



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



“DISTRIBUCIÓN VERTICAL Y ALIMENTACIÓN DE LARVAS  
DE *Bregmaceros bathymaster* EN LA ZONA DE MÍNIMO DE  
OXÍGENO EN EL PACÍFICO TROPICAL ORIENTAL FRENTE  
A MÉXICO (ABRIL 2012)”

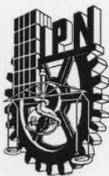
TESIS

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

PRESENTA:

ADALBERTO GUADALUPE TAMAYO CORONA

LA PAZ, B. C. S., JUNIO DEL 2015



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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 02 del mes de Junio del 2015 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 VERTICAL Y ALIMENTACIÓN DE LARVAS DE Bregmaceros bathymaster EN LA ZONA DE MÍNIMO DE OXÍGENO EN EL PACÍFICO TROPICAL ORIENTAL FRENTE A MÉXICO (ABRIL 2012)”

Presentada por el alumno:

TAMAYO
Apellido paterno

CORONA
materno

ADALBERTO GUADALUPE
nombre(s)

Con registro: A 1 3 0 4 4 8

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director(a) de Tesis

DRA. LAURA SÁNCHEZ VELASCO

DRA. SYLVIA PATRICIA ADELHEID JIMÉNEZ ROSENBERG

MC. JOSÉ RICARDO PALOMARES GARCÍA

MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

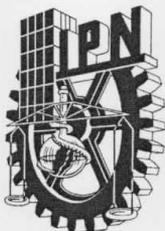
DR. EMILIO JOSÉ BEIER MARTIN

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



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 10 del mes Julio del año 2015  
el (la) que suscribe BP. ADALBERTO GUADALUPE TAMAYO CORONA alumno(a) del  
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS  
con número de registro A130448 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 cede los derechos del trabajo titulado:

"DISTRIBUCIÓN VERTICAL Y ALIMENTACIÓN DE LARVAS DE *Bregmaceros bathymaster* EN LA ZONA  
DE MÍNIMO DE OXÍGENO EN EL PACÍFICO TROPICAL ORIENTAL FRENTE A MÉXICO (ABRIL 2012)"

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: adalberto.gtc@gamial.com - lsvelasc@gmail.com

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

BP. ADALBERTO GUADALUPE TAMAYO CORONA

*nombre y firma*

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi familia, esposa e hijo.

A MI PADRE: Adalberto Tamayo Quintero, quien es mi inspiración y siempre me ha enseñado a luchar y no rendirme nunca.

A MI MADRE: Emelia Corona Corona, quien siempre me ha dado su apoyo incondicional y con sus consejos me ha alentado a seguir adelante y ser una mejor persona cada día.

A MI HERMANA: Diana Janeth Tamayo Corona, quien siempre ha estado ahí, apoyándome y aconsejándome.

A MI ESPOSA: Gisela Trujillo Retana, quien siempre ha estado a mi lado apoyándome, alentándome a esforzarme más y dar lo mejor de mí.

A MI HIJO: Alberto Isaí Tamayo Trujillo, quien es mi razón de luchar día con día, de darlo todo por salir adelante y ser mejor.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por permitirme realizar mis estudios de maestría en este centro y brindarme todas las facilidades para llevar a cabo mi tesis.

Al CONACYT por otorgarme la beca durante el periodo de maestría 2013-2014.

Al apoyo BECA TESIS del IPN, por brindarme apoyo económico este último semestre.

A mi directora de tesis, la Dra. Laura Sánchez Velasco, por permitirme participar en este proyecto y llevar a cabo esta tesis, por su paciencia y el apoyo en la obtención de conocimientos nuevos.

A los miembros del comité revisor: el Dr. Emilio Beier, La Dra. Silvia Patricia Adelheid Jiménez Rosenberg, al M.C. Gustavo de la Cruz Agüero y al M.C. José Ricardo Palomares García. Por su gran disposición para revisar mi tesis y por sus sugerencias que me fueron de mucha ayuda.

A los proyectos SEP-CONACyT 2014-236864: Influencia de remolinos de mesoescala sobre hábitats de larvas de peces (con énfasis en especies de importancia comercial) en la zona de mínimo de oxígeno del Océano Pacífico frente a México: océano abierto y efecto de islas. Y MD-SIP-IPN 1721 módulo 2015-0176: Ecología de larvas de peces y ambiente en el Alto Golfo de California. Ambos dirigidos por la Dra. Laura Sánchez Velasco.

Al Laboratorio de Plancton y Ecología Marina del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas – IPN. Por permitirme utilizar sus instalaciones para realizar la revisión de mis muestras durante toda mi estadía.

## ÍNDICE

RELACIÓN DE FIGURAS.....	ii
RELACIÓN DE TABLAS.....	iv
RELACIÓN DE ANEXOS.....	v
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCION .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
HIPÓTESIS.....	5
OBJETIVO.....	5
OBJETIVOS PARTICULARES.....	5
MATERIAL Y METODOS .....	6
Trabajo de campo .....	6
Trabajo de laboratorio .....	7
Distribución vertical .....	8
Hábitos de alimentación.....	8
RESULTADOS.....	13
Sinopsis de la información satelital y estructura fisicoquímica de la columna .....	13
Abundancia y distribución de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> .....	18
Hábitos de alimentación general .....	22
Información general.....	22
Espectro trófico general .....	23
Amplitud del espectro trófico general .....	24
Hábitos alimentarios por estadio de desarrollo .....	25
Amplitud del espectro trófico por estadio de desarrollo .....	27
Análisis de similitud entre estadios de desarrollo .....	27
Hábitos alimentarios por estrato de muestreo .....	28
Amplitud del espectro trófico por estrato de muestreo .....	31
Análisis de similitud entre estratos de muestreo .....	31
Hábitos alimentarios por estrato de muestreo y estadio de desarrollo .....	32
Amplitud del espectro trófico por estrato de muestreo y estadio de desarrollo.....	32
Análisis de similitud entre estratos de muestreo y estadios de desarrollo.....	34

Análisis de componentes principales.....	35
Relaciones entre la estructura de la columna de agua y la distribución y alimentación de larvas de peces.....	37
DISCUSIÓN.....	39
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS.....	56

## RELACIÓN DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 1.	Red de estaciones de muestreo durante el crucero oceanográfico realizado en abril del 2012.	7
Figura 2.	Diagrama del tracto digestivo de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> .	9
Figura 3a.	Imagen del satélite Aqua-MODIS de temperatura superficial del mar del día 30 de abril del 2012 procesada con el programa MATLAB 8.0.	13
Figura 3b.	Imagen de satélite Aqua-MODIS de concentración de clorofila (log Chl) del día 30 de abril del 2012 procesada con el programa MATLAB 8.0.	14
Figura 4.	Estructura vertical de oxígeno disuelto en el transecto durante abril del 2012. Las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L.	15
Figura 5.	Estructura vertical de temperatura en el transecto durante abril del 2012. Las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L.	16
Figura 6.	Fig. 6. Estructura vertical de salinidad en el transecto durante abril del 2012. Las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L.	16

Figura 7.	Estructura vertical de clorofila a en el transecto B-E durante abril del 2012. Las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L.	17
Figura 8.	Diagrama T-S que muestra las masas de agua presentes en el área de estudio durante abril del 2012 (criterios de Castro et al., 2006); Agua Superficial Tropical (AST), Agua del Golfo de California (AGC), Agua Subsuperficial SubTropical (ASST) y Agua Intermedia del Pacífico (AIP).	17
Figura 9.	Distribución y abundancia integrada de <i>Bregmaceros bathymaster</i> con respecto a la batimetría del área de estudio.	19
Figura 10a.	Distribución de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> y concentración de oxígeno durante abril 2012 (las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).	20
Figura 10b.	Distribución de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> y concentración de clorofila a durante abril 2012 (las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).	20
Figura 11a.	Distribución de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> en estadio de preflexión y concentración de oxígeno durante abril 2012 (las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).	21
Figura 11b.	Distribución de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> en estadio de en flexión y concentración de oxígeno durante abril 2012 (las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).	21
Figura 11c.	Distribución de <i>Bregmaceros bathymaster</i> en estadio de postflexión y concentración de oxígeno durante abril 2012 (las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).	22
Figura 12.	Proporción de la ubicación de las presas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> con respecto al estrato de muestreo (capa de mezcla: CM; termoclina: T; y zona de hipoxia: ZH).	28
Figura 13.	Proporción del nivel de digestión de las presas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> por estrato de muestreo (capa de mezcla: CM; termoclina: T; y zona de hipoxia: ZH).	28
Figura 14.	Análisis de componentes principales de larvas de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> en estadio preflexión (Pre), flexión (Fle) y postflexión (Pos) y en los estrato capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH) y sus presas de mayor importancia.	37
Figura 15.	Análisis de Correspondencia Canónico entre variables ambientales (temperatura: Tem; oxígeno disuelto: Oxi; y clorofila a: Cla) y el contenido estomacal por estrato de muestreo (capa de mezcla: CM;	39

termoclina: T; y zona de hipoxia: ZH) y estadio de desarrollo (preflexión: Pre; flexión: Fle; y postflexión: Pos).

## RELACIÓN DE TABLAS

Tabla		Página
Tabla 1.	Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que muestra que no existen diferencias significativas entre las abundancias las larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> de los tres estratos.	18
Tabla 2.	Resultado de la prueba de Mann-Whintey que muestra los valores de p al comparar las abundancias de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> entre pares de estratos ( $p > 0.05$ ).	18
Tabla 3.	Número de estómagos utilizados para el análisis de contenido estomacal para cada una de las categorías.	23
Tabla 4.	Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico general de <i>Bregmaceros bathymaster</i> .	24
Tabla 5.	Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de <i>Bregmaceros bathymaster</i> , por estadio de desarrollo durante abril del 2012.	26
Tabla 6.	Valores del traslape de dieta del índice de Schoener entre estadios de desarrollo de <i>Bregmaceros bathymaster</i> .	27
Tabla 7.	Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de <i>Bregmaceros bathymaster</i> , por estrato de muestreo durante abril del 2012.	30
Tabla 8.	Valores del traslape de dieta de <i>Bregmaceros bathymaster</i> obtenidos mediante el índice de Schoener entre los estratos de muestreo capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).	31
Tabla 9.	Medias y desviaciones estándar del índice de diversidad de Shannon-Wiener y de riqueza de Margalef para la dieta de <i>Bregmaceros bathymaster</i> en los estratos de muestreo por estadio	33

de desarrollo (los casos de flexión en la capa de mezcla y preflexión en la zona de hipoxia no fueron incluidos en los análisis debido a que no fueron representativos).

Tabla 10.	Valores del índice estandarizado de Levins, para la amplitud de la dieta de <i>Bregmaceros bathymaster</i> por estadio de desarrollo y estrato de muestreo (capa de mezcla: CM; termoclina: T y zona de hipoxia: ZH).	34
Tabla 11.	Valores del traslape de dieta de <i>Bregmaceros bathymaster</i> obtenidos mediante el índice de Schoener entre los estadios de desarrollo y los estratos de muestreo capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH); (los casos de flexión en la capa de mezcla y preflexión en la zona de hipoxia no fueron incluidos en los análisis debido a que no fueron representativos).	34
Tabla 12.	Valores de R y p del análisis de similitud (ANOSIM) entre la dieta de las larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> en los diferentes estadios de desarrollo y estratos de muestreo.	35
Tabla 13.	Resultados por eje del Análisis de Componentes Principales (Eigenvalores y % de varianza para los 6 componentes.	36
Tabla 14.	Relación de las presas con los ejes, resultado del análisis de componentes principales.	37
Tabla 15.	Resultados por eje del Análisis Canónico de Correspondencia realizado en el programa CANOCO 5.	38

## RELACIÓN DE ANEXOS

Anexo 1.	Anexo 1. Abundancia general (número de larvas/10m <sup>2</sup> ) de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> por estación y estrato de muestreo durante el crucero GOLCA1204. Capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).	57
Anexo 2.	Abundancia (número de larvas/10m <sup>2</sup> ) de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> en estadio de preflexión por estación y estrato de muestreo durante el crucero GOLCA1204. Capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).	57
Anexo 3.	Abundancia (número de larvas/10m <sup>2</sup> ) de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> en estadio de flexión por estación y estrato de muestreo durante el crucero GOLCA1204. Capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).	57

