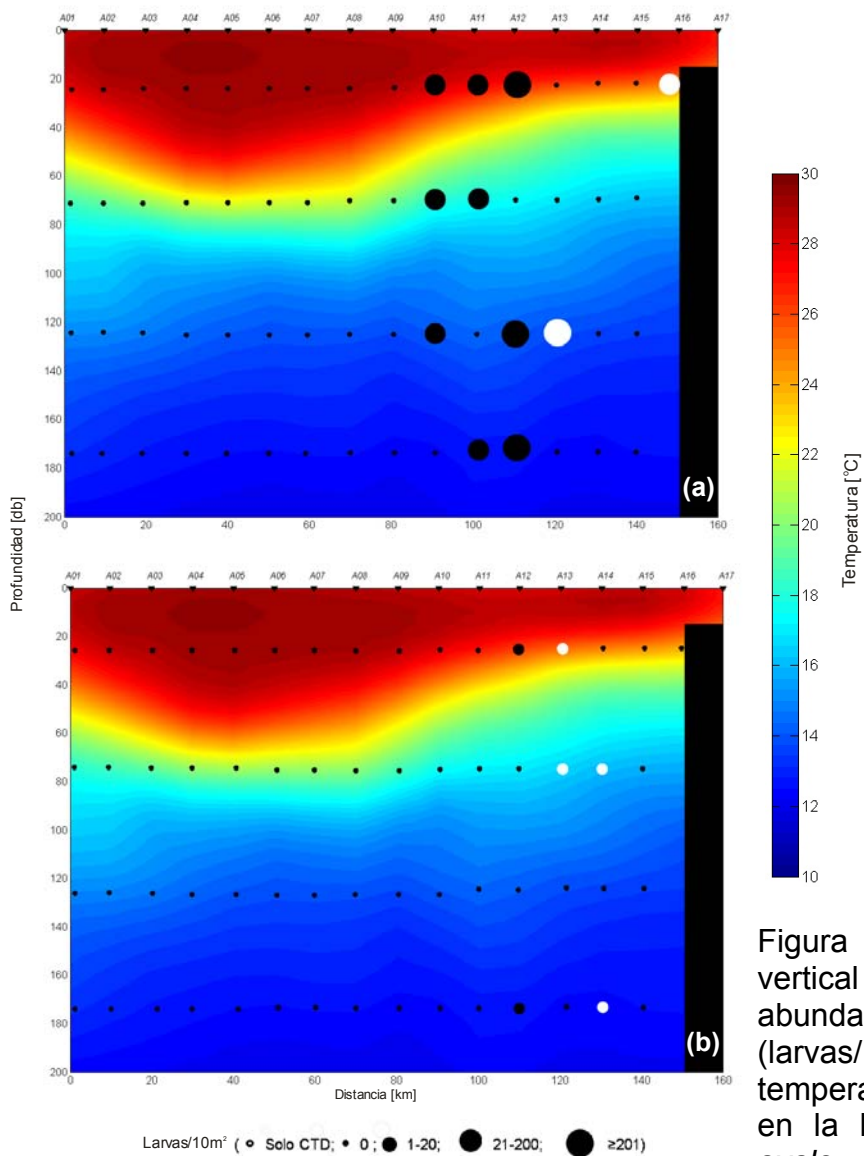


Figura 26. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea A. **(a)** *S. ovale* en preflexión-flexión **(b)** *S. williamsi* en preflexión-flexión.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

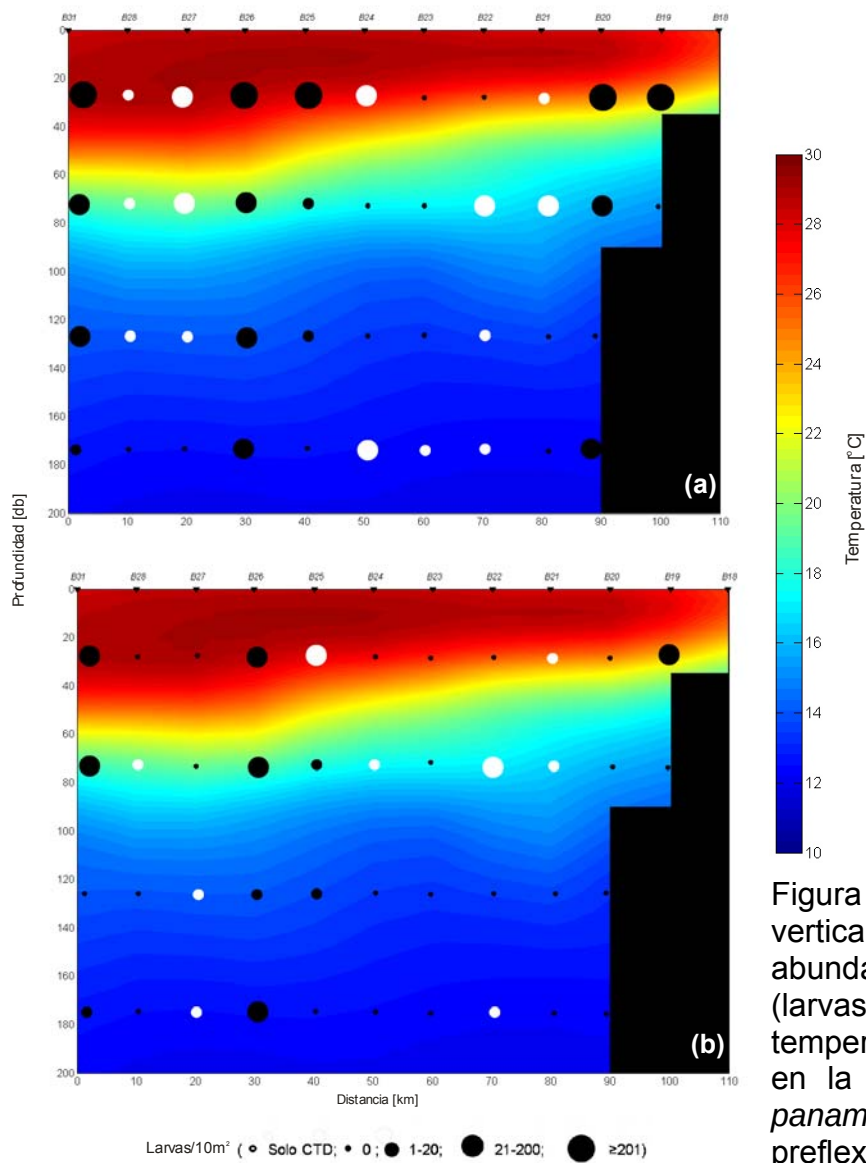


Figura 27. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea B. (a) *B. panamense* en preflexión-flexión (b) *B. panamense* en postflexión.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

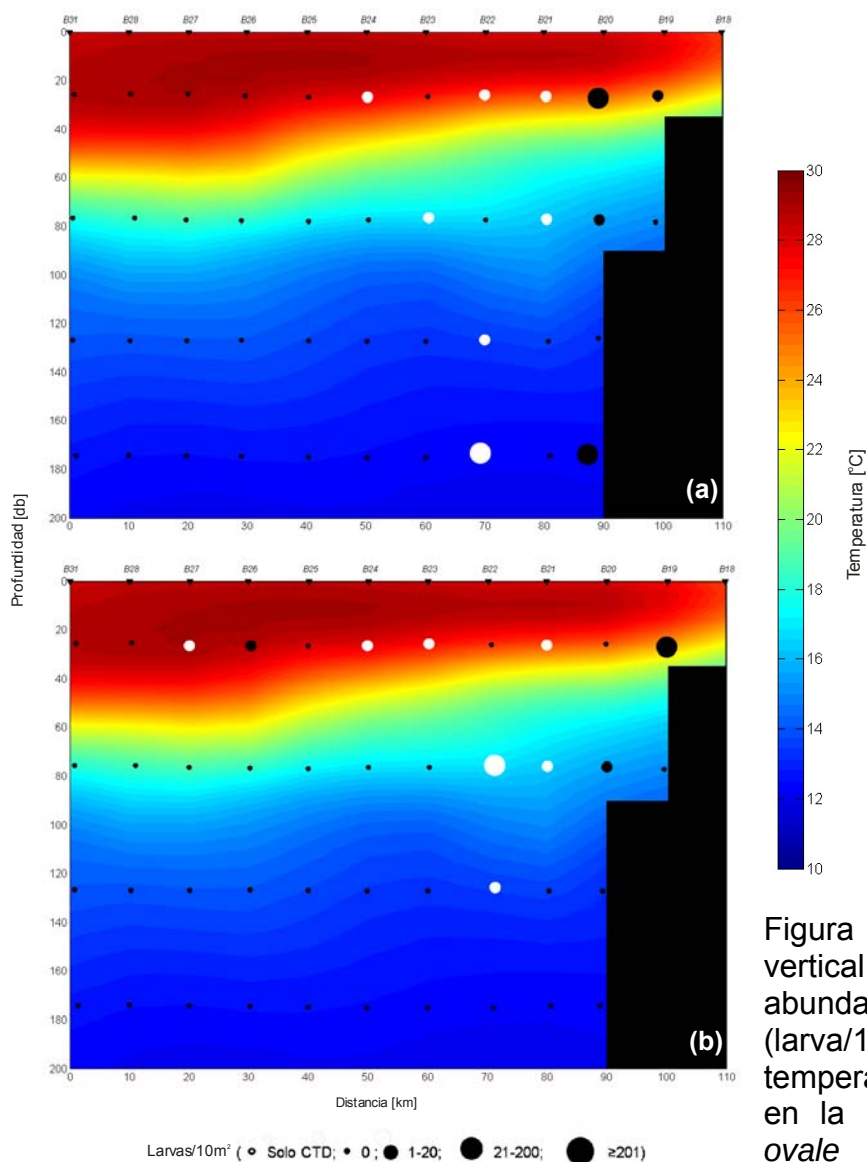


Figura 28. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larva/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea B. (a) *S. ovale* en preflexión-flexión (b) *S. williamsi* en preflexión-flexión.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

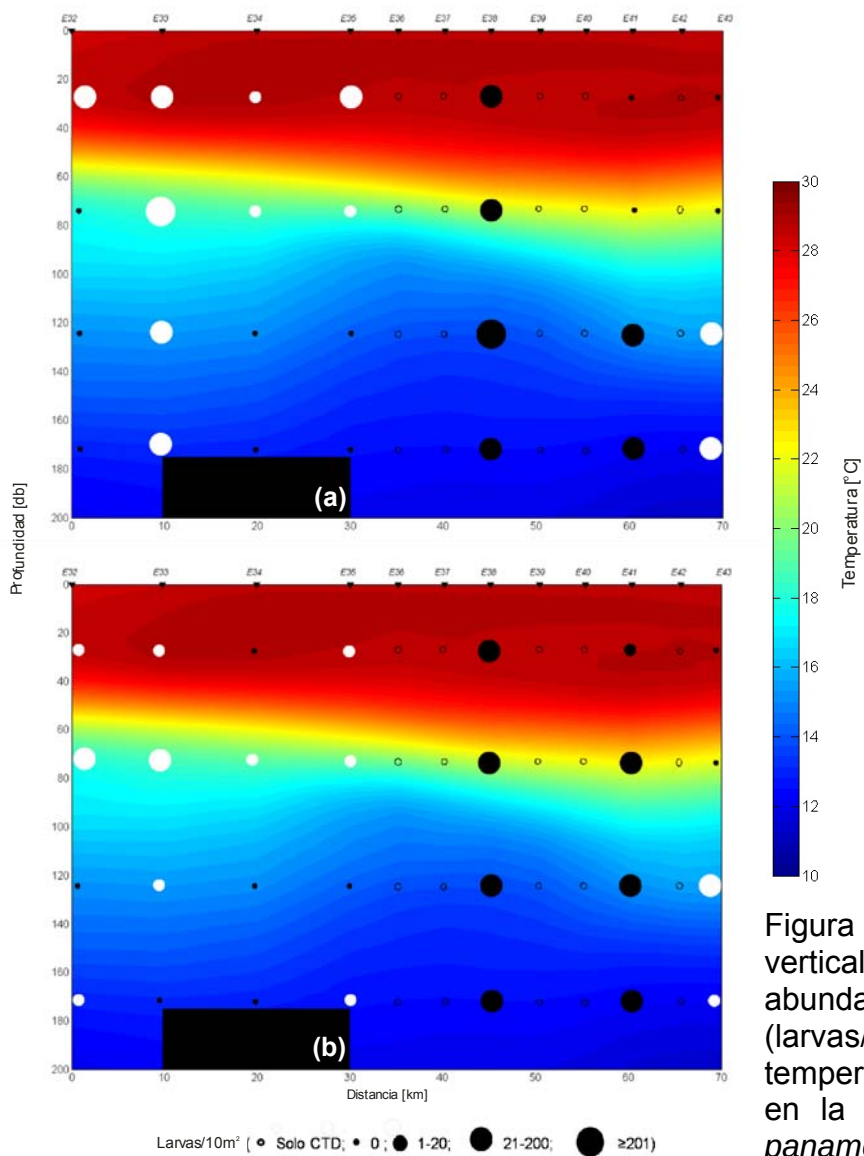


Figura 29. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas/10m²) sobre la temperatura potencial en la línea E. (a) *B. panamense* en preflexión-flexión (b) *B. panamense* en postflexión.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