Anexo 4.	Abundancia (número de larvas/10m <sup>2</sup> ) de larvas de <i>Bregmaceros bathymaster</i> en estadio de postflexión por estación y estrato de muestreo durante el crucero GOLCA1204. Capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).	57
Anexo 5.	Tabla de resultados del análisis de diversidad de Shannon-Wiener y de riqueza de Margalef con la media, desviación estándar, máximo y mínimo general, por estadio de desarrollo y por estrato.	58
Anexo 6a.	Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de <i>Bregmaceros bathymaster</i> , en el estadio de preflexión por estrato de muestreo durante abril del 2012.	59
Anexo 6b.	Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de <i>Bregmaceros bathymaster</i> , en el estadio de flexión por estrato de muestreo durante abril del 2012.	60
Anexo 6c.	Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de <i>Bregmaceros bathymaster</i> , en el estadio de postflexión por estrato de muestreo durante abril del 2012.	61

## RESUMEN

El oxígeno disuelto es un indicador sensible de cambios tanto físicos como biológicos en el océano. Por ello, es un parámetro que nos permite comprender de mejor forma la dinámica de los ecosistemas marinos. Una de las zonas de mínimo oxígeno más amplias es la del Pacífico Tropical Oriental, la cual abarca gran parte del mar territorial del Pacífico Mexicano, en particular la región central (costas de Jalisco y Colima), donde en los primeros 200 m de profundidad se encuentran aguas hipóxicas y anóxicas, las cuales generan un ambiente estresante para los organismos pelágicos. Sin embargo, no hay estudios que relacionen la distribución vertical y hábitos de alimentación con parámetros ambientales, incluyendo el oxígeno disuelto, en especial para especies como *Bregmaceros bathymaster* (Orden: Gadiformes) quien por su enorme abundancia en la zona podrían presentar posibles adaptaciones a la hipoxia. En la presente investigación se planteó el conocer la distribución vertical y estrategias alimentarias de larvas de *B. bathymaster* en la zona de mínimo oxígeno en la región del Pacífico tropical oriental frente a México. Las muestras se obtuvieron a bordo del B/O Francisco de Ulloa del 26 de abril al 5 de mayo del 2012. Se realizaron lances de CTD y redes multinivel de apertura-cierre a estratos definidos previamente en función de la profundidad de la capa de mezcla, la termoclina y la parte superior de la zona de hipoxia (1 mL/L). Se encontraron un total de 6,043 larvas de *B. bathymaster* las cuales se presentaron en mayor número en los estratos que comprenden; la termoclina y la zona de hipoxia con 2,263 y 3,337 organismos, respectivamente. Se analizaron un total de 669 estómagos, de los cuales el 70.1% presentó contenido estomacal, mostrando que existe una notable diferencia en la dieta con respecto a los estratos y a los estadios de desarrollo. En la capa de mezcla las larvas en preflexión y flexión consumieron principalmente copépodos *Paracalanus* spp. y *Oncaea* spp., y en postflexión en el mismo estrato *Subeucalanus* spp. Sin embargo, los tres estadios de desarrollo cambiaron la preferencia de sus presas en la termoclina y zona de hipoxia por los copépodos calanoideos *Clausocalanus* spp., nauplios de copépodos y *Penilia avirostris*, y en menor medida siguieron consumiendo *Paracalanus* spp. El hecho de encontrar un mayor número de presas con un grado de digestión más avanzado en la zona de hipoxia y ubicadas en su mayoría en el final del intestino, nos sugiere que las larvas de *B. bathymaster* se alimenta en primera instancia en dos estratos, en la capa de mezcla y en la termoclina, para posteriormente bajar a la zona de hipoxia. Es posible suponer que especies

como *B. bathymaster*, las cuales habitan en el talud y plataforma continental particularmente en donde se presentan zonas de hipoxia someras, sean especies que están adaptadas a migrar entre aguas oxigenadas e hipóxicas en las diferentes etapas de su ciclo de vida.

## ABSTRACT

Dissolved oxygen is a sensitive indicator of both physical and biological changes in the ocean. Therefore, it is a parameter that allows us to better understand the dynamics of marine ecosystems. One of the larger minimum oxygen zones is the Eastern Tropical Pacific, which covers much of the territorial sea of the Mexican Pacific, particularly the central region (coasts of Jalisco and Colima), where in the first 200 m of depth find hypoxic and anoxic waters, which generate a stressful environment for pelagic organisms. However, no studies relating the vertical distribution, feeding habits and environmental parameters, including dissolved oxygen, especially for species such as *Bregmaceros bathymaster* (Order: Gadiformes) who by his enormous wealth in the area could present possible adaptations to the hypoxia. In the present investigation it was raised to know the vertical distribution and larval food strategies of *B. bathymaster* in the oxygen minimum zone in the Eastern Tropical Pacific off Mexico. Samples were obtained aboard the B/O Francisco de Ulloa from 26 April to 5 May 2012. CTD casts and multilevel opening-closing nets were performed to layers previously defined in terms of the depth of the mixed layer, the thermocline and the top of the hypoxic zone (1 mL/L), in a total of 41 stations were sampled, 19 with networks and CTD, and the rest only CTD. A total of 6,043 larvae of *B. bathymaster* were sampled, in greater numbers in thermocline and hypoxic zone with 2,263 and 3,337 larvae respectively. A total of 669 stomachs were analyzed, of which 70.1% had stomach contents, showing a remarkable difference between diet with respect to strata and development stages. In the mixed layer preflexion and flexion larvae consumed mainly copepods *Paracalanus* spp. and *Oncaea* spp., and in the same strata postflexion larvae consumed *Subeucalanus* spp. However, the three development stages changed the preference of prey in the thermocline and hypoxic zone by calanoid copepods *Clausocalanus* spp., copepod nauplii and *Penilia avirostris*, and to lesser extent consuming *Paracalanus* spp. The finding of an increased number of prey with a more advanced degree of digestion in the hypoxic zone and located mostly at the end of the intestine, suggests that *B. bathymaster* larvae feed in the first instance in two layers, in the mixed layer and the thermocline, and later down to the hypoxic zone. It can be assumed that species such as *B. bathymaster*, which living in the slope and continental shelf particularly where hypoxic zone shallow occur, they are species that are adapted to migrate between oxygenated and hypoxic waters at different stages of their life cycle.

## INTRODUCCION

El oxígeno disuelto es un indicador sensible de cambios tanto físicos como biológicos en el océano (Joos *et al.*, 2003b). Por ello, el oxígeno disuelto es un parámetro que nos permite comprender de mejor forma la dinámica de los ecosistemas marinos (Keeling & García, 2002). Las masas de agua que son relativamente pobres en oxígeno disuelto han sido denominadas zonas de mínimo oxígeno (ZMO), aunque aún no se ha llegado a un consenso sobre el umbral de oxígeno que las determina. Se sabe que cuando las concentraciones de oxígeno caen por debajo de  $\sim 1$  mL/L (condiciones de hipoxia), los organismos pelágicos pueden presentar estrés y cuando las concentraciones de oxígeno caen por debajo de  $\sim 0.2$  mL/L (condiciones anóxicas), los organismos pueden morir (Díaz & Rosenberg, 2008; Stramma *et al.*, 2008).

Los modelos climáticos oceánicos han predicho una disminución general en la concentración de oxígeno disuelto y la consecuente expansión de la zona de hipoxia en el medio pelágico lo cual se prevé afecte el ciclo de vida de las especies que habitan dichas regiones (Stramma *et al.*, 2008). Las zonas de mínimo oxígeno se encuentran principalmente en aguas intermedias, las cuales son aguas de poca o escasa movilidad y forman un circuito interno propio, por lo que su renovación o sustitución con aguas superficiales ricas en oxígeno les lleva más tiempo. Por ejemplo, el Agua Subtropical Subsuperficial, donde se encuentra la zona de mínimo oxígeno del Pacífico oriental, es una masa de agua formada en el hemisferio sur (en las cercanías de Australia) y fluye lentamente hacia el Pacífico Oriental, mientras que por procesos de oxidación de la materia orgánica va disminuyendo su contenido de oxígeno disuelto. La presencia de dicha masa de agua en las costas del Pacífico oriental mexicano aunada a la alta productividad orgánica en la superficie que después de morir precipita y se degrada, agota el oxígeno a lo largo de la columna de agua. Esto ocurre con mayor intensidad en verano después de los afloramientos de primavera, cuando el agua es más cálida y existe una fuerte estratificación de la columna de agua (Reichart *et al.*, 1998; Díaz & Rosenberg, 2008). La región del Pacífico Tropical Oriental frente México (principalmente las costas de Jalisco, Nayarit y Sinaloa) se caracteriza por un sistema de corrientes costeras dominado por la Corriente Costera Mexicana que fluye hacia el norte (Wirtky, 1965; Lavín *et al.*, 2006). Su interacción con el relieve del fondo y vientos locales genera una continua formación de remolinos que se desprenden de la costa hacia aguas oceánicas (Zamudio *et al.*, 2007; Kurczyn *et al.*, 2012). Con

gradientes físico-químicos drásticos en la columna de agua, las variables biológicas como la concentración de clorofila (como indicador de productividad fitoplanctónica) y la concentración de oxígeno disuelto cambian notablemente en escala estacional afectando al ecosistema pelágico en general.

El ecosistema pelágico en las regiones tropicales y subtropicales es muy complejo en cuanto riqueza específica y relaciones tróficas (Apango-Figueroa *et al.*, 2015 com per.; León-Chávez *et al.*, 2015 com per.). En este marco, las estrategias de alimentación de las larvas de peces deben ser más complejas por la posible competencia y diversidad de presas y depredadores en el ambiente (Laurence *et al.*, 1981; Kane, 1984). En este contexto, la dinámica del zooplancton y en particular la de los grupos meroplanctónicos como los peces, puede estar sufriendo cambios en su distribución y abundancia, y en sus estrategias de alimentación.

Está ampliamente documentado que las larvas de peces se alimentan de nauplios y copepoditos de diversas especies (Jenkins, 1987; Govoni *et al.*, 1983), cladóceros y apendicularias (Sánchez-Velasco *et al.*, 1999). Especies de hábitos costero demersales se alimentan principalmente de nauplios y copepoditos, en cambio especies de hábitos mesopelágicos lo hacen de apendicularias y cladóceros. Sin embargo, la mayor parte de estos estudios se han realizado en regiones templadas y los resultados se presentan como un listado de presas sin considerar el marco ambiental (Kane, 1984; Jenkins, 1987; Sánchez-Velasco *et al.*, 1999).

*Bregmaceros bathymaster* (Orden: Gadiforme; Familia: Bregmacerotidae) es una especie tropical-subtropical, nerítica-oceánica de hábitos pelágicos que habita preferentemente aguas cercanas a la costa en la plataforma y talud continental hasta profundidades de aproximadamente 1,200 m desde el sur de Baja California hasta las costas de Peru (Stevens & Moser, 1996; De la Cruz Agüero, *et al.*, 1997; Bogutskaya, 2007). Es una especie endémica del Pacífico tropical oriental según la FAO (Cohen *et al.*, 1990) y en las costas de Jalisco y Colima *B. bathymaster*, es una presa importante en la dieta de diversos organismos, dentro de los que destacan peces como los tambores *Cynoscion nannus*, los lenguados *Cyclopsetta panamensis* y de los pargos *Lutjanus argentiventris* (Raymundo-Huizar *et al.*, 2005; Flores-Ortega *et al.*, 2013; 2014). Sus larvas en las costas de Jalisco y Colima, conforman entre el 77 y 98% de las abundancias totales de larvas de peces durante todo el año con máximos de abundancia entre febrero y mayo (Franco-Gordo *et al.*, 2001; Gómez-Gutiérrez *et al.*, 2014; León-Chávez *et al.*,

2015 con per.) y con mayor abundancia en aguas con bajas concentraciones de oxígeno (Davies *et al.*, 2015). Estudios previos de alimentación de larvas de peces en las costas de Jalisco y Colima describen que las larvas de *B. bathymaster* incrementan el porcentaje de incidencia alimentaria y amplitud de la dieta en función de su estadio de desarrollo y que la dieta varía a lo largo de un ciclo anual, de acuerdo a la dominancia del zooplancton (Siordia-Cermeño *et al.*, 2006). Sin embargo, no se consideran efectos ambientales como la presencia de aguas hipóxicas somera en dicha región.

En función de los antecedentes, es necesario realizar estudios que permitan conocer aspectos ecológicos de *B. bathymaster*, para tratar de explicar el porqué de su extrema abundancia en zonas hipóxicas del Pacífico tropical oriental frente a México (Davies *et al.*, 2015).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Pacífico tropical oriental frente a México, se localizan una de las zonas de mínimo oxígeno más extensas del mundo (Stramma *et al.*, 2008), donde por debajo de la termoclina se encuentran aguas hipóxicas y anóxicas que genera un ambiente estresante para los organismos pelágicos, y sobre todo para sus etapas planctónicas.

Poco se sabe sobre los efectos de la variación de la profundidad de las aguas hipóxicas sobre la distribución y estrategia de desove de las especies que habitan la región, y sobre posibles adaptaciones de especies abundantes como *B. bathymaster* (Davies *et al.*, 2015); ya que la zona de hipoxia (<1 mL/L) puede ser una barrera efectiva para muchos organismos debido a la escases de oxígeno disponible para su metabolismo entre otras funciones vitales.