La asociación **Periferia A** se caracterizó por que la mayoría de las muestras se encuentran dispersas en la zona de la periferia del giro, por debajo de los 100 m donde se encuentran las menores temperaturas ($\leq 18^{\circ}\text{C}$) y salinidades (≤ 34.8) así como las menores concentraciones de oxígeno disuelto ($\leq 1 \text{ mL/L}$). El grupo se conformó por 5 muestras, 7 taxones (Tabla 7; Apéndice III), presentó la abundancia de larvas de peces más baja de los cuatro grupos ($88 \text{ larvas}/10\text{m}^2$) y menores biomásas de zooplancton ($64.49 \text{ ml}/1000 \text{ m}^3$). El mesopelagico *T. mexicanus* fue la especie dominante en el estadio de preflexión-flexión registrando sus mayores abundancias en la periferia de giro en la línea A (Fig. 30a); en la línea B (Fig. 30b) sus mayores abundancias se encontraron sobre la termoclina, y en la línea E (Fig. 30c) las mayores abundancias se encuentran por debajo de los 100 m en la zona del giro y en el estrato más superficial en postflexión, asociándose al Congrido tipo I y al demersal *Hemanthias* sp. Esta asociación presentó índice de dominancia, por lo que se presentó una menor diversidad (3.36 bits/ind.).

Tabla 7. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey (sólo dominantes y constantes). **ALP Periferia A.** Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Subártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Nd=No determinado.

ASOCIACIÓN	PERIFERIA	A			
TAXONES	AB. PROM (larvas 10m^{-2})	FO %	JERARQUÍA	HÁBITAT	AFINIDAD
<i>Triphoturus mexicanus</i>	33	60	<u>DOMINANTE</u>	MP	Str
Congridae tipo 1	12	40	<u>CONSTANTES</u>	ND	Nd
<i>Hemanthias</i> sp.	10	40		D	Str
<i>Diogenichthys laternatus</i>	33	20	<u>OCASIONALES</u>	MP	Str
<i>Paraconger californiensis</i>	33	20		D	Tr
<i>Myripristis leiognathos</i>	8	20	<u>RARAS</u>	D	Tr
<i>Diplectrum</i> sp.	11	20		D	Tr-Str
No de taxones		7			
No de estratos		5			
Abundancia promedio	(larvas/ 10m^2)	88	Diversidad	3.36	(bits/ind.)
Biomasa promedio	(ml/ 1000m^3)	64.49			

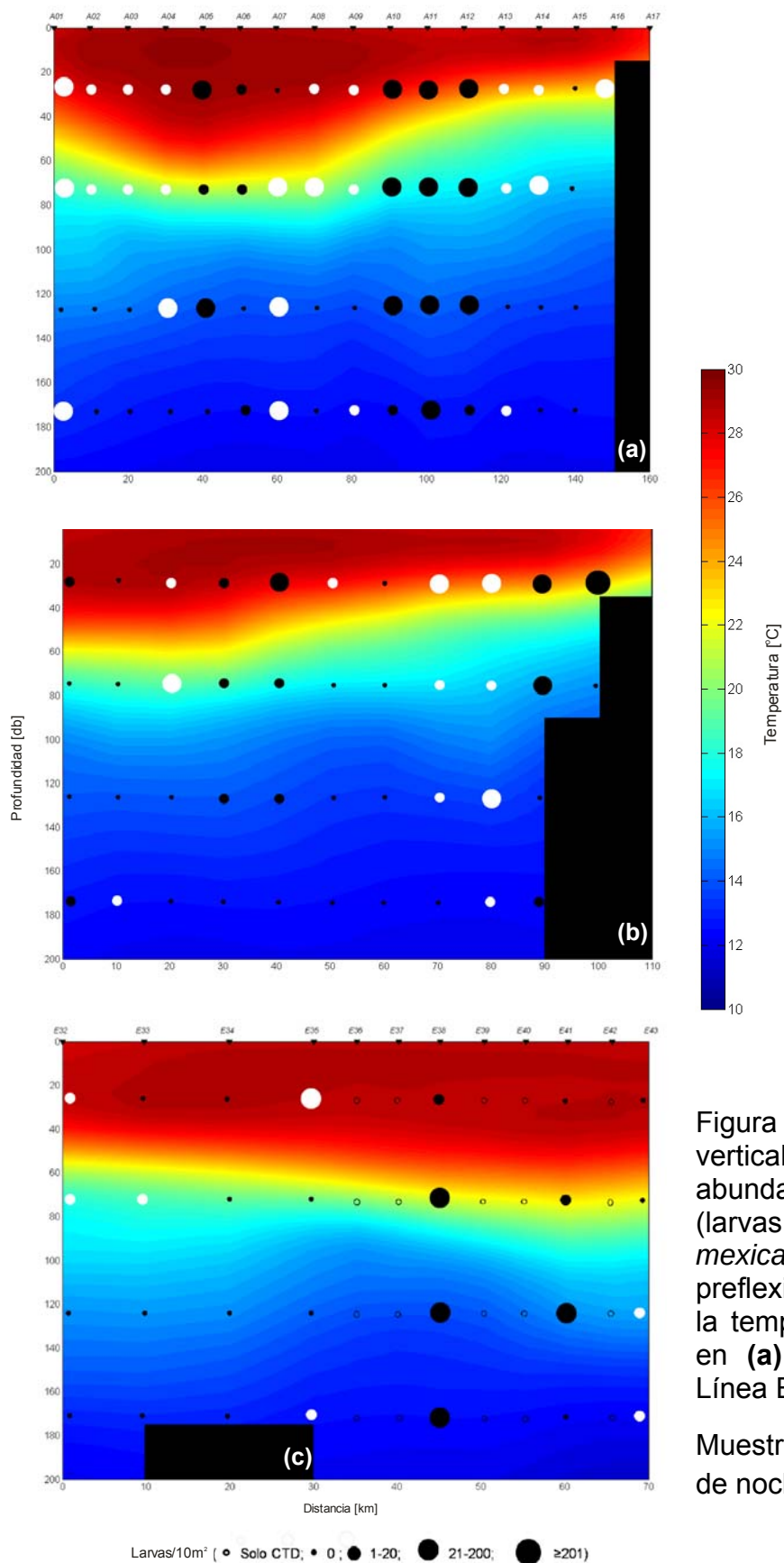


Figura 30. Distribución vertical de la abundancia de larvas (larvas 10m⁻²) de *T. mexicanus* en preflexión-flexión sobre la temperatura potencial en (a) Línea A; (b) Línea B y (c) Línea E.

Muestreos de día [○] y de noche [●].

VIX. Relaciones físico-biológicas.

VIX.I. Relaciones entre asociaciones de larvas de peces y parámetros hidrográficos.

Los resultados de la correlación de la abundancia de larvas de peces por estrato-estación y las variables ambientales tienden a formar las mismas asociaciones que el dendrograma, definiendo además las variables ambientales que los caracterizaron (Fig. 31).

Los vectores de las variables ambientales en conjunción con las especies por estrato-estación explican una correlación del 62% de la varianza. La asociación **Giro** se encontró en el cuadrante superior izquierdo con mayor frecuencia cerca del eje I. Esta asociación se correlacionó con las mayores temperaturas y concentraciones de oxígeno disuelto, y éstas a su vez se encontraron donde había menores salinidades y se presentaron valores intermedios de biomasa zooplanctónica.

La asociación **Giro periferias** se ubicó sobre el cuadrante inferior izquierdo y se correlacionó con los menores valores de temperatura, oxígeno disuelto y fluorescencia.

Los estratos-estaciones que comprendieron a la asociación **Periferia continental** se ubicaron en su mayoría sobre el cuadrante superior derecho y presentaron una mayor afinidad por la salinidad más alta y los mayores valores de fluorescencia, presentando los valores más altos de biomasa zooplanctónica, y se correlacionó negativamente hacia las profundidades menores.

La asociación **Periferia A**, ubicada en su mayoría sobre el cuadrante inferior derecho, se encontró por debajo y cercana a la periferia del giro. Se caracterizó por estar relacionada con las mayores profundidades y las menores temperaturas y concentraciones de oxígeno disuelto, así como por la menor abundancia de biomasa zooplanctónica.

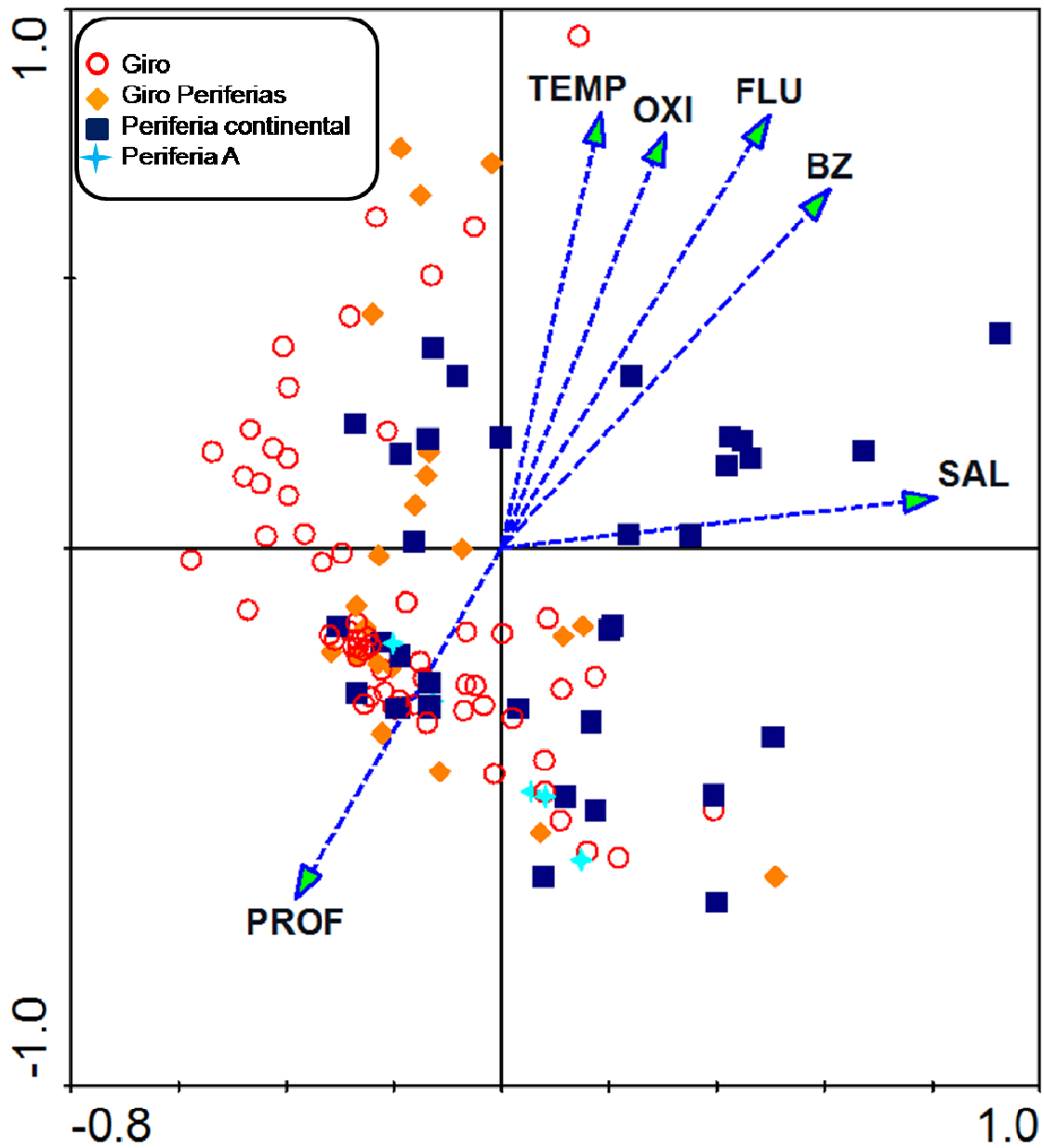


Figura 31. Diagrama del Análisis Canónico de Correspondencia representando la distribución de las asociaciones de larvas de peces de estratos-estaciones definidos por el dendrograma. S: salinidad; θ ($^{\circ}\text{C}$): temperatura potencial; Od: oxígeno disuelto (mL/L); B.Z: Biomasa de zooplancton ($\text{ml}/1000\text{m}^3$); Prof.: profundidad (db); Clorofila (mg m^{-3}).