La expansión observada de las zonas de mínimo oxígeno (Stramma *et al.*, 2008), genera la preocupación por conocer aspectos de la ecología de especies que habitan la región, en especial aquellas que por su abundancia podrían presentar posibles adaptaciones a la hipoxia (Davies *et al.*, 2015) y como esto podría afectar al resto de las especies que no toleran estas condiciones. Se plantea la necesidad de aumentar esfuerzos para conocer la distribución vertical y estrategias alimentarias de larvas de *B. bathymaster* en la zona de mínimo oxígeno en la región del Pacífico tropical oriental frente México.

## HIPÓTESIS

En base a los antecedentes, se plantea la siguiente hipótesis de trabajo:

Se espera que la profundidad de la capa de mezcla, la termoclina y aguas hipóxicas (<1 mL/L) afecten la distribución vertical de larvas de *B. bathymaster* y sus hábitos alimenticios. Por lo tanto, se espera que existan diferencias entre la concentración de larvas de *B. bathymaster* y su dieta en la capa de mezcla, la termoclina y las aguas hipóxicas.

## OBJETIVO

Conocer la distribución vertical y estrategias alimentarias de larvas de *Bregmaceros bathymaster* en la zona de mínimo oxígeno en la región del Pacífico tropical oriental frente México (abril de 2012).

## OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la distribución de larvas de *B. bathymaster* en relación a la estructura de la columna de agua.
- Analizar la composición de la dieta de larvas de *B. bathymaster*.
- Determinar la influencia de la estructura de la columna, sobre la distribución de las larvas de *B. bathymaster* y su alimentación.

## MATERIAL Y METODOS

### *Trabajo de campo*

Se realizó una campaña oceanográfica en la zona de mínimo oxígeno del Pacífico tropical oriental frente a México a bordo del B/O Francisco de Ulloa propiedad del CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada) del 26 de abril al 5 de mayo del 2012.

La red de estaciones de muestreo (Fig. 1) se estableció previamente a la realización de la campaña oceanográfica mediante monitoreo de imágenes de satélite de temperatura superficial del mar y pigmentos de clorofila procedentes del satélite Aqua-MODIS, las cuales fueron procesadas con el software MATLAB 8.0.

En cada una de las estaciones se realizaron lances de CTD (SeaBird SBE-911 plus) para obtener perfiles verticales de temperatura y conductividad. Para el caso de la salinidad se obtuvo de acuerdo a la escala de salinidades prácticas 1978 (UNESCO, 1984). La temperatura potencial se calculó de acuerdo con algoritmos estándar (UNESCO, 1991). Así mismo, mediante sensores adicionales al CTD, se obtuvieron datos de oxígeno disuelto y fluorescencia. Esta última fue convertida a concentraciones de clorofila ( $\text{mg Cl a/m}^3$ ) mediante algoritmos generados por el fabricante.

La información recabada por el CTD se transmitió a través de un cable conductor a la unidad de control en cubierta, en donde se analizó el perfil de la estructura vertical de la columna de agua y se determinó en tiempo real los estratos de muestreo de zooplancton con base a la profundidad de la capa de mezcla (CM), tomada desde la superficie hasta el límite superior de la termoclina; la termoclina (T), desde el límite inferior al superior de la termoclina; y la zona de hipoxia (ZH), considerada en este trabajo desde la profundidad de la oxipleta de 1 mL/L hasta 50 m por debajo de ésta.

Se realizaron arrastres oblicuos de zooplancton en las estaciones de muestreo biológico durante horas de luz (07:00-19:00 h) y de obscuridad (19:01-06:59 h) en los tres estratos antes mencionados con redes de tipo apertura-cierre con una boca de 60 cm de diámetro y luz de malla de 505  $\mu\text{m}$ . Los arrastres se realizaron con una duración de 5 minutos siguiendo una trayectoria oblicua a una velocidad de  $\sim 2.5$  nudos siguiendo la metodología propuesta por Smith

y Richardson (1979). Para determinar el volumen de agua filtrada se colocó en la boca de las redes un flujómetro tipo torpedo *General Oceanics* previamente calibrado. Una vez terminado el arrastre se fijaron las muestras con formaldehído al 5%, neutralizado con borato de sodio.

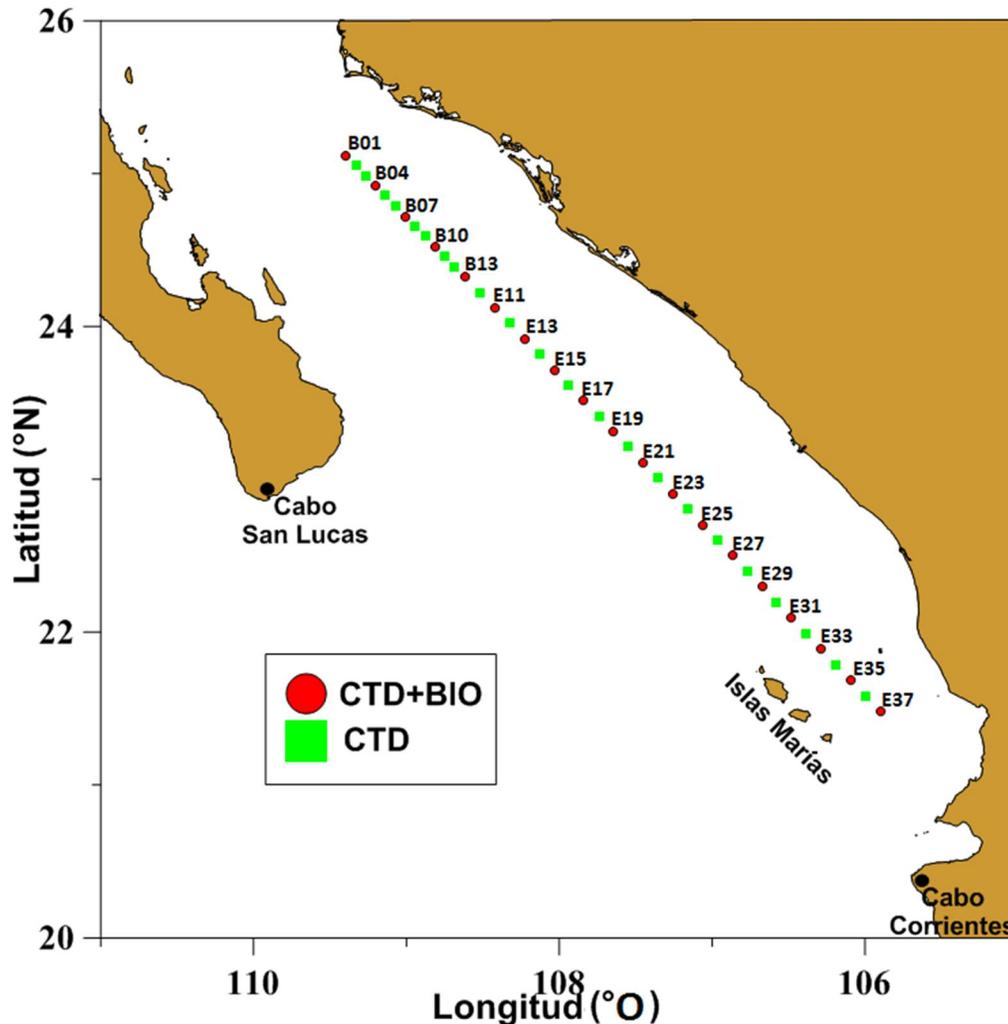


Fig. 1. Red de estaciones de muestreo durante el crucero oceanográfico realizado en abril del 2012.

#### *Trabajo de laboratorio*

Para la determinación de la biomasa del zooplancton se utilizó el método de volumen desplazado descrito por Kramer *et al.* (1972) y Beers (1976). El volumen obtenido se normalizó a mL/1000 m<sup>3</sup>.

Una vez obtenida la biomasa, se separaron las larvas de peces del resto del zooplancton de cada una de las muestras madres. Las larvas se clasificaron de acuerdo a su estadio de

desarrollo del notocordio (preflexión, flexión y postflexión) siguiendo los criterios propuestos por Kendall (1984) y se identificaron las larvas de peces con apoyo de bibliografía especializada como el Atlas CalCOFI No33 (Moser *et al.*, 1996). Se extrajeron las larvas de *B. bathymaster* y se estandarizaron a número de larvas por 10 m<sup>2</sup>.

#### *Distribución vertical*

Se aplicó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para muestras independientes, para evaluar si había diferencia significativa entre la abundancia de larvas de *B. bathymaster* de los muestreos realizados entre horas luz y la noche. Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para determinar si existía diferencia significativa entre la abundancia de los diferentes estratos, se aplicó *a posteriori* la prueba U de Mann-Whitney para especificar entre que par de estratos existía dicha diferencia en caso de haberla (Sokal & Rohlf, 2012). Estas pruebas fueron realizadas utilizando el programa Past versión 3.07.

Se realizaron mapas de distribución por estadio de desarrollo y se sobrepusieron sobre variables hidrográficas obtenidas mediante los sensores del CTD en el transecto de muestreo utilizando el software MATLAB 8.0.

#### *Hábitos de alimentación*

Para determinar los hábitos alimenticios, se tomaron de ser posible 30 estómagos en cada estrato/estación para cada estadio de desarrollo, se utilizó un estereoscopio y un microscopio óptico con cámara fotográfica ZEISS modelo AxioCam ICc1 y agujas de insulina con la cual se realizaron disecciones de las larvas retirando el tracto digestivo; éste se abrió longitudinalmente para extraer las presas. Las presas se clasificaron de acuerdo a su ubicación en el tracto digestivo ya sea en estómago o intestino (Fig. 2). Las presas se clasificaron por su estado de digestión en: 1) bajo, cuando se encontraron casi intactas; 2) medio, cuando solo se encontró el exoesqueleto o parte de él pero que fue suficiente para su identificación; 3) alto, cuando no presentó su forma original y la mayor parte de su exoesqueleto fue digerido como

para poder ser identificada con base en los trabajos de Sánchez-Velasco & Norbis (1997). El contenido se identificó al mayor taxón posible.

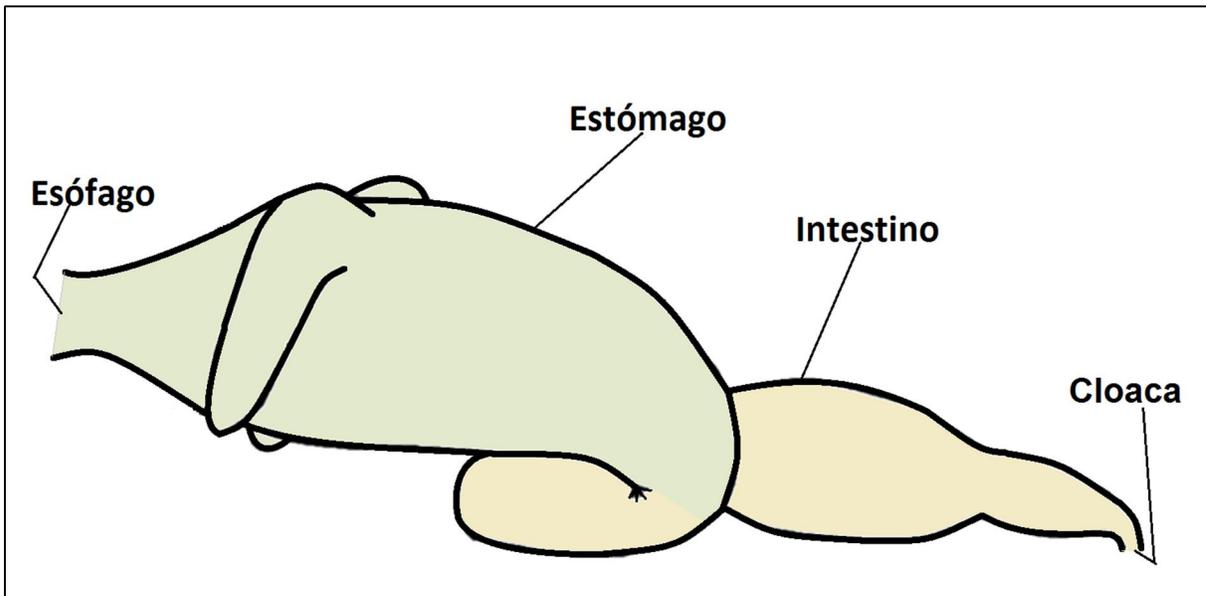


Fig. 2. Diagrama del tracto digestivo de larvas de *Bregmaceros bathymaster*.

Una vez identificado el contenido estomacal, los datos se clasificaron en diferentes categorías para detectar variaciones intraespecíficas del espectro trófico. Por estratos de muestreo, capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH); y por estadio de desarrollo, preflexión (Pre), flexión (Fle) y postflexión (Pos); así como por estrato y estadio a la vez.

Para describir la variación espacial y por estadio de desarrollo del espectro trófico mediante diversidad, se empleó el índice de Shannon-Wiener (Zar, 1999):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_j \ln p_j$$

Dónde:  $H'$  = Índice de Shannon-Wiener,  $S$  = número total de especies presa identificadas, expresadas como la proporción de la sumatoria de todas las especies presa  $p_j$ . Tomando como unidad muestral cada uno de los estómagos en cada categoría.

Para valorar la riqueza específica se empleó el índice de Margalef (Zar, 1999):

$$R_1 = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

Dónde:  $R_1$  = Índice de Margalef,  $S$  = número total de especies presa identificadas, y  $n$  = número total de organismos presa encontrados. Tomando como unidad muestral cada uno de los estómagos en cada categoría.

Tanto el análisis de Shannon como el de Margalef se realizaron con el programa Past versión 3.07.

Con el fin de analizar la dieta cuantitativamente, se calculó el porcentaje de frecuencia de aparición (%FA), dividiendo el número de estómagos en que aparece el ítem  $i$  entre el total de estómagos analizados para esa categoría multiplicado por cien; el porcentaje numérico (%N), dividiendo el número de organismos del ítem  $i$  entre la suma del total de todos los ítems en esa categoría multiplicado por cien. Para evaluar de manera integral la información generada se utilizó el índice de importancia relativa (IIR) de Laroche (1982), donde se obtuvo el producto de %FO por %N.

Para facilitar la comparación con otros autores, se consideró la versión estandarizada a porcentaje del IIR, dividiendo el valor de IIR de cada presa, entre la sumatoria de todos los IIR de todas las presas en cada categoría y multiplicado por cien (Cortés, 1997):

$$\%IRI = (IRI / \sum IRI) * 100$$

Estos mismos análisis se realizaron para las distintas categorías mencionadas anteriormente.

Para determinar la amplitud de la dieta de las larvas de *B. bathymaster* por estadio de desarrollo y por estrato se empleó el Índice estandarizado de Levins (Hurlbert, 1978; Krebs, 1989):

$$B_i = \frac{1}{n-1} \left( \frac{1}{\sum_j P_{ij}^2} - 1 \right)$$

Dónde:  $B_i$  = Índice estandarizado de Levins para el depredador  $i$ ,  $P_{ij}$  = Proporción de la presa  $j$  en la dieta del depredador  $i$ ,  $n$  = número de componentes alimenticios.

Éste índice asume valores de 0 a 1. Cuando los valores de  $B_i$  son cercanos a cero, el depredador se considera especialista, debido a que utiliza un número bajo de recursos y presenta una preferencia por ciertos componentes. Cuando los valores son cercanos a uno, su espectro es generalista, lo que indica que utiliza los recursos sin ninguna selección aparente.

Se midió el solapamiento de las dietas entre estrato de muestreo y estadio de desarrollo mediante el índice de Schoener (Schoener, 1970).

$$a_{xy} = 100 \left( 1 - 0.5 \sum_{i=1}^n |P_{xi} - P_{yi}| \right)$$

En donde:  $a_{xy}$  = Índice de Schoener,  $n$  = número de las categorías alimentarias,  $P_{xi}$  = La proporción (porcentaje en número) de la categoría alimentaria en la dieta de las larvas en el estadio/estrato  $x$ ,  $P_{yi}$  = La proporción (porcentaje en número) de la categoría alimentaria en la dieta de las larvas en el estadio/estrato  $y$ .

Se utilizó la prueba estadística de ANOSIM (Análisis de similitud de una vía), con el fin de determinar si las dietas entre las distintas categorías fueron similares o no. ANOSIM es un procedimiento no paramétrico, análogo al análisis de varianza, el cual se basa en el muestreo multifactorial utilizando permutaciones al azar. La prueba estadística implicó el cálculo de un estadístico global (R), el cual contrastó la varianza de la similitud dentro y entre los grupos. Cuando los grupos de muestras fueron distintos unos de otros, la composición de

la similitud dentro de los grupos, fue más grande que las similitudes que puedan existir entre las muestras de distintos grupos (Clarke & Warwick 2001).

Dicho estadístico R, varía entre -1 y 1, alcanzando su valor máximo cuando todas las similitudes dentro de los grupos son mayores que las similitudes entre los grupos (hay separación perfecta en la estructura trófica entre los grupos). En caso contrario, R alcanza su valor mínimo indicando que no existe separación en la estructura trófica entre los grupos (Clarke & Warwick 2001).

Posteriormente se aplicó un Análisis de Componentes Principales (Pearson, 1901; Hotelling, 1933) con el programa Past 3.07. Este análisis es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Esto quiere decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número de variables (componentes o ejes) perdiendo la menor cantidad de información posible. Las covariaciones más fuertes se presentan en los primeros ejes, por lo tanto, componentes principales.

Se realizó además un Análisis de Correspondencia Canónica (ter Braak, 1985) con el programa Canoco 5 (Smilauer & Leps, 2014) considerando en la matriz ambiental el promedio de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y concentración de clorofila a del grosor de estrato muestreado; y en la matriz biológica, la abundancia de las presas dominantes de cada estadio de desarrollo en cada estrato. Para obtener una visión integral de correlaciones entre el ambiente y la dieta de las larvas de *B. bathymaster*. Este es una técnica de ordenación directa y se basa en un análisis simultáneo que extrae la varianza de dos o más matrices de datos multifactoriales que provee una descripción integrada de las presa en los distintos estadios de desarrollo de *B. bathymaster* y estrato de muestreo y las variables ambientales registradas. En la ordenación del diagrama de las especies por estrato-estación de muestreo son representados 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 sentido y magnitud relativa de la correlación.

## RESULTADOS

### *Sinopsis de la información satelital y estructura fisicoquímica de la columna*

La imagen de satélite mostró amplia variación en la temperatura superficial en la región de estudio, con un intervalo de  $\approx 25.5$  a  $28^\circ\text{C}$  (Fig. 3a), incrementando de norte a sur. Los valores más altos ( $\approx 28^\circ\text{C}$ ) se observaron al norte de Las Islas Mariás (entre  $22$ - $23^\circ\text{N}$  y  $106$ - $107^\circ\text{W}$ ), y los menores al norte de las estaciones de muestreo ( $25$ - $26^\circ\text{N}$  y  $109$ - $110^\circ\text{W}$ ).

La imagen de clorofila superficial mostró las mayores concentraciones en las zonas costeras, desde frente a Sinaloa con valores de  $\approx 3\text{ mg/m}^3$ , hasta frente a Cabo Corrientes con valores de  $\approx 2.5\text{ mg/m}^3$  (Fig. 3b); y los valores  $< 1\text{ mg/m}^3$  se observaron en la zona oceánica.

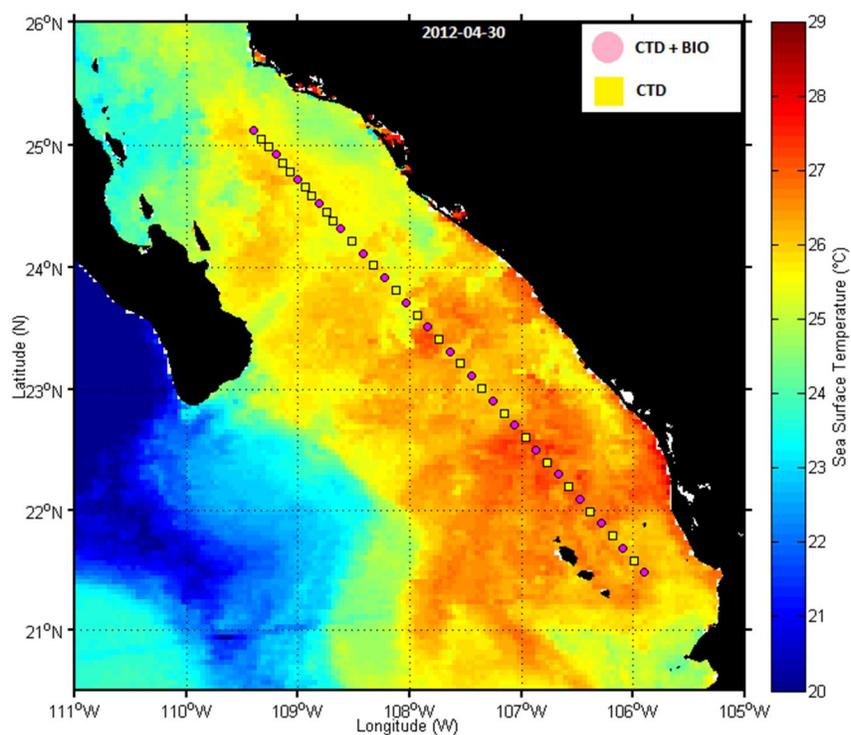


Fig. 3a. Imagen del satélite Aqua-MODIS de temperatura superficial del mar del día 30 de abril del 2012 procesada con el programa MATLAB 8.0.

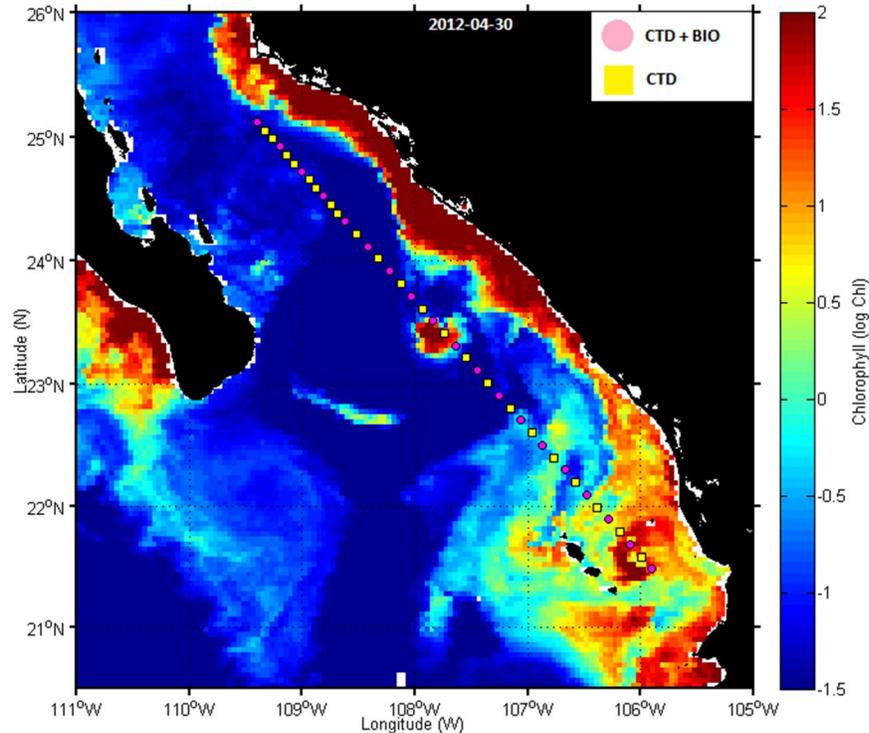


Fig. 3b. Imagen de satélite Aqua-MODIS de concentración de clorofila (log Chl) del día 30 de abril del 2012 procesada con el programa MATLAB 8.0.

La estructura fisicoquímica de la columna de agua presentó variabilidad a lo largo del transecto de muestreo. La profundidad de la zona hipóxica (1 mL/L) fluctuó los primeros 100 m de profundidad desde las estaciones E11-E16, hasta los 30 m en las estaciones E34-E37 (frente a Cabo Corrientes). Del mismo modo la oxipleta de 0.1 mL/L (zona anóxica) se elevó desde más de 250 m de profundidad en la estación B01 hasta los 80 m en las estaciones E30-E37 (Fig. 4).

La temperatura igualmente presentó amplia variabilidad a lo largo del transecto encontrando sus valores máximos ( $\approx 28^{\circ}\text{C}$ ) superficialmente, entre las estaciones E28 y E33. La profundidad de la termoclina varió desde  $\approx 30$  m de profundidad en las estaciones E34 y E37 frente a Cabo Corrientes hasta  $\approx 15$  m de profundidad en entre las estaciones B12 y E17 (Fig. 5).

La salinidad, mostró sus valores máximos ( $\approx 35.6$  g/Kg) frente a la península de Baja California (estaciones B01-E10), desde la superficie hasta los  $\approx 50$  m de profundidad y valores mínimos contiguos (estaciones E11-E17) de  $\approx 34.7$  g/Kg desde superficie hasta los  $\approx 40$  m de profundidad formando un frente superficial en dicha zona. En la zona frente a las Islas Mariás

se observaron también valores altos de salinidad (35.6 g/Kg) superficialmente entre las estaciones E26 y E37 (Fig. 6).