VIX.II. Relaciones entre masas de agua y asociaciones de larvas de peces

En el diagrama T-S (Fig. 32) correspondiente a los primeros 200 m superiores de profundidad se observó la presencia de tres masas de agua: AGC, AST y ASST. En la Fig. 33 también se observa la ubicación de las cuatro ALPs con respecto a las masas de agua y su profundidad.

Se observa que las asociaciones **Giro** y del **Giro periferias** se encuentran en mayor proporción en aguas con las menores salinidades (< 34.9), correspondientes a AST y ASST, aunque Giro periferias se relaciona en menor grado, con el grupo Periferia Continental en AGC.

La asociación **Periferia continental** se encontró principalmente en aguas con salinidades y temperaturas altas (> 34.9 y $> 18^{\circ}\text{C}$, respectivamente), que son características típicas del AGC y que correspondiente con su ubicación geográfica. La asociación **Periferia A** se ubicó principalmente en bajas salinidades y temperaturas ($34.5 < S < 35$; $9 \leq T \leq 18^{\circ}\text{C}$), en aguas correspondientes a ASST, ubicada en áreas profundas.

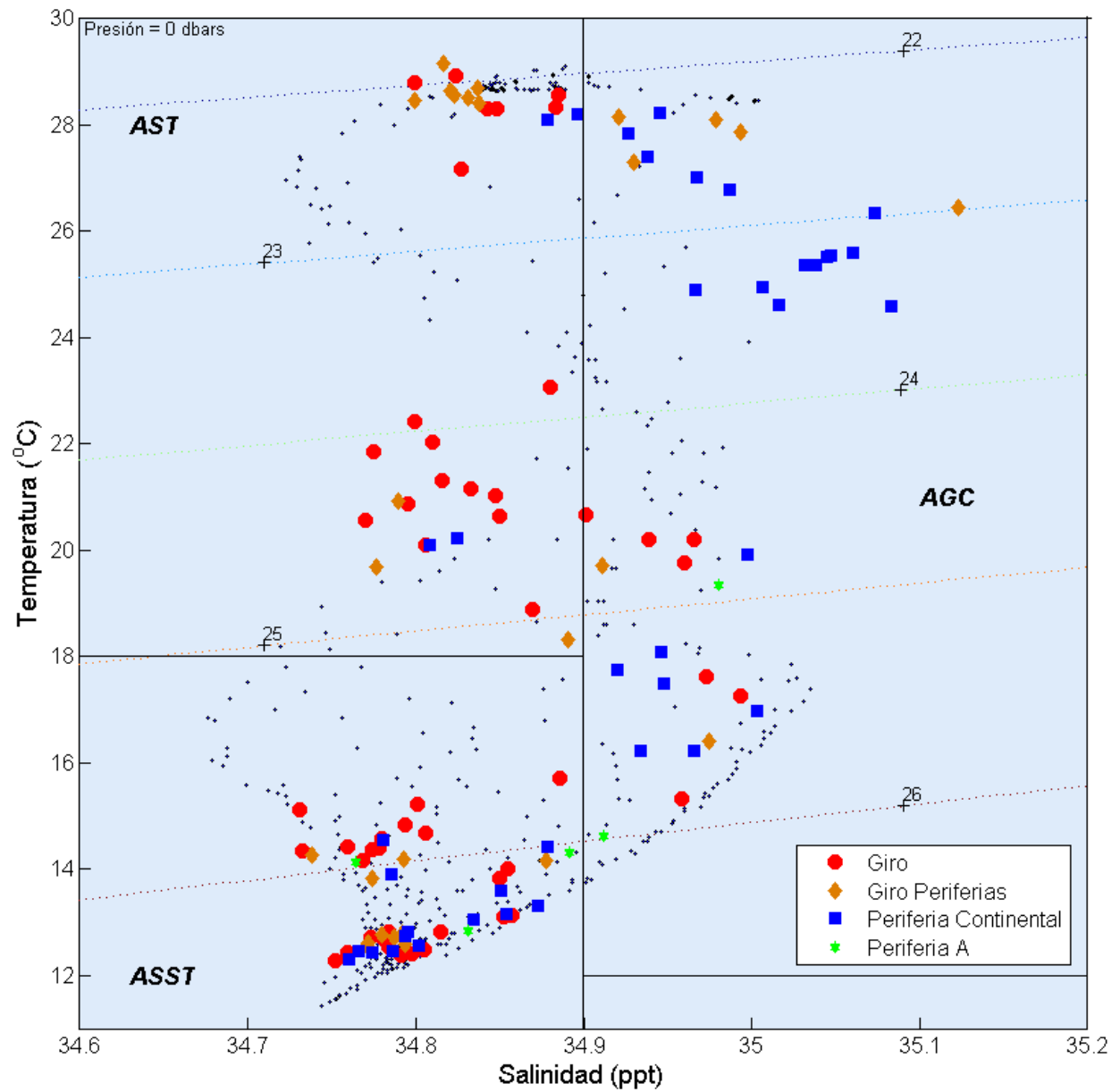


Figura 32. Distribución de la Asociaciones de larvas de peces definidas mediante el análisis de Bray-Curtis sobre un diagrama (θ , S). AST: Agua Superficial Tropical; ASST: Agua Subtropical Subsuperficial; AGC: Agua del Golfo de California.

X. DISCUSION

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que las cuatro asociaciones de larvas de peces definidas a lo largo de la columna de agua en una zona afectada por un giro anticiclónico variaron en cuanto a su distribución tridimensional y a su abundancia y composición larvaria. Estas variaciones podrían ser debidas a la interacción de zonas preferenciales de desove de las especies de peces y a variables hidrográficas y de circulación, generados por el giro y la circulación general de la región.

De las cuatro asociaciones definidas por el dendrograma y ratificadas por el ACC, la asociación **Giro** que se ubicó a lo largo de la columna de agua, principalmente dentro del giro, y la asociación **Periferia**, ubicada entre el margen oriental del giro y la plataforma continental, son las que por sus contrastes definen la dinámica del giro y el desove de las especies; por lo que la discusión se enfocará fundamentalmente en estas dos ALPs.

X.I. Caracterización del giro.

Las observaciones remotas mostraron que el giro se observaba desde un mes antes del muestreo y venía desplazándose de norte a sur siendo afectado por la presencia de la tormenta tropical *Kiko* (reporte meteorológico (<http://wwwsmn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2007/pacifico/kiko.pdf>) en la última fase del muestreo *in situ*, por lo que dos días después del muestreo, dejó de observarse en las imágenes satélites. Dada su historia de vida, se caracterizó como un giro anticiclónico, el cual según los datos *in situ*, tuvo un diámetro de aproximadamente 70 km y una profundidad máxima de 70 m en su zona central. Las isolíneas de temperatura, densidad y la concentración de oxígeno disuelto se observaron cóncavas indicando convergencia de agua con mayores temperaturas en superficie. Esta caracterización hidrográfica coincide con lo descrito por Bakun (2006) para un giro anticiclónico típicamente oceánico. Sin embargo la elevación de oxípetas por debajo del giro, coincidiendo con una corriente geostrófica positiva (entrada de agua), permite suponer que el giro estaba ya en decaimiento

durante el muestreo. Las condiciones de la región sur del GC, la cercanía entre sus costas y el forzamiento con el Océano Pacífico (Ripa, 1997; Beier, 1997; Marinone, 2003), sugieren esperar diferencias en los efectos de un giro de esta naturaleza, y los que ocurren en el océano abierto (Sánchez-Velasco *et al.*, 2009; León-Chávez *et al.* 2010).

El giro anticiclónico muestreado en este estudio, si bien no podría clasificarse como recurrente o estacional por su naturaleza, estructuras similares en periodicidad y área podrían presentarse año con año desde principios de Junio hasta finales de otoño, debido a la predictibilidad del forzamiento del Pacífico en la boca del GC (Zamudio *et al.*, 2008), lo cual corresponde a la observación continua de giros en dicha región, tanto con herramientas satelitales (Badan-Dangon *et al.*, 1985; Pegau *et al.*, 2002; López-Calderon *et al.*, 2008), con modelos numéricos (Beier 1997; Marinone, 2003; Zamudio *et al.*, 2008), boyas de deriva, (Lavín *et al.*, 2009) y datos *in situ* (Fernández-Barajas *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 2003).

X.II. Efectos del giro sobre la distribución de las larvas de peces.

En este contexto, la asociación **Giro** se caracterizó por una dominancia de especies oceánicas (mesopelágicas y batipelágicas) y la baja presencia de especies demersales en relación a la asociación **Periferia**. Las mayores concentraciones de biomasa zooplanctónica se encontraron en los primeros 50 m, aunque ésta se mantiene constante en toda la columna de agua, contrastando con los valores de biomasa en las periferias del giro, sobre todo por debajo de los 100 m de profundidad. La distribución de la mayor biomasa del zooplancton coincidió con la distribución de varias especies oceánicas (p ej. *V. lucetia*, *D. pacificus* y *B. panamense*) que se extendieron desde la superficie hasta los 200 m dentro de la zona del giro (Fig. 34). Esto muestra un posible efecto de retención o atrapamiento del zooplancton. Una situación similar fue registrada por Eden *et al.* (2009) en un giro “Mode-Water” en el Mar del Sargaso, donde encontraron mayor concentración de fitoplancton y mesozooplancton en el centro del giro. Caso contrario a lo descrito por Muhling *et al.* (2007) en un giro anticiclónico en la corriente de

Leeuwin, Australia. Las diferencias entre los efectos de giros anticiclónicos sobre las larvas de peces podrían deberse a la combinación de diversos factores, como la interacción del giro con procesos hidrográficos adyacentes, su evolución temporal y la estrategia de desove de las especies en la región en general.

Sobre los efectos del giro anticiclónico a lo largo de la columna de agua en este estudio, podría mencionarse que si bien el giro fue relativamente somero y pudiera esperarse que sólo tuviera influencia en los primeros 70 m de la columna de agua, la distribución casi homogénea de las especies dominantes a lo largo de la columna de agua sugiere una influencia del giro sobre los organismos presentes por debajo del mismo. Esta situación coincide con lo mencionado por Rodríguez *et al.* (2004) y Eden *et al.* (2009), quienes describen que la migración del zooplankton tiende a ser más profunda en zonas donde hubo una mayor disponibilidad de alimento. Condición indicada en el giro por la mayor concentración de Cl a y biomasa del zooplankton en el giro, en relación a las periferias.