La clorofila a presentó las mayores concentraciones sub superficialmente, en la zona sur del transecto frente a las Islas Mariás (estaciones E26-E37), con valores desde  $\approx 2 \text{ mg/m}^3$  hasta  $\approx 2.5 \text{ mg/m}^3$ . Otro núcleo de  $\approx 1.5 \text{ mg/m}^3$  de clorofila a se encontró también sub-superficialmente entre las estaciones B03 y B11 (Fig. 7).

El diagrama T/S muestra la presencia de cuatro masas de agua (criterios de Castro *et al.*, 2006) y la concentración de oxígeno disuelto en cada una de ellas (Fig. 8) en el área de estudio para abril del 2012, las cuales son: Agua del Golfo de California (AGC), Agua Superficial Tropical (AST), Agua Subsuperficial SubTropical (ASST) y Agua Intermedia del Pacífico (AIP); se muestra que las principales masas de agua con concentraciones de oxígeno por debajo de 1 mL/L fueron AIP y ASST además de la presencia de condiciones hipóxicas en el Agua Tropical Superficial.

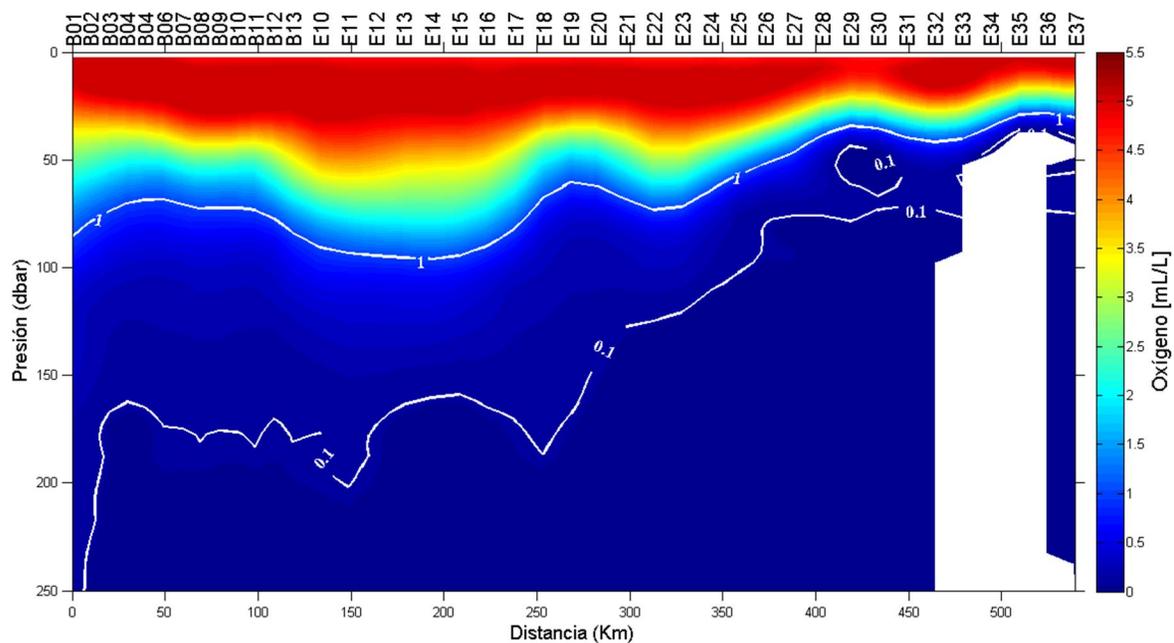


Fig. 4. Estructura vertical de oxígeno disuelto en el transecto durante abril del 2012. Las isolíneas blancas representan las oxiplotas de 1 mL/L y 0.1 mL/L.

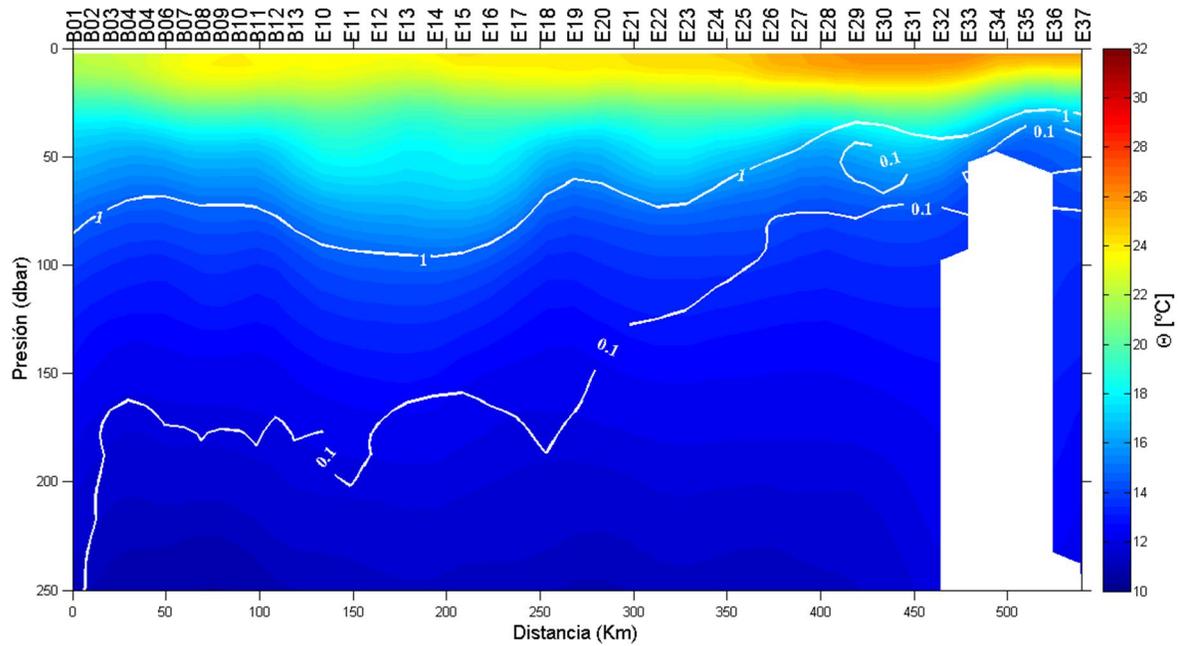


Fig. 5. Estructura vertical de temperatura en el transecto durante abril del 2012. Las isolíneas blancas representan las oxiplenas de 1 mL/L y 0.1 mL/L.

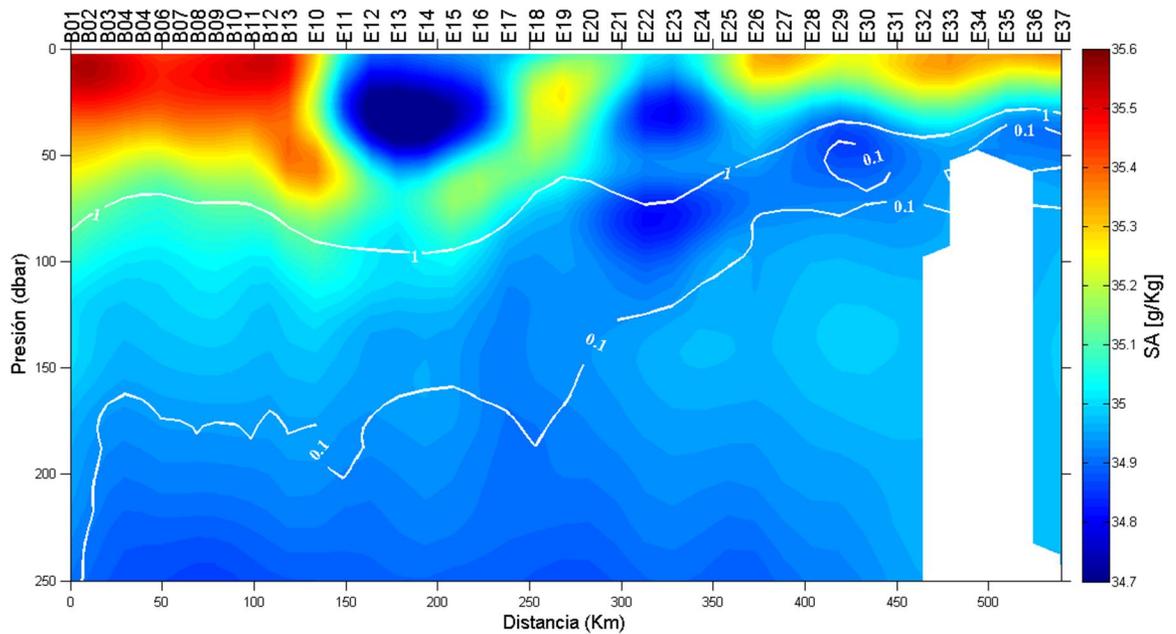


Fig. 6. Estructura vertical de salinidad en el transecto durante abril del 2012. Las isolíneas blancas representan las oxiplenas de 1 mL/L y 0.1 mL/L.

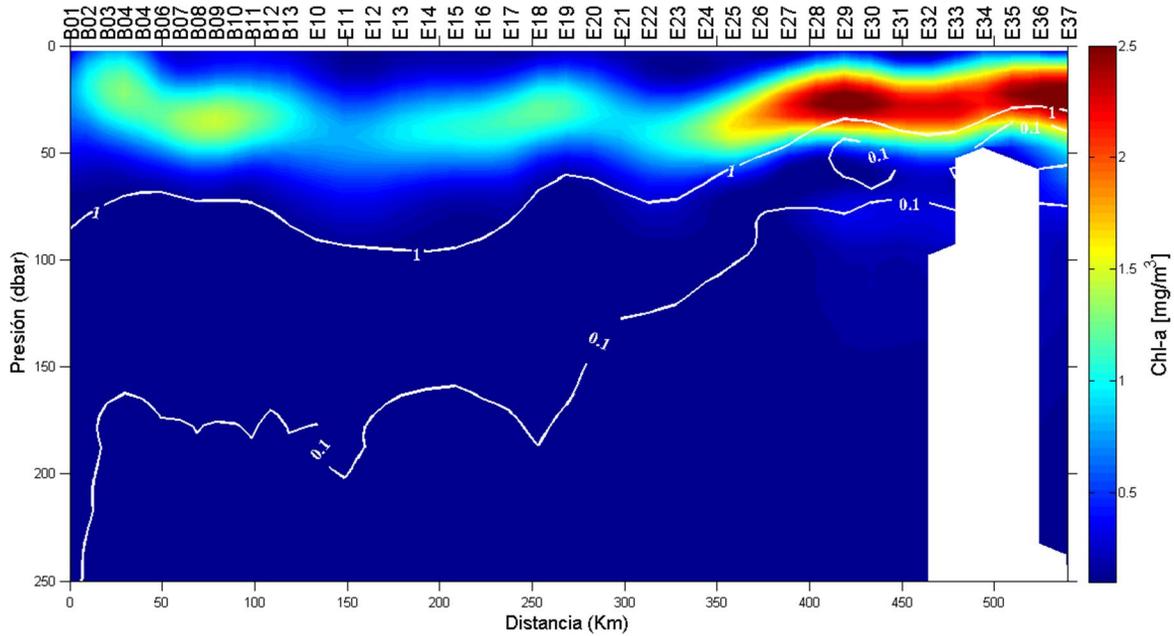


Fig. 7. Estructura vertical de clorofila a en el transecto B-E durante abril del 2012. Las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L.

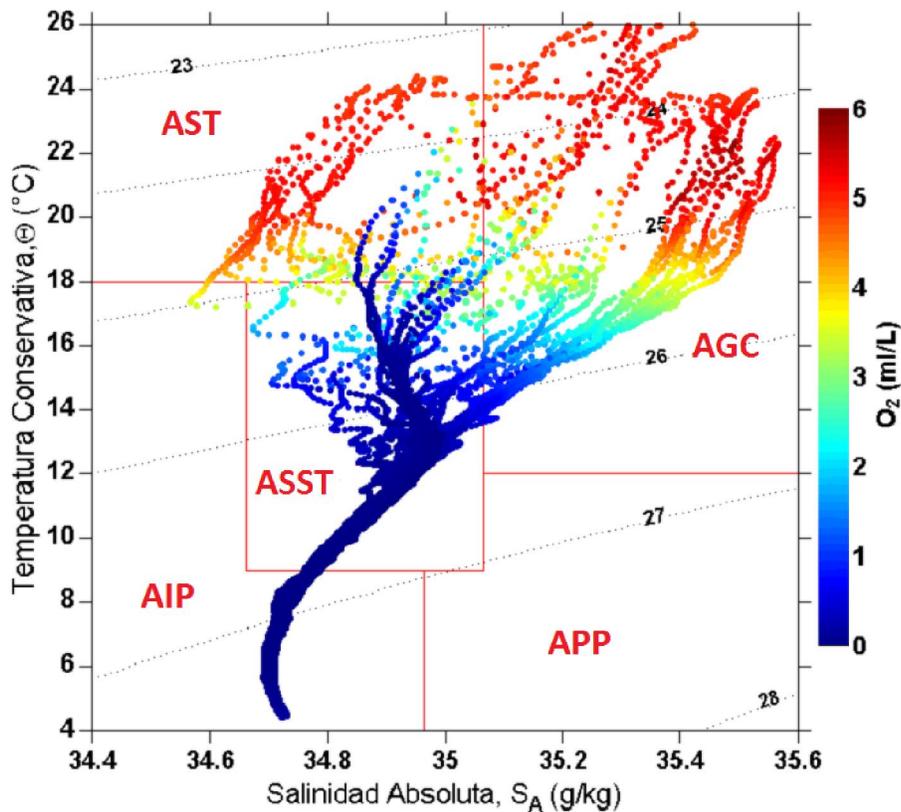


Fig. 8. Diagrama T-S que muestra las masas de agua presentes en el área de estudio durante abril del 2012 (criterios de Castro *et al.*, 2006); Agua Superficial Tropical (AST), Agua del Golfo de California (AGC), Agua Subsuperficial SubTropical (ASST) y Agua Intermedia del Pacífico (AIP).

### *Abundancia y distribución de larvas de Bregmaceros bathymaster*

Se encontraron un total de 28,496 larvas, de las cuales 6,043 pertenecieron a *B. bathymaster*. Sus mayores abundancias (número de larvas/10m<sup>2</sup>) se observaron en el estrato de muestreo correspondiente a la zona de hipoxia con 16,476 larvas/10m<sup>2</sup>, seguido del estrato de muestreo correspondiente a la termoclina con 7,193 y finalmente el correspondiente a la capa de mezcla con 1,309 larvas/10m<sup>2</sup> (Anexo 1).

La prueba de U de Mann-Whitney mostró que no existieron diferencias significativas entre la abundancia de larvas de *B. bathymaster* muestreadas durante el día con respecto a las obtenidas durante la noche ( $p=0.563$  mayor que  $\alpha=0.05$ ). De igual forma la prueba de Kruskal-Wallis mostró que no existieron diferencias estadísticas significativas en la abundancia de las larvas colectadas entre los tres estratos ( $p=0.1304$  mayor que  $\alpha=0.05$ ) (Tabla. 1), una prueba *a posteriori* de Mann-Whitney comparando pares de estratos mostró nuevamente que no existieron diferencias entre pares de estratos (Tabla 2).

Tabla 1. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que muestra que no existen diferencias significativas entre las abundancias las larvas de *Bregmaceros bathymaster* de los tres estratos.

H (chi <sup>2</sup> ):	3.898
Hc (tie corrected):	4.074
p (same):	0.1304

Tabla 2. Resultado de la prueba de Mann-Whintey que muestra los valores de p al comparar las abundancias de larvas de *Bregmaceros bathymaster* entre pares de estratos ( $p > 0.05$ ).

	CM	T	ZH
CM		0.0981	0.0677
T	0.0981		0.9765
ZH	0.0677	0.9765	

La distribución del total de las larvas de *B. bathymaster* mostró la mayor abundancia entre las estaciones E27 y E37 en donde se presentan profundidades menores de 500 metros (Fig. 9) en las cercanías de las Islas Marías frente a Cabo Corrientes, coincidiendo verticalmente con el máximo de clorofila (Fig. 10b) y el punto más superficial de la oxipleta de

1 mL/L (Fig. 10a). En las estación E35 y E37, las abundancias estuvieron alrededor de los 1,000 larvas /10m<sup>2</sup> en los tres estratos de muestreo (Anexo 1).

La distribución de las larvas en estadio de preflexión mostró la misma tendencia de distribución que el total de las larvas, siendo este estadio el de mayor frecuencia y abundancia. En la figura 11a, se observan la mayor abundancia de larvas entre las estaciones E27 y E37 (Fig. 11a), sin embargo en la figura 11b se observan a la mayoría de larvas en flexión por debajo de la capa de mezcla. Las larvas en posflexión se concentraron entre las estaciones E35 y E37 en los tres estratos (Fig. 11c) (Anexo 2, 3 y 4).

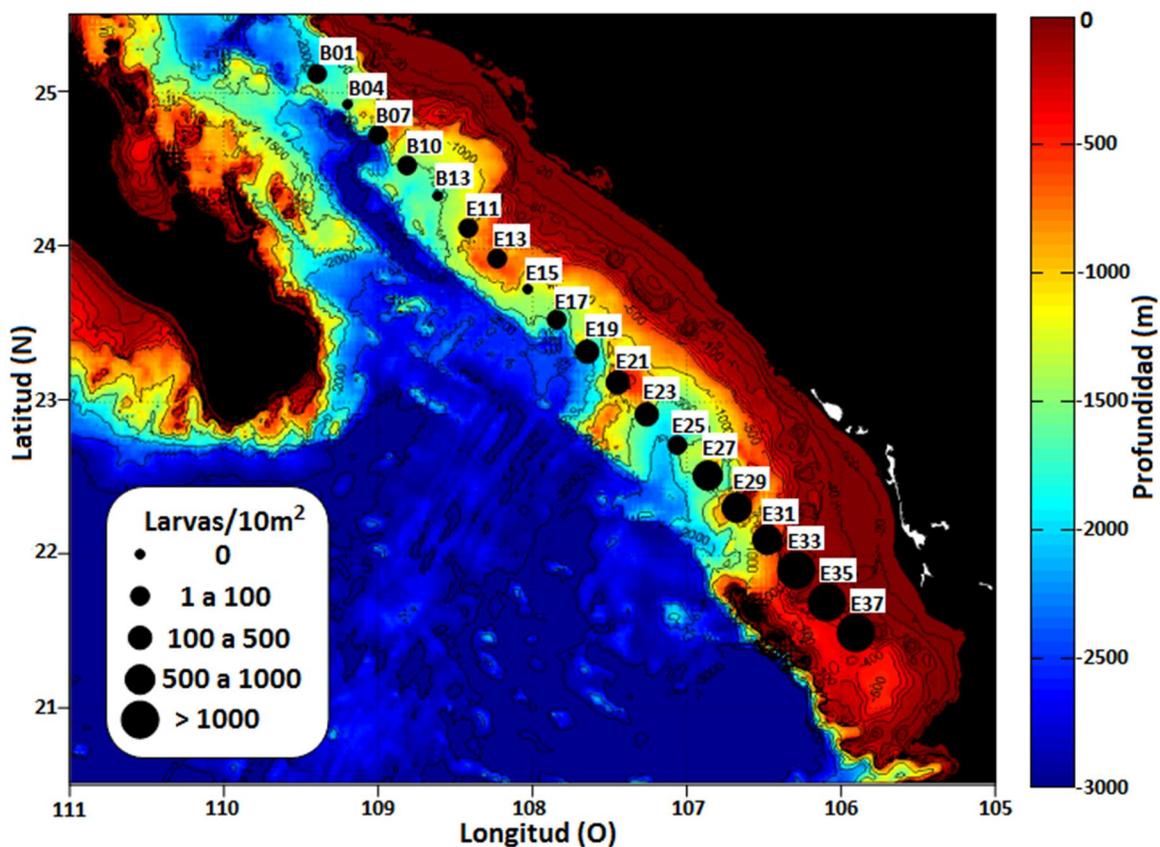


Fig. 9. Distribución y abundancia integrada de *Bregmaceros bathymaster* con respecto a la batimetría del área de estudio.

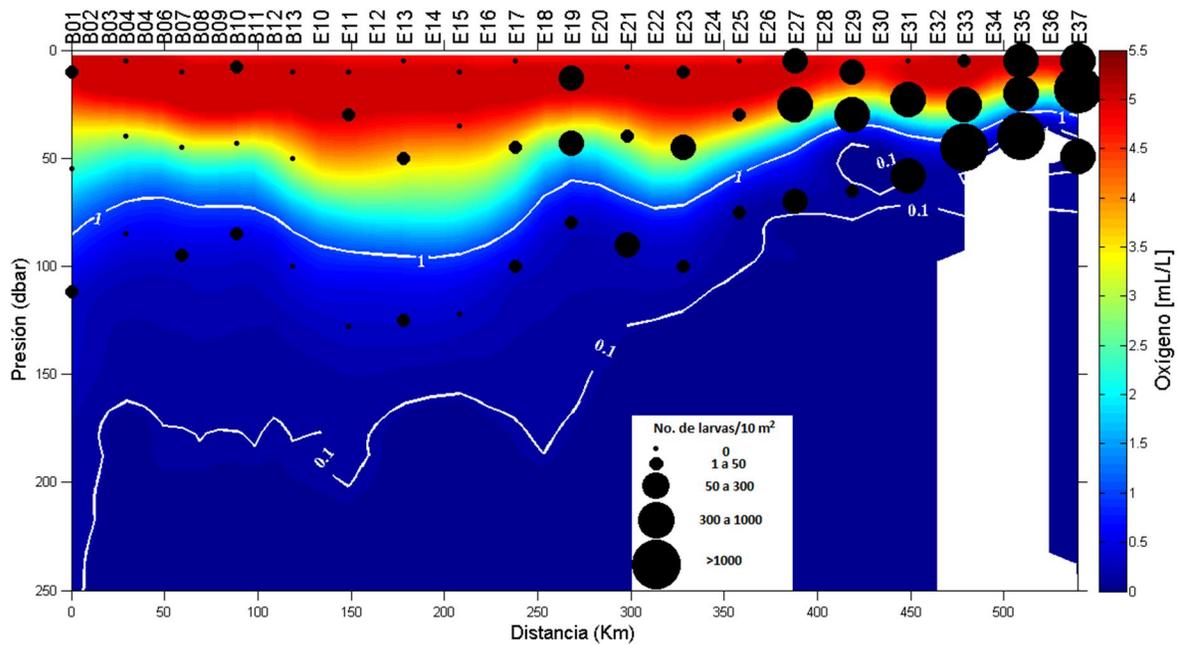


Fig. 10a. Distribución de larvas de *Bregmaceros bathymaster* y concentración de oxígeno durante abril 2012 (las isóneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).

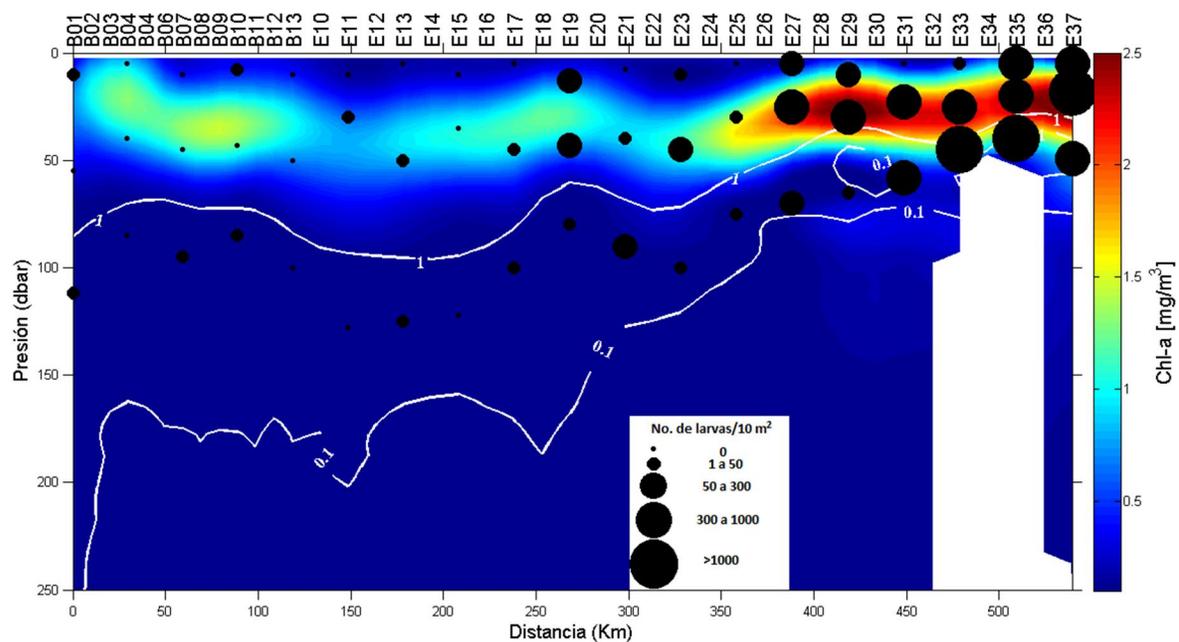


Fig. 10b. Distribución de larvas de *Bregmaceros bathymaster* y concentración de clorofila a durante abril 2012 (las isóneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).