La asociación **Giro periferias** se conformó por especies similares a las de la asociación **Giro**, pero con menor abundancia en casi todas las especies y un aumento de especies demersal-costero, debido posiblemente a la influencia de las zonas rocosas y arrecifales cercanas a ambas costas del Golfo. Esta situación hizo que esta asociación se ubicara en diversas partes de los transectos, pero con baja abundancia, y sin una explicación físico-biológica clara.

En la asociación **Periferia** se presentó el mayor volumen de biomasa zooplanctónica y el mayor número de larvas de peces (**Fig. 34**), ambos concentrados en los niveles más superficiales y disminuyendo considerablemente con la profundidad. Esta área se caracterizó porque en la costa continental se presentó una surgencia, que se ve reflejada en las imágenes de satélite por menor temperatura superficial y mayores concentraciones de pigmentos de Cl a, así como con los datos *in situ*, donde se observa el levantamiento de las isopícnas y en el ascenso en las concentraciones de nutrientes (NO₂, NO₃ y PO₄) y Cl a. En esta asociación las especies dominantes del estudio, como *B. panamense* y *T.*

mexicanus, tuvieron sus mayores abundancias larvales. Estas especies han sido registradas en todo el GC asociadas en a amplios intervalos de temperatura y salinidad característicos del GC (Sánchez-Velasco *et al.*, 2003; Pequero-Icaza *et al.*, 2008). También las encontramos en los márgenes del giro pero con menores abundancias, lo cual puede ser debido al transporte generado por dicha surgencia, tal y como lo mencionan Rodríguez *et al.* (2004) y Baten & Crawford. (2005), quienes sugieren que las surgencias y los filamentos son mecanismos de transporte de ictioplancton nerítico hacia las aguas oceánicas. Tal sería el caso de especies que no penetraron al centro del giro y quedaron cerca de su margen, como *S. ovale*, *S. williamsi*, *S. luciocephalus* y diversos tipos de Góbidos.

La asociación **Periferia A** fue un grupo caracterizado por la ausencia de especies dominantes, por baja densidad larvaria y por estar ubicado en las periferias. Del mismo modo que la asociación **Giro-periferias**, sin una relación aparente con el ambiente.

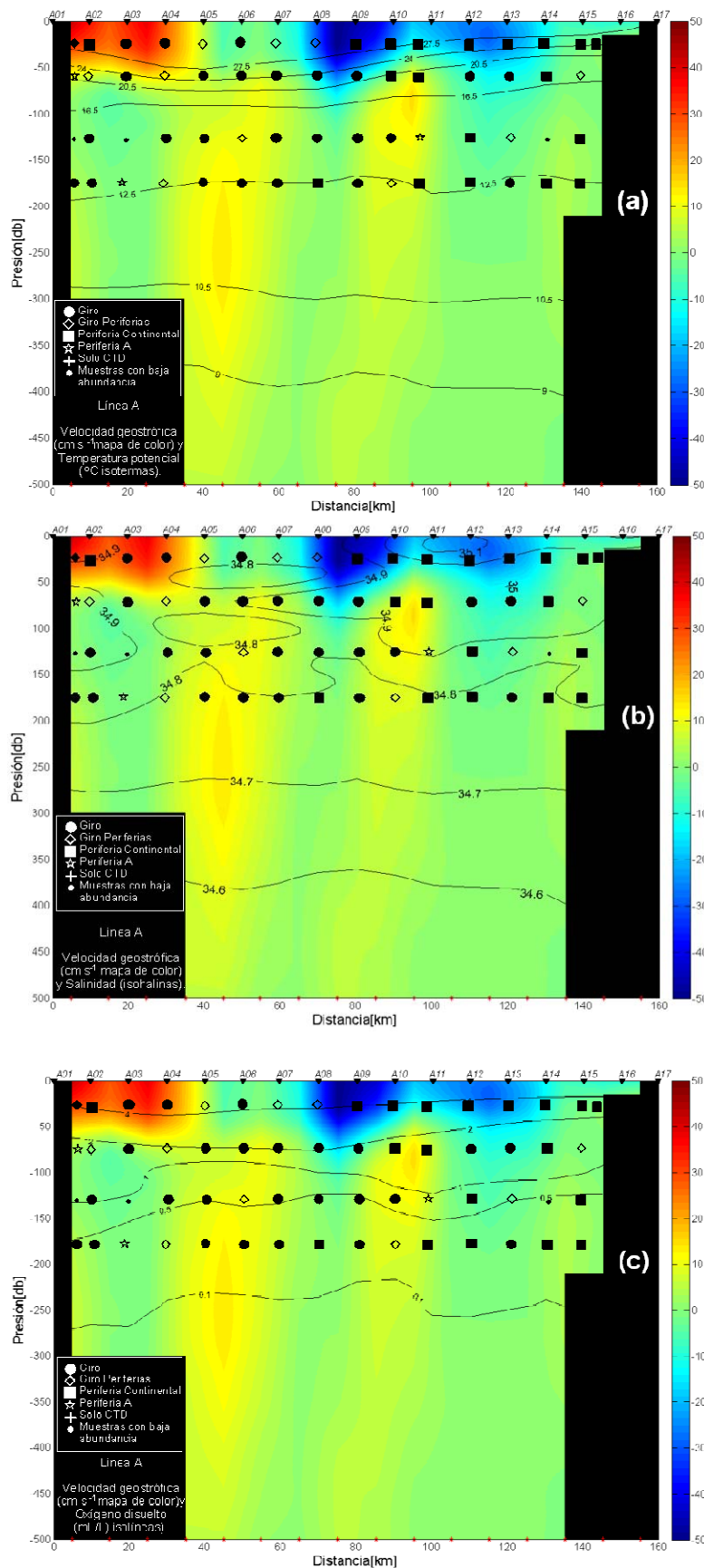


Figura 33. Distribución vertical de las ALPs en la línea A sobre la velocidad geostrofica (cm s^{-1} mapa de color) referida a la profundidad común mínima entre pares de estaciones. **(a)** Temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$ isotermas); **(b)** Salinidad (isohalinas) y **(c)** Oxígeno disuelto (mL/L oxipletas).

- Giro
- ◇ Giro Periferias
- Periferia continental
- ☆ Periferia A
- ◆ Solo CTD
- Muestras con baja abundancia

X. III. Relaciones entre masas de agua y asociaciones larvales

Los resultados muestran que la composición y distribución de las asociaciones larvares en el área de estudio se relacionó principalmente con la estructura termohalina de las masas de agua. La asociación **Giro** (Fig. 35a), en la que se encontró mayor abundancia de especies batipelágicas y mesopelágicas (*V. lucetia*, *D. pacificus*, *C. pauciradiatus*) y menores abundancias de especies demersales, se ubicó en los intervalos correspondientes al AST ($S \leq 34.5$; $12 \leq T \leq 18$ °C) en el centro del giro. Asimismo, el grupo se ubicó también en intervalos termohalinos del ASST ($34.5 < S < 35$; $9 \leq T \leq 18$ °C), correspondiendo a muestras tomadas por debajo del giro; estas salinidades y temperaturas bajas son características de la región central del Océano Pacífico, en donde mayormente se encuentran dichas especies (León-Chávez *et al.*, 2010).

Esto concuerda con lo observado por Sánchez-Velasco *et al.*, (2006) durante el mes de octubre en la región adyacente al giro de este trabajo: estos autores encontraron intrusión de ATS por debajo de los 70 m, a la que se asoció un grupo de especies con alta riqueza específica dominada por larvas de especies mesopelágicas.

Así mismo, esta relación entre AST y especies mesopelágicas coincide con lo observado por León-Chávez *et al.* (2010), quienes encuentran dos asociaciones en el AST las cuales presentaban las más alta riqueza específica y las más altas abundancias de especies batipelágicas y mesopelágicas como *V. lucetia* y *D. pacificus* en el Pacífico Tropical transicional.

En contraste, la asociación **Periferia** se ubicó en los intervalos termohalinos correspondientes a las AGC ($S > 34.9$; $T > 12$ °C) (Fig. 35b). La salida de agua del lado de la costa continental proveniente del norte la cual a su vez trae consigo este tipo de agua, concuerda con el registro de esa misma masa de agua en esa zona por Castro *et al.* (2006) y Lavín *et al.* (2009). El AGC puede estar relacionada con una fauna típica de especies que desovan masivamente en el

Golfo durante otoño, como son *B. panamense* y *T. mexicanus* (Aceves-Medina *et al.*, 2003; Peguero-Icaza *et al.*, 2008; Danell-Jiménez *et al.*, 2009) y que dominaron en dicha asociación. Así mismo, a esta salida de agua se encuentra asociada la surgencia costera, la cual trae consigo una mayor riqueza de especies demersales exclusivas de esta ALP, tales como *S. ovale*, *S. williamsi*, *Hemanthias* sp. y *Pontinus* sp. que desovan mayoritariamente en AGC.

Como lo mencionamos desde un principio, la premisa es que las especies pueden estar presentes en diferentes hábitats, ya que aunque los peces adultos cruzan las fronteras del plancton, los huevos y las larvas pueden ser retenidos, y si los hábitats son favorables para su supervivencia, estas se desarrollan en diferentes hábitats durante su fase de vida dentro del plancton. La diferencia en la abundancia de larvas se espera que se muestre en el área principal de desove de la especie, tal como lo mencionan Espinosa-Fuentes & Flores-Coto. (2004), Sánchez-Velasco *et al.* (2007) y Danell-Jiménez *et al.* (2009).

Algunas de estas especies han sido registradas en el GC por Aceves-Medina *et al.*, (2003) y Sánchez-Velasco *et al.*, (2009) entre otros autores; por lo que es posible que si el giro no se hubiese presentado, esta comunidad se habría extendido más hacia el centro del Golfo (al área más oceánica).

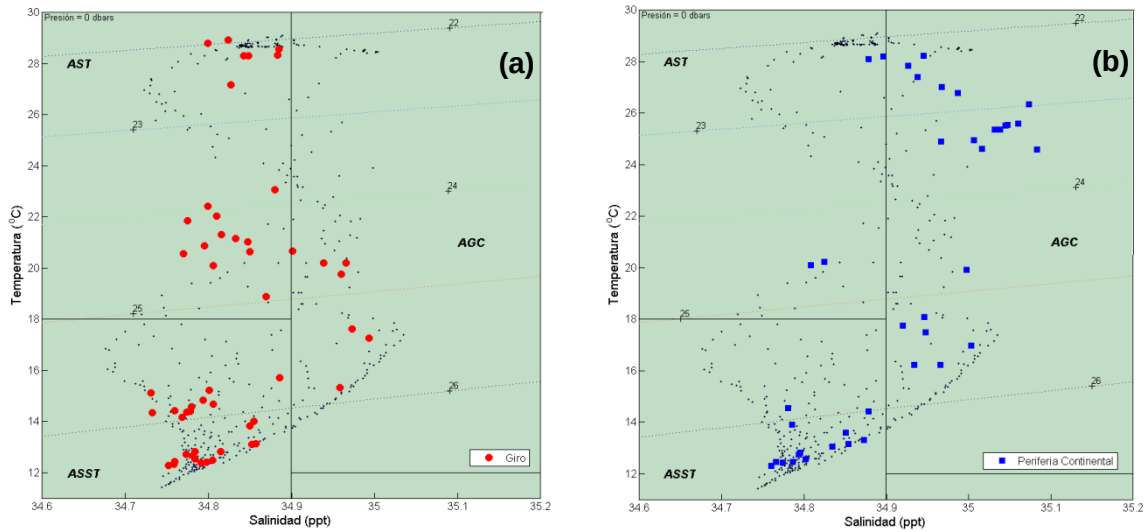


Figura 34. Distribución de la ALPs sobre un diagrama (θ -S) obtenidas mediante el análisis de Bray-Curtis: **(a)** Asociación **Giro** y **(b)** Asociación **Periferia**. AST, Agua Superficial Tropical; ASST, Agua Subtropical Subsuperficial y AGC, Agua del Golfo de California.

X.IV. Efectos de giros sobre el plancton en el océano

La literatura disponible indica que los efectos de los giros sobre la comunidad plantónica pueden ser muy variados, pudiendo ser función del origen y evolución del giro, tamaño del giro, de su naturaleza (ciclónico o anticiclónico) y entorno hidrográfico y de la circulación, así como de las especies que habitan la región.