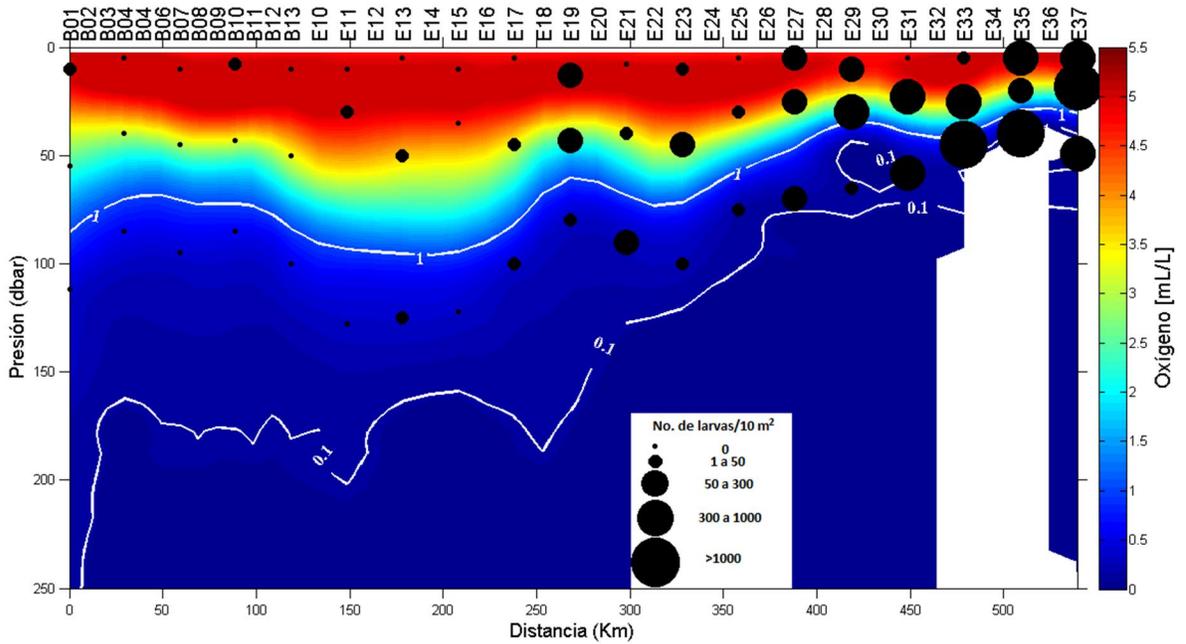


Fig. 11a. Distribución de larvas de *Bregmaceros bathymaster* en estadio de preflexión y concentración de oxígeno durante abril 2012 (las isolíneas blancas representan las oxipléctas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).

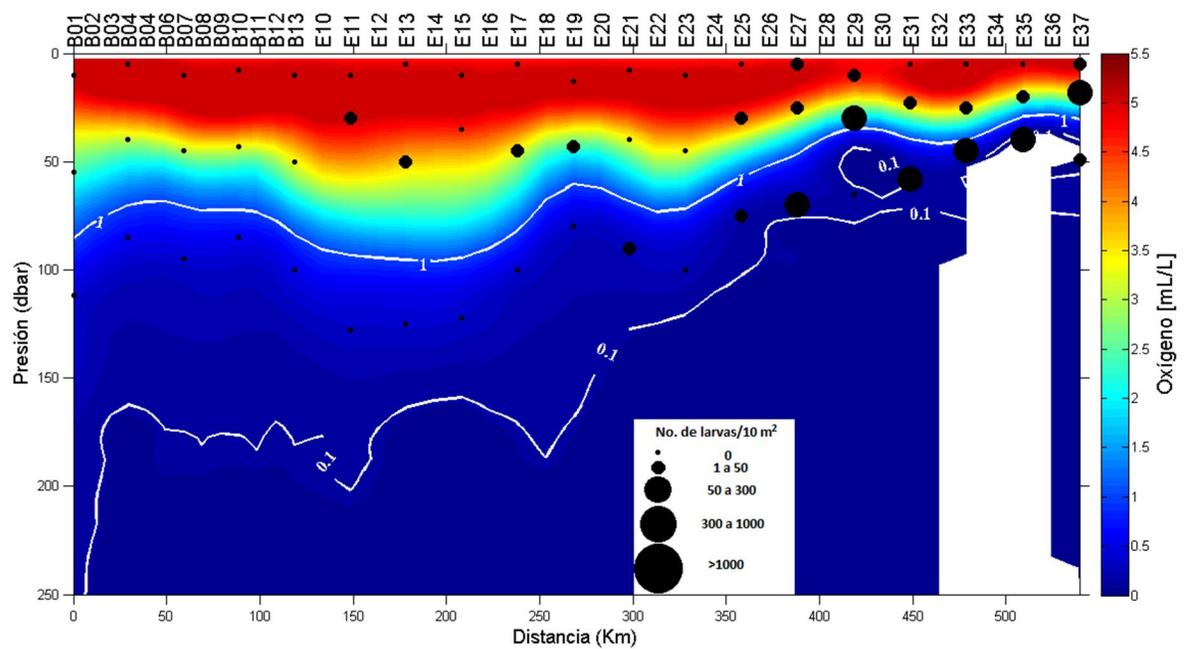


Fig. 11b. Distribución de larvas de *Bregmaceros bathymaster* en estadio de en flexión y concentración de oxígeno durante abril 2012 (las isolíneas blancas representan las oxipléctas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).

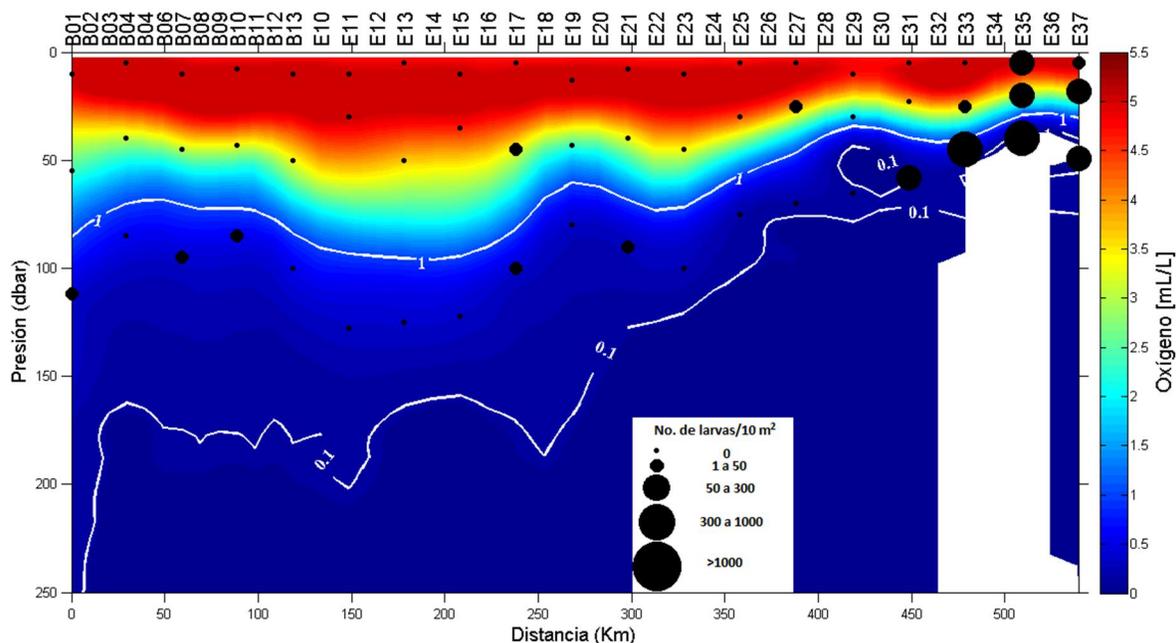


Fig. 11c. Distribución de *Bregmaceros bathymaster* en estado de postflexión y concentración de oxígeno durante abril 2012 (las isolíneas blancas representan las oxipletas de 1 mL/L y 0.1 mL/L).

### *Hábitos de alimentación general*

### *Información general*

Se analizaron un total de 669 estómagos de los cuales 469 (70.1 %) presentaron contenido y 200 estuvieron vacíos (29.9 %). Por estrato de muestreo, se examinaron 91 estómagos con contenido para la capa de mezcla, 205 para la termoclina y 173 para la zona de hipoxia. Para los estadios de desarrollo, se examinaron 210 con contenido en el estadio de preflexión, 112 en flexión y 147 en postflexión (Tabla 3).

Tabla 3. Numero de estómagos utilizados para el análisis de contenido estomacal para cada una de las categorías.

	Estómagos con contenido	Estómagos sin contenido
General	468	201
Capa de mezcla	91	21
Termoclina	204	45
Zona de hipoxia	173	135
Preflexión	210	160
Flexión	111	25
Postflexión	147	16

#### *Espectro trófico general*

El espectro trófico de *B. bathymaster* se constituyó por 17 presas, siendo en su mayoría copépodos del orden de los calanoideos. Se cuantificaron un total de 799 organismos presa, se presentó en mayor número el copépodo *Clausocalanus* spp. con 250 (31.29%) individuos, seguido del copépodo *Paracalanus* spp. con 150 (18.77%) y el cladócero *Penilia avirostris* con 108 (13.52%). De igual forma, la presa más frecuente fue *Clausocalanus* spp. que apareció en 167 (35.68%) estómagos, seguido de *Paracalanus* spp. en 131 (27.99%) estómagos y *Penilia avirostris* en 90 (19.23%) (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico general de *Bregmaceros bathymaster*.

	N	%N	FO	%FO	IIR	%IIR
<b><i>Clausocalanus</i> spp.</b>	250	31.29	167	35.68	1116.51	50.69
<b><i>Paracalanus</i> spp.</b>	150	18.77	131	27.99	525.50	23.86
<b><i>Penilia avirostris</i></b>	108	13.52	90	19.23	259.94	11.80
<b><i>Subeucalanus</i> spp.</b>	69	8.64	49	10.47	90.42	4.10
<b>Nauplio</b>	66	8.26	47	10.04	82.96	3.77
<b><i>Oncaea</i> spp.</b>	53	6.63	43	9.19	60.95	2.77
<b>Restos de quitina</b>	35	4.38	35	7.48	32.76	1.49
<b>Copepodito</b>	35	4.38	31	6.62	29.02	1.32
<b><i>Calanus</i> spp.</b>	10	1.25	9	1.92	2.41	0.11
<b>Huevo</b>	8	1.00	7	1.50	1.50	0.07
<b>Dinoflagelado</b>	4	0.50	3	0.64	0.32	0.01
<b>Espermatóforo</b>	3	0.38	3	0.64	0.24	0.01
<b><i>Corycaeus</i> spp.</b>	2	0.25	2	0.43	0.11	0.00
<b><i>Oithona</i> spp.</b>	2	0.25	2	0.43	0.11	0.00
<b><i>Acrocalanus</i> spp.</b>	2	0.25	1	0.21	0.05	0.00
<b><i>Acartia</i> spp.</b>	1	0.13	1	0.21	0.03	0.00
<b>Calanoida</b>	1	0.13	1	0.21	0.03	0.00
	799	100	468		2203	100

De acuerdo al %IIR *Clausocalanus* spp. fue la presa más importante en la dieta de *B. bathymaster* con un 50.69% seguido de *Paracalanus* spp. y *Penilia avirostris* con 23.86 y 11.80% respectivamente conformando entre estas tres especies el 86.34% de importancia (Tabla 4).

#### *Amplitud del espectro trófico general*

La diversidad trófica para el espectro general de acuerdo a Shannon-Wiener fue de  $0.2 \pm 0.4$  bits/ind. Así mismo, el índice de Margalef mostró una riqueza específica baja con una media de  $0.3 \pm 0.6$  con un máximo de 2.2 (Anexo 5).

El índice estandarizado de Levins mostró un valor de  $B_i = 0.30$ , el cual es un valor cercano a 0, por lo tanto podría decirse que *B. bathymaster* se considera especialista, debido a que presenta preferencia por ciertos componentes.

### *Hábitos alimentarios por estadio de desarrollo*

En los estómagos analizados para el estadio de preflexión se encontraron un total de 8 ítems presa y se cuantificaron un total de 310 organismos de los cuales numéricamente dominaron los copépodos *Clausocalanus* spp. (21.29%), seguido del copépodo *Paracalanus* spp. (19.35%), Nauplios con un 20% y el cladócero *Penilia avirostris* con un 16.13% conformando estas cuatro presas el 76.77% del total de organismos. De igual forma estos cuatro ítems fueron los más frecuentes con presencia en el 25.71, 24.29, 21.43 y 18.57% de los estómagos respectivamente (Tabla 5).