Por ejemplo, en este estudio, dirigido hacia un giro anticiclónico de ~70 m de profundidad, y en los giros anticiclónicos descritos por Arístegui *et al.* (1997) al sur de Islas Canarias (200 m de profundidad), Baten & Crawford (2005) en el Golfo de Alaska (150 m de profundidad), por Mackas *et al.* (2005) en el Pacífico Norte y por Muhling *et al.* (2007) en la Corriente de Leeuwin, Australia (140 m de profundidad), aunque la resolución del muestreo varió, en todos los casos convergen en que el centro del giro tiende a presentar mayor concentración de clorofila *a*, contrario a la descrito teóricamente por Bakun (2006). Además los efectos sobre el zooplancton en los casos mencionados variaron entre ellos.

Mackas *et al.* (2005) describió que la abundancia del zooplancton disminuye conforme evoluciona el giro, contrario a los resultados en el presente estudio, donde si bien el giro estaba a punto de desintegrarse, la abundancia del zooplancton y de larvas de peces tendía a ser constante en toda la columna de agua, incluso debajo del giro; y por otro lado Muhling *et al.* (2007) mencionan que las mayores concentraciones de zooplancton se asociaban a la periferia del giro.

Para el caso de giros ciclónicos, se presenta la misma discrepancia, algunos autores reportan el centro del giro con menor concentración de clorofila a en relación a los márgenes y periferia (p. ej. Arístegui *et al.*, 1997) y otro grupo de autores describen la situación contraria (p. ej. Falkowski *et al.*, 1991; Lee-Chen *et al.*, 2007).

Por lo que para alcanzar el entendimiento de los efectos de los giros sobre la comunidad planctónica será necesario redoblar esfuerzos, haciendo estudios sistemáticos sobre este tipo de estructuras. Esto es de gran trascendencia para conocer la ecología de los primeros eslabones de la cadena trófica y su impacto en el ecosistema marino en general.

XI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio muestran la definición de cuatro asociaciones de larvas de peces a lo largo de la columna de agua (200 m a superficie) en una zona afectada por un giro anticiclónico de ~70 km de diámetro y ~70 m de profundidad en el sur del GC durante otoño del 2007. Estas variaron en cuanto a su distribución tridimensional y a su abundancia y composición larvaria; sin embargo la asociación relacionada al centro del giro y a la asociación ubicada en la Periferia continental, donde se presentó una surgencia, mostraron la más clara relación causa-efecto entre el ambiente y su formación.

La asociación **Giro**, dominada por especies mesopelágicas (*V. lucetia*, *B. panamense* y *D. pacificus*) y demersales (*Hemanthias* sp. y *Diplectrum* sp.) en menor número que en la asociación **Periferia**, se distribuyó en toda la columna de agua, incluso debajo del giro, asociándose a AST y ASST, masas de agua que no se presentaron en la asociación **Periferia**. La presencia de las mismas especies debajo del giro que dentro del mismo, demuestran que esta estructura afecta más allá de sus límites verticales, tal vez por concentración de alimento.

En el área de la asociación **Periferia** los nutrientes y la biomasa zooplanctónica fueron mayores en el nivel superficial en relación al resto de la columna de agua, coincidiendo con la subida de las isolíneas de parámetros hidrográficos. En ésta se presentaron las mayores abundancias larvarias de las especies dominantes en el estudio (*B. panamense*, *T. mexicanus* y *D. laternatus*), las cuales se asociaron a una alta cantidad de especies demersales costeras (*S. ovale*, *S. williamsi*, *Hemanthias* sp. y *Pontinus* sp.) y a AGC.

A pesar de que el giro analizado era menos intenso y más somero que los giros descritos para la región sur del Golfo de California, impactó en la distribución y abundancia de larvas de peces; dejando interrogantes sobre el papel de los giros mayores en el ambiente.

XII. RECOMENDACIONES

Los mecanismos que generan este tipo de estructuras y su efecto sobre el ecosistema marino requieren más investigación, ya que la relación descriptiva entre los giros y el plancton es aún desconocida.

Una de las razones de la falta de este tipo de estudios previos, ha sido la dificultad para realizar las observaciones necesarias desde buques de investigación, debido a la duración de estas estructuras y al movimiento rápido de los giros.

Por lo que es necesario sumar esfuerzos y realizar estudios interdisciplinarios que nos permitan comprender más la dinámica oceánica y su relación con el ecosistema pelágico.

LITERATURA CITADA.

Avalos-García, C., L. Sánchez-Velasco, & B. Shirasago. 2003. Larval fish assemblages in the Gulf of California and their relation to hydrographic variability (Autumn 1997–Summer 1998). Bulletin of Marine Science, 72 (1), 63–76.

Aceves-Medina, G., S.P. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna, D. Llunch-Belda, P. E. Smith, & W. Watson. 2003. Fish larvae from the Gulf of California. Scientia Marina, 67(1):1-11.

Aceves-Medina, G., S. P. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna & P. E. Smith. 2004. Fish larvae assemblages in the Gulf of California. Journal of Fish Biology, 65:832-847.

Arístegui, J., P. Tett, A. Hernández-Guerra, G. Basterretxea, M. F. Montero, K. Wild, P. Sangrá, S. Hernández-León, M. Cantón, J. A. García-Braun, M. Pacheco & D. Barton. The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Grand Canaria. Deep Sea Research I, 44(1): 71-96.

Armstrong, F.A.J., Stearns, C.R. & Strickland, J.D.H. 1967. The measurement of upwelling and subsequent biological processes by means of the Technicon AutoAnalyzer and associated equipment. Deep-Sea Res., 14: 381–389.

Badan-Dangon, A., C. J., Koblinsky & T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. Oceanologica Acta, 8:13-22.

Bakun, A. 2006. Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage, 105-122. In: Olivar, M.P. & J.J. Govoni (Eds.). Recent advance in the study of fish eggs and larvae. Scientia Marina. Barcelona (Spain).

Batten, S.D. & W. R. Crawford. 2005. The influence of coastal origin eddies on oceanic plankton distributions in the eastern Gulf of Alaska. Deep-Sea Research II, 52:991–1009.

Beier, E., 1997: A numerical investigation of the annual variability of the Gulf of California. J. Phys. Oceanogr., 27: 615–632.

Beier, E. & P. Ripa. 1999. Seasonal Gyres in the Northern Gulf of California. American Meteorological Society, 29:305-311.

Bendschneider, K & R.J. Robinson. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea-water. Journal Marine Research, 11:87-96.

Biggs, D. C., R. A. Zimmerman, R. Gasca, E. Suarez-Morales, I. Castellanos & R. R. Leben. 1997. Note on plankton and cold-core rings in the Gulf of Mexico. Fishery Bulletin, 95(2):369-375.

Bray, N. A. 1988. Water mass formation in the Gulf of California. Journal of Geophysical Research, 93(C8):9223-9240.

Brower, J.E, J. H. Zar & C. N. von Ende. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. WCB- McGraw–Hill, New York. 489 p.

Buesseler, K.O., A.N. Antia, M. Chen, S.W. Fowler, W.D. Gardner, O. Gustafsson, K. Harada, A.F. Michaels, M.R. Loeff, M. Sarin, D.K. Steinberg & T. Trull. 2007. An assessment of the use of sediment traps for estimating upper ocean particle fluxes. Journal of Marine Research, 65:345-416.

Castro, R., A. Mascarenhas Jr., R. Durazo, & C. A. Collins. 2000. Seasonal variation of the temperature and salinity at the entrance to the Gulf of California, México. Cienc. Mar, 26(4):561– 583.

Castro, R., R. Durazo, A. Mascarenhas Jr., C. A. Collins, & A. Trasvina. 2006. Thermohaline variability and geostrophic circulation in the southern portion of the Gulf of California. Deep-Sea Res. Part I. 53(1):188–200.

Cepeda-Morales, J., E. Beier, G. Gaxiola-Castro, M.F. Lavín & V.M. Godínez. 2009. Effect of the oxygen minimum zone on the second chlorophyll maximum in the Eastern Tropical Pacific off Mexico. Cienc. Mar., 35(4):389-403.

Cushing, D.H. 1971. The dependence of recruitment on parent stock in different groups of fishes. J. Mar. Sci. 33: 340-362.

De la Cruz-Agüero, G. 1994. ANACOM. Sistema para el análisis de comunidades. Ver. 3.0 Manual de usuario. CICIMAR-IPN. La Paz, B. C. S. 99pp.

Danell-Jiménez, A., L. Sánchez-Velasco, M. F. Lavín & G. Marinone. 2009. Larval fish assemblages; zooplankton biomass; thermal/chlorophyll front; hydrography; México; Gulf of California. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 85-487-496.

Daniel W. W. 2008. Bioestadistics: A Foundation for analysis in the health sciences. Jonh-Wiley & Sons. New York. 755 p.

Eden, B. R., D. K. Steinberg, S. A. Goldthwait & D. J. McGillicuddy Jr. Zooplankton community structure in a cyclonic and mode-water eddy in the Sargasso Sea. Deep-Sea Research I, 56:1757–1776.

Emilsson, I. & M. A. Alatorre. 1997. Evidencias de un remolino ciclónico en la parte sur del Golfo de California, 173-182. En: Lavín, M. F. (Ed.). Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monog. N° 3. Unión Geofísica Mexicana.

Espinosa-Fuentes, M.L. & C. Flores-Coto. 2004. Cross-shelf and vertical structure of ichthyoplankton assemblages in continental shelf waters of the Southern Gulf of Mexico. Estuarine Coastal and Shelf Science, 59:333–352.

Fiedler, P. C., & L. D. Talley. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. Prog. Oceanogr. 69(2 – 4):143 – 180. doi:10.1016/j.pocean.2006.03.008.

Field, J. G., K. R. Clarke & R. M. Warwick. 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. Mar. Ecol. Prog. Ser., 8:37-52.

García de León, L. A. 1988. Generalidades del análisis de cúmulos y análisis de componentes principales. Instituto de Geografía. UNAM. 29 p.

Gasca, R. 2003. Hyperiid Amphipods (Crustacea: Peracarida) and Spring Mesoscale Features in the Gulf of Mexico. Marine Ecology, 24(4):303-317

Godínez-Sandoval, V. M., L. Sánchez-Velasco, M. Peguero-Icaza, M. F. Lavín, A. I. Ocampo-Torres, A. Danell-Jiménez, C. E. Cabrera-Ramos, R. Cervantes-Duarte & S. Futema-Jiménez. 2008. Hidrografía, nutrientes y clorofila-a en un giro anticiclónico en el Golfo de California durante octubre del 2007. Campaña GOLCA-0710. Departamento de Oceanografía Física, CICESE. 69 pp.

Govoni, J. J., J. A. Hare, E. D. Davenport, M. H. Chen & K. E. Marancik. 2010. Mesoscale, cyclonic eddies as larval fish habitat along the southeast United States shelf: a Lagrangian description of the zooplankton community. – ICES Journal of Marine Science, 67: 000–000.

Grasshoff, K., 1964. Determination of nitrate in sea and drinking water. Kieler Meeresforschung, 20:5-11.

Hjort J. 1914. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Explo. Mer, 20: 1–228.

Inda-Díaz, E. A., L. Sánchez-Velasco & M. F. Lavín. 2010. Tree-dimensional distribution of small pelagic fish larvae (*Sardinops sagax* and *Engraulis mordax*) in a tidal-mixing front and surrounding waters (Gulf of California). Journal of Plankton Research, 32(9):1241-1254.

Jeffrey, S.W., G. F. Humphrey. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochemie and Physiologie der Pflanzen, 167: 191–194

Kramer, D.M., J. Kalin, E. G. Stevens, J. R. Trailkill & R. Zweifel. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current. NOAA Tech. Rep. NMFS Circ., 370, 38 p.

Lance, G.N. & Williams, W.T. 1967. A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. Comput. J., 9:60–64.

Lasker R. 1978. The relation between oceanographic conditions, and larval anchovy food in the California Current: identification of factors contributing to recruitment failure. Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Explo. Mer. 173: 212–230.

Lasker, R. 1981. The role of a stable ocean in larval fish survival and subsequent recruitment. In: R. Lasker (ed.) Marine fish larvae: morphology, ecology and relation to fisheries. Wash. Sea Grant Program, University of Washington Press. 80-88 pp.

Lavaniegos-Espejo, B. E. & R. C. Hereu. 2009. Seasonal variation in hyperiid amphipod abundance and diversity and influence of mesoscale structures off Baja California. Mar. Ecol. Prog. Ser., 394. doi:10.3354/meps08285.

Lavín, M. F. & S. Organista. 1988. Surface flux in the northern Gulf of California. J. Geophys. Res., 93(C11)14033-14038.

Lavín, M.F., R. Durazo, E. Palacios, M. L. Argote & L. Carrillo. (1997a). Lagrangian observations of the circulation in the northern Gulf of California. J. Geophys. Res. 27: 2298–2305.

Lavín, M. F., E. Beier & A. Badan. 1997b. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual, 141-171 En: Lavín, M. F. (Ed.). Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monog. N° 3. Unión Geofísica Mexicana.

Lavín, M. F. & S. G. Marinone. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California, 173-204. In: Velasco-Fuentes *et al.* (Eds.), Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics. Kluwer Academic Publishers.

Lavín, M. F. R. Castro, E. Beier, V. M. Godínez, A. Amador & P. Guest. 2009. SST, thermohaline structure, and circulation in the southern Gulf of California in June 2004 during the North American Monsoon Experiment. J. Geophys. Res., 114, C02025, doi:10.1029/2008JC004896.

León-Chávez, C. A., L. Sánchez-Velasco, E. Beier, M. F. Lavín, V. M. Godínez-Sandoval & J. Färber-Lorda. 2010 Larval fish assemblages and circulation in the Eastern Tropical Pacific in Autumn and Winter. Journal of Plankton Research., 32(4):397-410.

Lee-Chen, Y. L., H. Chen, I., I Lin, M. An Lee & J. Chang. 2007. Effects of Cold Eddy on Phytoplankton Production and Assemblages in Luzon Strait Bordering the South China Sea. Journal of Oceanography. 63: 671-683.

Lopez- Calderon, J. A. Martinez, A. Gonzalez-Silvera, E. Santamaria del-Angel & R. Millan-Nuñez. 2008. J. Geophys. Res., 113. C10001, doi: 10.1029/2007JC004630.

Ludwig, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. John Wiley & Sons 189-202pp.

Mackas, D. L., M. Tsurumi, M.D. Galbraith & D. R. Yelland. 2005. Zooplankton distribution and dynamics in a North Pacific Eddy of coastal origin: II. Mechanisms of eddy colonization by and retention of offshore species. Deep-Sea Research II, 52:1011–1035.

Marinone, S.G. 2003. A three dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. J. Geophys. Res., 108 (C10), 3325.

Marinone, S. G. 2006. A numerical simulation of the two-and three-dimensional Lagrangian circulation in the northern Gulf of California. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 68:93-100.

McCarthy, J. J., A. R. Robinson & B. J. Rothschild. 2002. Introduction-Biological-physical interactions in the sea: Emergent findings and new directions. The Sea John Wiley & Sons, New York (12):2-13.

McGillicuddy Jr. D. J., L. A. Anderson, N. R. Bates, T. Bibby, K. O. Buesseler, C. A. Carlson, C. S. Davis, C. Ewart, P. G. Falkowski, S. A. Goldthwait, D. A. Hansell, W. J. Jenkins, R. Johnson, V. K. Kosnyrev, J. R. Ledwell, Q. P. Li, D. A. Siegel & D. K. Steinberg. 2007. Eddy/Wind Interactions Stimulate Extraordinary Mid-Ocean Plankton Blooms. Science, 316: 1021-1026.

Moser, H. G., E. H. Ahlstrom, D. Kramer, & E. G. Stevens. 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. CalCOFI Report, 17:112-128.

Moser, H. G. 1996 (Ed.). The early stages of the fishes in the California Current region. California Cooperative Fish Series, Atlas No 33, Allen Press, Inc., Lawrence, Kansas. 27-36pp.

Muhling, B. A., L. E. Beckeley & M. P. Olivar. 2007. Ichthyoplakton assemblage structure in two meso-scale Leeuwin Current eddies, eastern Indian Ocean. Deep-Sea Research Part II, 54:1113-1128.

Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27: 31-36.

Nakai, Z. 1962. Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (Temminck and Schlegel). Jap. J. Ichthy., 9:1-115.

Navarro-Olache L. M. F. Lavín., L. G. Álvarez-Sánchez & A. Zurino. 2004. Internal structure of SST features in the Central Gulf of California. Deep Sea Research. Part II, 5:673-687.

Nishimoto, M. M. & L. Washburn. 2002. Patterns of coastal eddy circulation and abundance of pelagic juvenile fish in the Santa Barbara Channel, California, USA. Mar. Ecol. Prog. Ser. 241:183-199.

Onitsuka, G., A. Morimoto, T. Takikawa A. Watanabe, M. Moku, Y. Yoshikawa & T. Yanagi. 2009. Enhanced chlorophyll associated with island-induced cyclonic eddies in the eastern channel of the Tsushima Straits. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 81:401–408.

Okazaki, Y., Nakata, H., 2007. Effect of the mesoscale hydrographic features on larval fish distribution across the shelf break of East China Sea. Continental Shelf Research, 27:1616–1628.

Pegau, W. S., E. Boss & A. Martínez. 2002. Ocean color observations of eddies during the summer in the Gulf of California. Geophysical Research Letters, 29 (9): 1-3.

- Peguero-Icaza, M. Sánchez-Velasco, L., M. F. Lavín & S. G. Marinone. 2008. Larval fish assemblages, environment and circulation in a semienclosed sea (Gulf of California, México). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 79:277-288.
- Pielou, E.C. 1969. An introduction to mathematical ecology. New York: John Wiley. 326 p.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley New York. 165 p.
- Piontkovski, S. A., R. Williamx, W. Peterson & V. K. Kosnirev. 1995. Relationship between oceanic mesozooplankton and energy of eddy field. Mar. Ecol. Prog. Ser. 128:35-41.
- Pond, S. & L. Pickard. 2003. Introductory Dynamical Oceanography, 2nd edition. Butterworth Henemann.
- Rodríguez, J. M., E. D. Barton, S., S. Hernández-León & J. Arístegui. 2004. The influence of mesoscale physical processes on the larval fish community in the Canaries CTZ, in summer. Progress in Oceanography, 62:171-188.
- Ripa, P 1997. Toward a Physical Explanation of the Seasonal Dynamics and Thermodynamics of the Gulf of California. Journal of Physical Oceanography, 27: 597-614.
- Sánchez-Velasco, L., E. Beier, C. Ávalos-García & M. F. Lavín. 2006. Larval fish assemblages and geostrophic circulation in Bahía de La Paz and the surrounding southwestern region of the Gulf of California. Journal of Plankton Research, 28(II):1-18.
- Sánchez-Velasco, L. S. P. A. Jiménez-Rosenberg & M. F. Lavín. 2007. Vertical Distribution of Fish Larvae and Its Relation to Water Column Structure in the Southwestern Gulf of California. Pacific Science, 22:1-12.
- Sánchez-Velasco, L. M.F. Lavín M. Peguero-Icaza, C.A León-Chávez, F. Contreras-Catala, S.G. Marinone, I.V. Gutiérrez-Palacios & V.M. Godínez. 2009. Seasonal changes in larval fish assemblages in a semi-enclosed sea (Gulf of California). Continental Shelf Research, 29:1697–1710.

Siegel, S. & N. J. Castellón. 1988. Non-parametric Statistics for the Behavioral Sciences. McGraw-Hill International Editions, Statistics Series, 399p.

Sinclair, M. 1988. Marine populations. An essay on population regulation and speciation. Washington Sea Grant Program. University of Washington Press, Seattle, 252 p.

Smith, P. E., & S. L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para la prospección de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO, Documentos Técnicos de Pesca N° 175. 107p.

Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1969. Biometry 383p.

Soto-Mardones, L., S. G. Marinone & A. Parés-Sierra. 1999. Time and spatial variability of sea surface temperature in the Gulf of California. Cienc. Mar., 25(1):1-30.

Steinberg, D.K., J. S. Cope, S. E. Wilson, & T. Kobari. 2008. A comparison of mesopelagic mesozooplankton community structure in the subtropical and subarctic North Pacific Ocean. Deep-Sea Research II, 55:1615–1635.

Strickland, J. D & T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. Bull. 167. Second edition. 311 p

Vaillancourt, R. D., J. Marra, M. P. Seky, M. L. Parsons & R. R. Bidigare. 2003. Impact of cyclonic eddy on phytoplankton community structure and photosynthetic competency in the subtropical North Pacific Ocean. Deep-Sea Research I, 50:829-847.

Velasco-Fuentes, O.U. y S. G. Marinone. 1999. A numerical study on the lagrangian circulation in the Gulf of California. Journal of Marine Systems, 22:1-12.

Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology, 67(5):1167-1179.

Venrick, E., T. Hayward, 1984. Determining chlorophyll on the 1984. CALCOFI surveys. CalCOFI Reports, 25:74–79.

Waite A. M., P. A Thompson, S. Pesant, M. Feng, L. E. Beckley, C. M. Domingues, D. Gaughan, C. E. Hanson, C. M. Holl,, T. Koslow, M. Meuleners, J. P. Montoya, T. Moore, B. A. Muhling, H. Paterson, S. Rennie, J. Strzelecki & L. Twomey. 2007. The Leeuwin Current and its eddies: An introductory overview. Deep-Sea Research II, 54:789-796.

Zamudio, L., P. Hogan, and E. J. Metzger, 2008. Summer generation of the Southern Gulf of California eddy train. J. Geophys. Res., 113, C06020, doi:10.1029/2007JC004467.

APÉNDICE I

LISTADO DE TAXONES DETERMINADOS DURANTE EL CRUCERO GOLCA0710 (OCTUBRE DE 2007).

Familia	Taxones
Elopidae	<i>Elops affinis</i>
Albulidae	<i>Albula</i> sp.
Moringuidae	Moringuidae tipo 1
Muraenidae	<i>Gymnothorax mordax</i>
Ophichthidae	<i>Myrophis vafer</i>
	<i>Ophichthus triserialis</i>
	<i>Ophichthus zophochir</i>
	Ophichthidae tipo 1
	Ophichthidae tipo 2
	Ophichthidae tipo 4
	Ophichthidae tipo 5
Congridae	<i>Heteroconger digueti</i>
	<i>Ariosoma gilberti</i>
	<i>Paraconger californiensis</i>
	<i>Bathycongrus macrurus</i>
	<i>Rhynchoconger nitens</i>
	<i>Chiloconger dentatus</i>
	Congridae tipo 1
	Congridae tipo 2
	Congridae tipo 3
	Congridae tipo 4
	Congridae tipo 5
	Anguilliformes T1
	Anguilliformes T2
	Anguilliformes T3
	Anguilliformes T4
	Anguilliformes T5
	Anguilliformes T6
	Anguilliformes T7

	Anguilliformes T8
	Anguilliformes T9
	Anguilliformes T10
	Anguilliformes T11
	Anguilliformes T12
	Anguilliformes T13
	Anguilliformes T14
	Anguilliformes T15
Engralidae	Engraulidae tipo 1
Clupeidae	<i>Ophistonema</i> sp.
	<i>Harengula thrissina</i>
Microstomatidae	<i>Bathylagoides nigrigenys</i>
	<i>Bathylagoides wesethi</i>
Diplophidae (<i>Incertae sedis</i>)	<i>Diplophos proximus</i>
	<i>Diplophos pacificus</i>
Phosichtyidae	<i>Vinciguerria lucetia</i>
Stomiidae	<i>Bathophilus filifer</i>
	Stomiidae tipo 1
	<i>Stomias atriventer</i>
Aulopidae	<i>Aulopus bajacali</i>
Synodontidae	<i>Synodus lucioceps</i>
Scopelarchidae	<i>Scorpelarchoides nicholsi</i>
Myctophidae	<i>Benthoosema panamense</i>
	<i>Diaphus pacificus</i>
	<i>Diaphus theta</i>
	<i>Diogenichthys laternatus</i>
	<i>Triphoturus mexicanus</i>
	<i>Hygophum atratum</i>

Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros bathymaster</i>
	<i>Bregmaceros</i> sp.
Carapidae	<i>Carapus dubius</i>
	<i>Echiodon exsilium</i>
	Carapidae tipo 1
Ophidiidae	<i>Brotula clarkae</i>
	<i>Brotula</i> sp.
	<i>Lepophidium stigmatistium</i>
	Ophidion sp.
	<i>Spectrunculus grandis</i>
	Ophididae tipo 1
	Ophididae tipo 2
	Ophididae tipo 3
Bythitidae	Bythitidae tipo 1
	Ophididae tipo 5
Lophiidae	<i>Lophiodes caularis</i>
	<i>Lophiodes spilurus</i>
	Lophiiforme tipo 1
Antennariidae	<i>Antennarius avalonis</i>
Ogcocephalidae	<i>Zalieutes elater</i>
Exocoetidae	<i>Oxyporhamphus micropterus</i>
Melamphaidae	Melamphaidae tipo 1
	Poromitra sp.
Holocentridae	<i>Sargocentron suborbitalis</i>
	<i>Myripristis leiognathos</i>
	Holocentridae tipo 1
	Holocentridae tipo 2
Fistulariidae	<i>Fistularia commersoni</i>
	<i>Fistularia corneta</i>

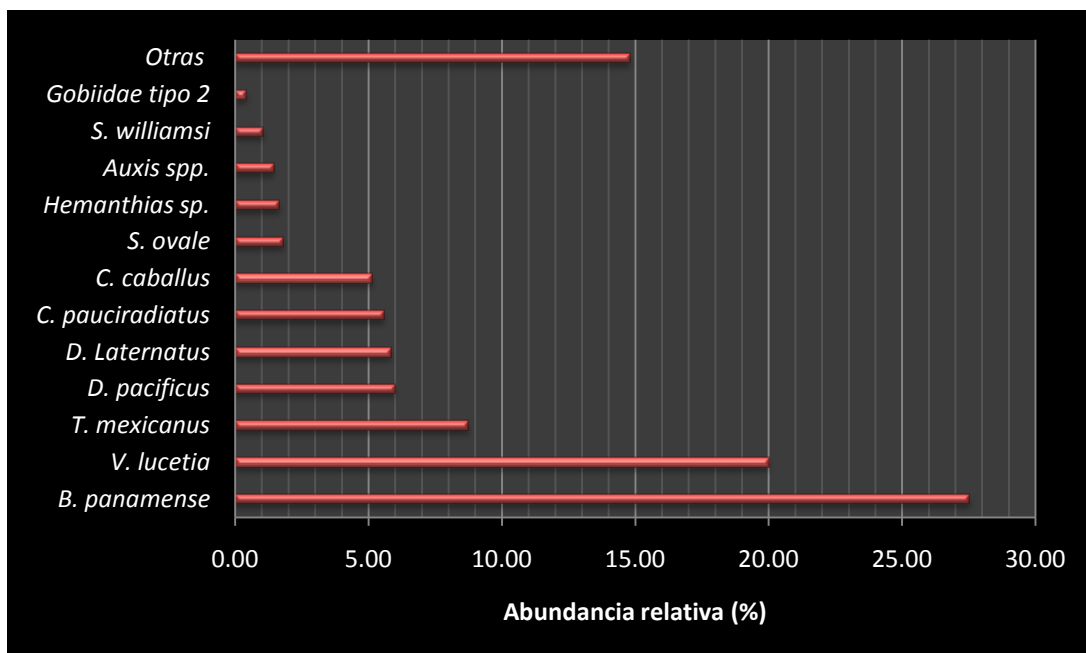
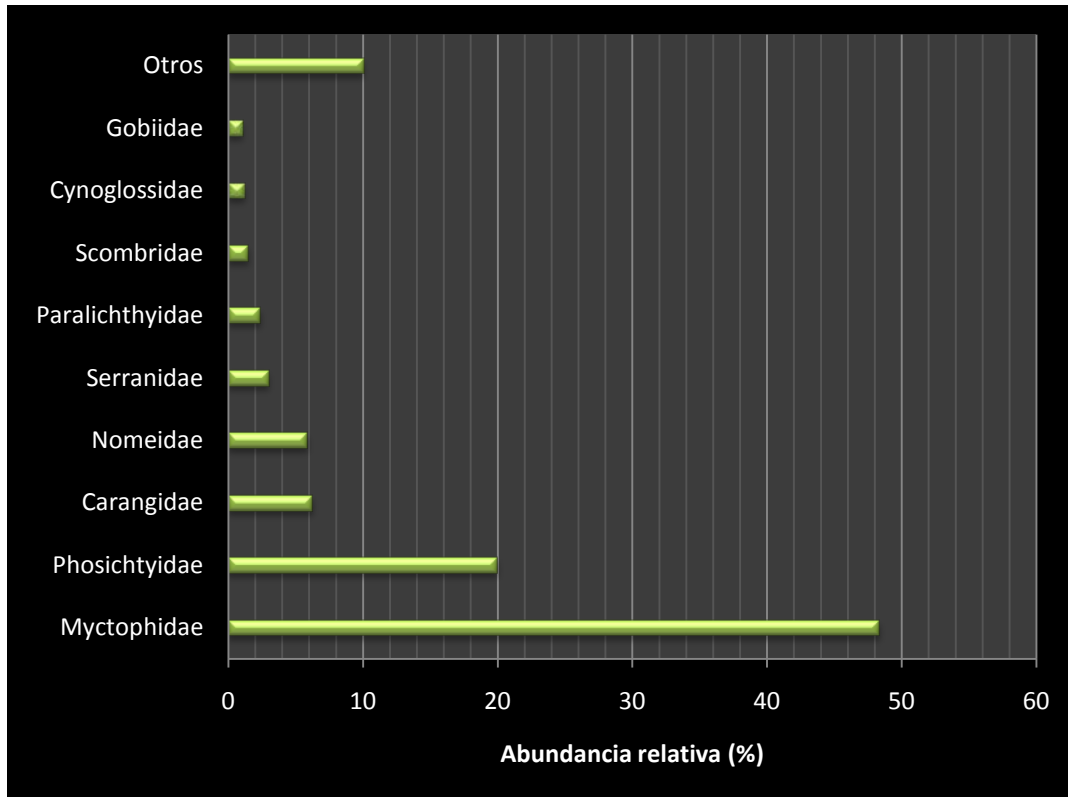
Scorpaenidae	<i>Pontinus</i> sp.
	<i>Scorpaenodes xyris</i>
	<i>Scorpaenodes</i> sp. 1
Polyprionidae	<i>Stereolepis gigas</i>
Serranidae	<i>Diplectrum</i> sp 1
	<i>Serranus</i> sp.
	<i>Hemanthias</i> sp.
	<i>Pronotogrammus multifasciatus</i>
	<i>Epinephelus</i> sp.
	<i>Paranthias colonus</i>
Priacanthidae	<i>Pristigenys serrula</i>
Apoginidae	<i>Apogon retrosella</i>
	<i>Apogon</i> tipo 1
Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i>
Carangidae	<i>Caranx caballus</i>
	<i>Carangidae</i> tipo 1
	<i>Caranx</i> sp 2
	<i>Chloroscombrus orqueta</i>
	<i>Decapterus</i> sp.
	<i>Selar crumenophthalmus</i>
	<i>Selene peruviana</i>
	<i>Oligoplites saurus</i>
Lutjanidae	<i>Lutjanus argentiventris</i>
	<i>Lutjanus guttatus</i>
Gerreidae	<i>Eucinostomus dowii</i>
Haemulidae	<i>Anisotremus davidsonii</i>
	<i>Xenistius californiensis</i>
Mullidae	Mullidae tipo 1

Cirrhitidae	Cirrhitidae tipo 1
Pomacentridae	<i>Chromis</i> sp.
	<i>Abudefduf troschelii</i>
Labridae	<i>Thalassoma</i> sp.(p)
	<i>Iniistius pavo</i>
	<i>Xyrichtys mundiceps</i>
	Labridae tipo 1
Scaridae	<i>Scarus</i> sp.
Stichaeidae	Stichaeidae tipo 1
Ammodytidae	<i>Ammodytoides gilli</i>
Blenniidae	<i>Ophioblennius steindachneri</i>
Eleotridae	<i>Erotelis armiger</i>
	<i>Dormitator latifrons</i>
	Eleotridae tipo 1
	Eleotridae tipo 2
	Eleotridae tipo 4
Gobiidae	<i>Ctenogobius manglicola</i>
	<i>Lythrypnus zebra</i>
	Gobiidae tipo 1
	Gobiidae tipo 2
	Gobiidae tipo 3
	Gobiidae tipo 4
	Gobiidae tipo 5
	Gobiidae tipo 6
	<i>Lythrypnus dalli</i>
Microdesmidae	<i>Clarkichthys bilineatus</i>
Gempylidae	Gempylidae tipo 1

Trichiuridae	<i>Lepidopus fitchi</i>
	Trichiuridae tipo 1
Scombridae	<i>Auxis</i> spp.
Nomeidae	<i>Cubiceps pauciradiatus</i>
	<i>Psenes sio</i>
	<i>Psenes pellucidus</i>
Stromateidae	<i>Peprilus simillimus</i>
Paralichthyidae	<i>Etropus crossotus</i>
	Paralichthyidae tipo 1
	Paralichthyidae tipo 2
	Paralichthyidae tipo 3
	<i>Syacium ovale</i>
Bothidae	<i>Bothus leopardinus</i>
	Bothidae tipo 1
	<i>Perissias taeniopterus</i>
Cynoglossidae	<i>Symphurus atramentatus</i>
	<i>Symphurus atricaudus</i>
	<i>Symphurus chabanaudi</i>
	<i>Symphurus elongatus</i>
	<i>Symphurus melanurus</i>
	<i>Symphurus</i> sp. 1
	<i>Symphurus williamsi</i>
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides annulatus</i>
Molidae	Molidae tipo 1

APÉNDICE II

ABUNDANCIA RELATIVA DE: (a) FAMILIAS Y (b) TAXONES.



APÉNDICE III

Análisis jerárquico de cada asociación.

Tabla 1. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey. Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Subártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Tran=Transicional; Nd=No determinado.

ASOCIACIÓN	GIRO				
TAXONES	AB. PROM (larvas/10m ²)	F .O. %	JERARQUÍA	HÁBITAT	AFINIDAD
<i>Vinciguerria lucetia</i>	63	85	DOMINANTES	BP-MP	Tr
<i>Benthoosema panamense</i>	62	94		MP	Tr
<i>Diaphus pacificus</i>	47	63		MP	Tr
<i>Hemanthias</i> sp.	30	25		D	Str
<i>Triphoturus mexicanus</i>	29	83		MP	Str
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	28	73		BP	Tr-Str
<i>Diogenichthys laternatus</i>	25	87		MP	Str
<i>Auxis</i> spp.	14	17	CONSTANTES	EP	Tr
<i>Diplectrum</i> sp.	13	44		D	Tr-Str
Eleotridae tipo 2	11	13		ND	Nd
<i>Psenes sio</i>	9	13		BP	Tr
<i>Bregmaceros</i> sp.	8	13		PC	Tr-Str
<i>Hygophum atratum</i>	8	15		MP	Tr
<i>Lepidopus fitchi</i>	7	19		D	Str
<i>Bathycongrus macrurus</i>	22	2		D	Str
Gobiidae tipo 2	15	2		ND	Nd
Anguilliforme tipo 10	15	12		ND	nd
<i>Myrophis vafer</i>	13	12	OCASIONALES	D	Sa-Tran
<i>Myripristis leiognathos</i>	11	2		D	Tr
<i>Echiodon exsilium</i>	11	2		D	Tr-Str
<i>Thalassoma</i> sp (p).	11	2		D	Tr
<i>Syacium ovale</i>	10	4		D	Tr
<i>Lutjanus argentiventris</i>	10	4		D	Str
Anguilliforme tipo 14	9	2		ND	Nd
<i>Paraconger californiensis</i>	9	6		D	Tr
<i>Ophichthus triserialis</i>	8	6		D	Str
Ophidiidae tipo 2	8	15		ND	Nd
<i>Pontinus</i> sp.	8	4		D	Tr
<i>Bathylagoides wesethi</i>	8	13		MP	tm

<i>Antennarius avalonis</i>	8	2	D	str
<i>Selar crumenophthalmus</i>	8	6	D	Str
<i>Paranthias colonus</i>	8	8	D	Tr-Str
<i>Ctenogobius manglicola</i>	8	6	RARAS	Tr
Congridae tipo 1	8	2	ND	Nd
<i>Symphurus atramentatus</i>	8	4	D	Tr
<i>Scorpaenodes xyris</i>	8	10	D	Str
<i>Fistularia commersonii</i>	8	2	D	Tr
Anguilliforme tipo 7	7	4	ND	Nd
<i>Lophiodes caulinaris</i>	7	4	D	Tr
<i>Symphurus williamsi</i>	7	10	D	Tr
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	7	6	PC	Str
Anguilliforme tipo 4	7	6	ND	Nd
Eleotridae tipo 1	7	6	ND	Nd
<i>Brotula</i> sp. 1	7	4	BP	Tr
<i>Balistes polylepis</i>	7	4	D	Str
Paralichthyidae tipo 1	7	6	ND	Nd
<i>Albula</i> sp.	7	4	D	Tr-Str
<i>Bothus leopardinus</i>	6	6	D	Tr
<i>Caranx caballus</i>	6	2	P	Str
<i>Caranx</i> sp. 2	6	2	ND	Nd
<i>Pristigenys serrula</i>	6	4	D	Str
Paralichthyidae tipo 2	5	2	ND	Nd
Nº de taxones	52			
Nº de muestras	52			
Abundancia promedio (larvas/10m ²)	289	Diversidad	3.41	bits/ind.
Biomasa promedio (ml/1000m ³)	92.25			

*AB. PROM=Abundancia promedio (larvas/10m²); FO=Frecuencia de ocurrencia (%).

Tabla 2. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey de la **ALP Periferia Continental**. Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Subártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Tran=Transicional; Nd=No determinado.

ASOCIACIÓN	PERIFERIA CONTINENTAL				
TAXONES	AB. PROM (larvas/10m ²)	F .O. %	JERARQUÍA	HÁBITAT	AFINIDAD
<i>Bentosema panamense</i>	142	100	DOMINANTES	MP	Tr
<i>Triphoturus mexicanus</i>	51	75		MP	Str
<i>Syacium ovale</i>	23	67.5		D	Tr
<i>Vinciguerria lucetia</i>	100	65		BP-MP	Tr-Str
<i>Diogenichthys laternatus</i>	53	40		MP	Str
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	20	40		BP	Tr-Str
<i>Symphurus williamsi</i>	19	42.5		D	Tr
<i>Diaphus pacificus</i>	17	35		MP	Tr
<i>Hemanthias</i> sp.	10	35		D	Str
<i>Pontinus</i> sp.	18	27.5		D	Tr
<i>Auxis</i> spp.	23	25	CONSTANTES	EP	Tr
<i>Lutjanus argentiventris</i>	15	25		D	Str
<i>Caranx caballus</i>	14	25		PC	Str
Gobiidae tipo 2	14	22.5		D	Nd
<i>Selar crumenophthalmus</i>	18	20		D	Str
<i>Albula</i> sp.	18	20		ND	Nd
<i>Lophiodes spilurus</i>	16	20		D	Tr
<i>Brotula</i> sp. 1	12	20		BP	Nd
Paralichthyidae tipo 2	11	20		ND	Nd
<i>Caranx</i> sp. 2	256	17.5	OCASIONALES	ND	Nd
Gobiidae tipo 4	32	10		ND	Nd
<i>Myrophis vafer</i>	13	17.5		D	Str
<i>Ophichthus triserialis</i>	12	17.5		D	Str
<i>Diplectrum</i> sp.	11	17.5		D	Tr-Str
<i>Paranthias colonus</i>	10	17.5		D	Tr
<i>Fistularia commersonii</i>	8	17.5		D	Tr
<i>Bothus leopardinus</i>	7	17.5		D	Tr
Paralichthyidae tipo 1	11	15		ND	Nd
Anguilliforme tipo 14	10	15		ND	Nd
<i>Psenes sio</i>	7	15		BP	Tr
Gobiidae tipo 3	13	12.5		ND	Nd

<i>Synodus lucioceps</i>	11	12.5	D	Str
<i>Scorpaenodes xyris</i>	10	12.5	D	Str
<i>Myripristis leiognathos</i>	8	12.5	D	Tr
<i>Lophiodes caulinaris</i>	7	12.5	D	Tr
<i>Xenistius californiensis</i>	7	12.5	D	Str
Ophidiidae tipo 2	7	12.5	ND	Nd
<i>Symphurus atramentatus</i>	7	12.5	D	Tr
<i>Antennarius avalonis</i>	7	12.5	D	Str
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	14	10	N	Str
Anguilliforme tipo 1	10	10	ND	Nd
Eleotridae tipo 1	9	10	ND	Nd
Anguilliforme tipo 7	9	10	RARAS	ND
<i>Pristigenys serrula</i>	7	10	D	Str
<i>Hygophum atratum</i>	7	10	BP	Tr-Str
<i>Eucinostomus dowii</i>	17	7.5	D	Sa-Tran
<i>Balistes polylepis</i>	16	7.5	D	Str
Anguilliforme tipo 6	13	7.5	ND	Nd
<i>Thalassoma</i> sp.	10	7.5	D	tr
Melamphidae tipo 1	9	7.5	ND	Nd
Eleotridae tipo 2	7	7.5	ND	Nd
<i>Euthynnus lineatus</i>	6	7.5	EP	Tr
Anguilliforme tipo 10	12	5	ND	Nd
<i>Ctenogobius manglicola</i>	11	5	D	Tr
<i>Paraconger californiensis</i>	8	5	D	tr
<i>Bregmaceros</i> sp.	8	5	PC	Tr-Str
<i>Lepidopus fitchi</i>	7	5	BP	Str
<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	6	5	EP	Tr
<i>Echiodon exsilium</i>	13	2.5	D	Tr
Labridae tipo 3	11	2.5	ND	Nd
Anguilliforme tipo 4	7	2.5	ND	Nd
<i>Bathycongrus macrurus</i>	5	2.5	D	Str
<i>Diplophos proximus</i>	5	2.5	MP	Tr
<i>Bathylagoides wesethi</i>	5	2.5	BP	Str
N° de taxones		64		
N° de muestras		40		
Abundancia promedio	(larvas/10m ²)	468	Diversidad	3.74 bits/ind.
Biomasa promedio	(ml/1000m ³)	143.01		

*AB. PROM=Abundancia promedio (larvas/10m²); FO=Frecuencia de ocurrencia (%).

Tabla 3. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey de la **ALP Giro Periferias**. Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Subártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Tran=Transicional; Nd=No determinado.

ASOCIACIÓN	GIRO	PERIFERIAS			
TAXONES	AB. PROM (larvas/10m ²)	F.O. %	JERARQUÍA	HÁBITAT	AFINIDAD
<i>Vinciguerria lucetia</i>	59	100		BP-MP	Tr-Str
<i>Benthoosema panamense</i>	44	74.1		MP	Tr
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	34	59.3	DOMINANTES	BP	Tr-Str
<i>Triphoturus mexicanus</i>	15	48.1		MP	Str
<i>Auxis</i> spp.	18	29.6		EP	Tr
<i>Diaphus pacificus</i>	44	25.9		MP	Tr
<i>Diplectrum</i> sp.	8	37.0		D	Tr-Str
<i>Lutjanus argentiventris</i>	12	25.9		D	Str
<i>Myrophis vafer</i>	6	25.9		D	Str
<i>Pontinus</i> sp.	7	22.2	CONSTANTES	D	Tr
<i>Caranx caballus</i>	11	18.5		PC	Str
<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	11	18.5		EP	Tr
<i>Diogenichthys laternatus</i>	21	3.7		MP	Str
Anguilliforme tipo 4	20	14.8		ND	Nd
<i>Hemanthias</i> sp.	16	7.4		D	Str
<i>Paranthias colonus</i>	15	3.7	OCASIONALES	D	Str
<i>Lophiodes spilurus</i>	15	3.7		D	Tr
Eleotridae tipo 1	14	3.7		ND	Nd
Congridae tipo 1	11	14.8		ND	Nd
<i>Balistes polylepis</i>	11	7.4		D	Str
<i>Symphurus atramentatus</i>	9	3.7		D	Tr
<i>Ophichthus triserialis</i>	9	11.1		D	Str
<i>Diplophos proximus</i>	9	11.1		MP	Tr
<i>Psenes sio</i>	9	3.7		BP	Tr
<i>Symphurus williamsi</i>	9	3.7		D	Tr
<i>Albula</i> sp.	9	3.7		D	Tr-Str
<i>Pristigenys serrula</i>	8	7.4		D	Str
Anguilliforme tipo 6	8	3.7		ND	Nd
Anguilliforme tipo 14	8	3.7		ND	Nd
Ophidiidae tipo 2	8	7.4		ND	Nd
<i>Selar crumenophthalmus</i>	8	11.1		D	Str
<i>Echiodon exsiliun</i>	7	11.1	RARAS	D	Tr-Str

Anguilliforme tipo 10	7	7.4	ND	Nd
<i>Bathycongrus macrurus</i>	7	14.8	D	Str
<i>Myripristis leiognathos</i>	7	11.1	D	Tr
Paralichthyidae tipo 2	7	3.7	ND	Nd
<i>Bothus leopardinus</i>	6	7.4	D	Tr
Paralichthyidae tipo 1	6	7.4	ND	Nd
<i>Eucinostomus dowii</i>	5	3.7	D	Sa-Tran
Eleotridae tipo 2	5	7.4	ND	Nd
<i>Bregmaceros</i> sp.	5	7.4	PC	Tr-Str
Melamphaidae tipo 1	4	3.7	ND	Nd
<i>Hygophum atratum</i>	3	7.4	BP	Tr-Str
<i>Euthynnus lineatus</i>	3	7.4	EP	Tr
Nº de taxones		44		
Nº de muestras		27		
Abundancia promedio	(larvas/10m ²)	227	Diversidad	3.38 bits/ind.
Biomasa promedio	(ml/1000m ³)	115.6		

Tabla 4. Jerarquización de los taxones de acuerdo al índice de Olmstead-Tukey de la **ALP Periferia A**. Hábitat del adulto: BP=batipelágico; MP= mesopelagico; D= demersal; PC= pelágico costero; EP= epipelágico; ND= no determinado. Afinidad zoo-geográfica del adulto: Sa=Subártico; Str=Subtropical; Tr=Tropical; Tm=Templado; Tran=Transicional; Nd=No determinado.

ASOCIACIÓN	PERIFERIA	A			
	AB. PROM	F.O.	JERARQUÍA	HÁBITAT	AFINIDAD
TAXONES	(larvas/10m ²)	%			
<i>Triphoturus mexicanus</i>	33	60	DOMINANTE	MP	Str
Congridae tipo 1	12	40	CONSTANTES	ND	Nd
<i>Hemanthias</i> sp.	10	40		D	Str
<i>Diogenichthys laternatus</i>	33	20	OCASIONALES	MP	Str
<i>Paraconger californiensis</i>	33	20		D	Tr
<i>Myripristis leiognathos</i>	8	20	RARAS	D	Tr
<i>Diplectrum</i> sp.	11	20		D	Tr-Str
Nº de taxones		7			
Nº de estratos		5			
Abundancia promedio	(larvas/10m ²)	88	Diversidad	3.36	bits/ind.
Biomasa promedio	(ml/1000m ³)	64.49			

*AB. PROM=Abundancia promedio (larvas/10m²); FO=Frecuencia de ocurrencia (%).