Para el estadio de flexión se encontró un total de 12 ítems, y fueron cuantificados 192 organismos, de los cuales los tres con mayor número fueron el copépodo *Clausocalanus* spp, el cladócero *Penilia avirostris* y el copépodo *Paracalanus* spp., acumulando entre ellos el 98.54% del total. Al igual que en la frecuencia de ocurrencia, presentándose respectivamente en el 44.14, 39.64 y 25.23% de los estómagos respectivamente (Tabla 5).

El estadio de postflexión, presentó 14 ítems presa, con un total de 297 organismos, con el mayor número de organismos, así como la mayor frecuencia de copépodos *Clausocalanus* spp., *Paracalanus* spp. y *Subeucalanus* spp., conformando juntos el 76.09% del total de organismos.

El índice de importancia relativa de Laroche muestra que, para los tres estadios de desarrollo la presa de mayor importancia es el copépodo *Clausocalanus* spp. (27.9, 55.53 y 49.29% respectivamente), al igual que *Paracalanus* spp. que aparece entre las tres presas más importantes en los tres estadios, se encontró dentro de esas tres presas más importantes las variantes nauplio en el estadio de preflexión, al cladócero *Penilia avirostris* en el estadio de flexión y al copépodo *Subeucalanus* spp. en el estadio de postflexión.

Tabla 5. Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de *Bregmaceros bathymaster*, por estadio de desarrollo durante abril del 2012.

<b>PREFLEXIÓN</b>						
	<b>N</b>	<b>%N</b>	<b>FO</b>	<b>%FO</b>	<b>IIR</b>	<b>%IIR</b>
<i>Clausocalanus</i> spp.	66	21.29	54	25.71	547.47	27.90
<i>Paracalanus</i> spp.	60	19.35	51	24.29	470.05	23.95
Nauplio	62	20.00	45	21.43	428.57	21.84
<i>Penilia avirostris</i>	50	16.13	39	18.57	299.54	15.26
<i>Oncaea</i> spp.	29	9.35	22	10.48	98.00	4.99
Copepodito	23	7.42	22	10.48	77.73	3.96
Restos de quitina	16	5.16	16	7.62	39.32	2.00
Dinoflagelado	4	1.29	3	1.43	1.84	0.09
	310	100	210		1962.52	100
<b>FLEXIÓN</b>						
<i>Clausocalanus</i> spp.	82	42.71	49	44.14	1885.32	55.53
<i>Penilia avirostris</i>	51	26.56	44	39.64	1052.93	31.01
<i>Paracalanus</i> spp.	31	16.15	28	25.23	407.28	12.00
<i>Oncaea</i> spp.	6	3.13	6	5.41	16.89	0.50
Copepodito	6	3.13	5	4.50	14.08	0.41
<i>Subeucalanus</i> spp.	4	2.08	4	3.60	7.51	0.22
Restos de quitina	3	1.56	3	2.70	4.22	0.12
Nauplio	4	2.08	2	1.80	3.75	0.11
<i>Calanus</i> spp.	2	1.04	2	1.80	1.88	0.06
<i>Acartia</i> spp.	1	0.52	1	0.90	0.47	0.01
<i>Corycaeus</i> spp.	1	0.52	1	0.90	0.47	0.01
Espermatóforo	1	0.52	1	0.90	0.47	0.01
	192	100	111		3395.27	100
<b>POSTFLEXIÓN</b>						
<i>Clausocalanus</i> spp.	102	34.34	64	43.54	1495.22	49.29
<i>Paracalanus</i> spp.	59	19.87	52	35.37	702.72	23.17
<i>Subeucalanus</i> spp.	65	21.89	45	30.61	669.96	22.09
<i>Oncaea</i> spp.	18	6.06	15	10.20	61.84	2.04
Restos de quitina	16	5.39	16	10.88	58.64	1.93
<i>Calanus</i> spp.	8	2.69	7	4.76	12.83	0.42
Huevo	8	2.69	7	4.76	12.83	0.42
<i>Penilia avirostris</i>	7	2.36	7	4.76	11.22	0.37
Copepodito	6	2.02	4	2.72	5.50	0.18
Espermatóforo	2	0.67	2	1.36	0.92	0.03
<i>Oithona</i> spp.	2	0.67	2	1.36	0.92	0.03
<i>Acrocalanus</i> spp.	2	0.67	1	0.68	0.46	0.02
<i>Calanoida</i> spp.	1	0.34	1	0.68	0.23	0.01
<i>Corycaeus</i> spp.	1	0.34	1	0.68	0.23	0.01
	297	100	147	152.38	3033.51	100

### *Amplitud del espectro trófico por estadio de desarrollo*

La diversidad de Shannon Wiener mostró una diversidad trófica baja, con  $0.1 \pm 0.3$  bits/ind. en el estadio de preflexión;  $0.2 \pm 0.3$  bits/ind. en el estadio de flexión; y con el mayor diversidad en el estadio de postflexión con  $0.3 \pm 0.4$  bits/ind. De igual forma el índice de Margalef mostró una riqueza específica baja para los tres estadios de desarrollo con una media de  $0.2 \pm 0.4$  para el estadio de preflexión,  $0.3 \pm 0.6$  en el estadio de flexión y el mayor valor en el estadio de postflexión con  $0.5 \pm 0.7$  (Anexo 5).

El índice estandarizado de Levins mostró tanto para las larvas en estadio de flexión como postflexión valores de  $B_i$  cercanos a cero (0.23 y 0.28 respectivamente), por lo que podría decirse que en estos dos estadios *B. bathymaster* presenta una tendencia específica por ciertas presas. Sin embargo, en el estadio de preflexión presentó un valor de  $B_i$  cercano a uno (0.72), lo que indica que en este estadio de desarrollo utiliza los recursos sin ninguna selección aparente.

El índice de Schoener mostró que existe un traslape de la dieta entre los tres estadios de desarrollo por encima del 50%, siendo los estadios de flexión vs postflexión los de mayor traslape con 64%, seguido de los de preflexión vs flexión con un 63% y finalmente preflexión vs postflexión con 56% (Tabla 6).

Tabla 6. Valores del traslape de dieta del índice de Schoener entre estadios de desarrollo de *Bregmaceros bathymaster*.

	<b>Preflexión</b>	<b>Flexión</b>	<b>Postflexión</b>
<b>Preflexión</b>		63.5	56.2
<b>Flexión</b>	63.5		63.8
<b>Postflexión</b>	56.2	63.8	

### *Análisis de similitud entre estadios de desarrollo*

El ANOSIM para comparar similitudes entre estadios de desarrollo, mostró que al comparar las dietas del estadio de preflexión vs flexión, éstas presentaron disimilitud con un valor de  $R= 0.432$  y un valor de  $p$  de 0.001. Para el estadio de preflexión vs postflexión el análisis mostró, un valor de  $R= 0.472$  y un valor de  $p$  de 0.001 Sin embargo, al comparar el estadio de flexión vs postflexión, se encontró un valor de  $R= 0.395$  y  $p= 0.001$ .

### Hábitos alimentarios por estrato de muestreo

Las observaciones sobre la ubicación de las presas en el tracto digestivo muestran como en los estratos superficiales la mayor proporción de presas se encontraron en la parte del estómago con el 71% en la capa de mezcla y 63% en la termoclina. En la zona de hipoxia, el estrato más profundo la mayor proporción de las presas (68%) fue encontrada en la parte final del intestino (Fig. 12)

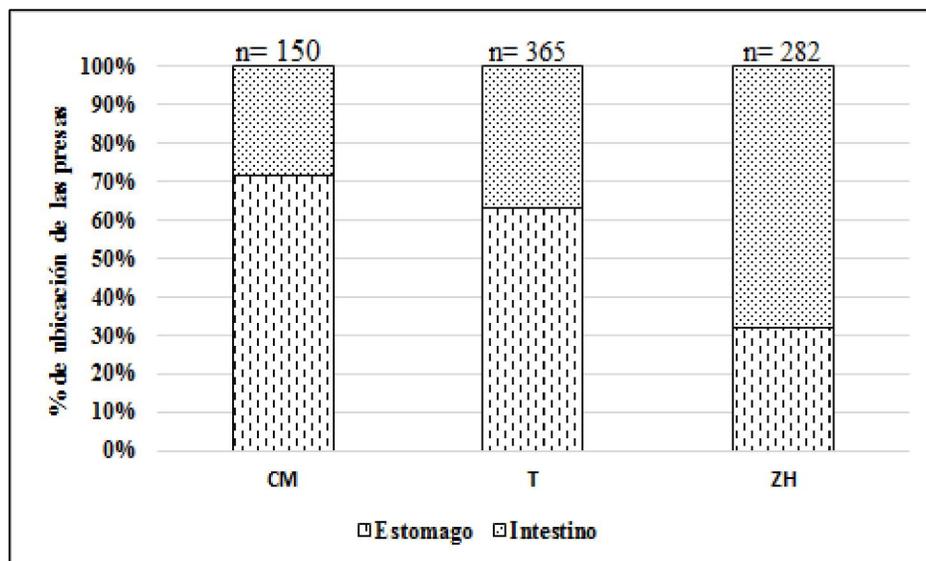


Fig. 12. Proporción de la ubicación de las presas de *Bregmaceros bathymaster* con respecto al estrato de muestreo (capa de mezcla: CM; termoclina: T; y zona de hipoxia: ZH).

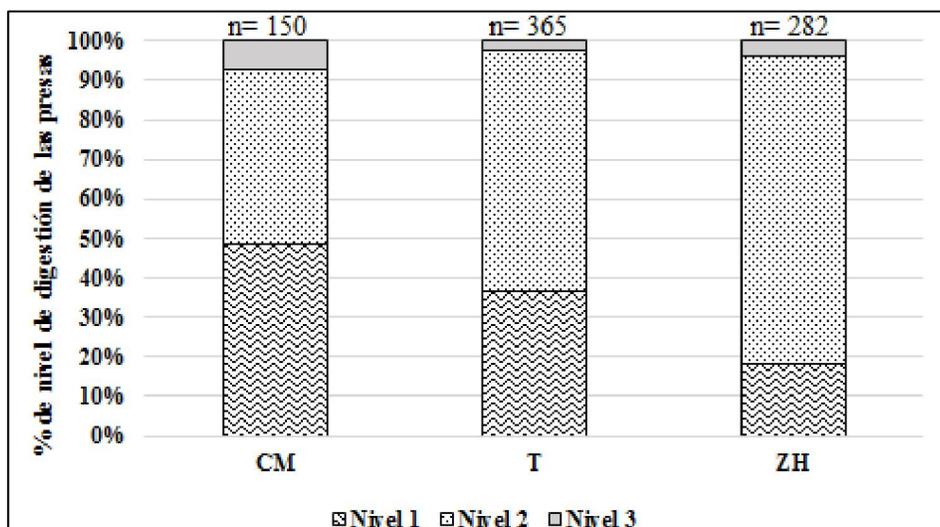


Fig. 13. Proporción del nivel de digestión de las presas de *Bregmaceros bathymaster* por estrato de muestreo (capa de mezcla: CM; termoclina: T; y zona de hipoxia: ZH).

Las observaciones respecto al nivel de digestión de las presas por estrato muestran una disminución del nivel menos avanzado de digestión (Nivel 1) desde estrato de la capa de mezcla (49%) hasta el estrato de zona de hipoxia (18%). De forma contraria el nivel intermedio de digestión (Nivel 2) presentó una mayor proporción en el estrato más profundo de la zona de hipoxia (78%) y disminuyó en los estratos superiores (61% en termoclina y 44% en la capa de mezcla) (Fig. 13).

La caracterización del contenido estomacal por estrato de muestreo mostró en la capa de mezcla 10 ítems presa, con un total de 150 organismos, de los cuales los copépodos *Paracalanus* spp., *Subeucalanus* spp. y *Oncaea* spp. presentaron la mayor proporción en número de organismos (32.67, 21.33 y 13.33% respectivamente), así como la mayor frecuencia de ocurrencia (42.86, 18.68 y 17.58%) (Tabla 7).

En la termoclina, se encontraron 13 ítems presa y en total 365 organismos. Numéricamente, los mejor representados fueron el copépodo *Clausocalanus* spp. (35.62%), el cladóceros *Penilia avirostris* (16.44%), el copépodo *Paracalanus* spp. (13.7%) y los nauplios de copépodo (13.30%); los cuales fueron encontrados en más del 17% de los estómagos (Tabla 7).

La zona de hipoxia presentó 14 presas ítems, y un total de 284 organismos. Los ítems con el mayor valor numérico, así como con la mayor frecuencia de aparición fueron el copépodo *Clausocalanus* spp. (40.85 %N y 42.2 %FO), *Paracalanus* spp. (17,96 %N y 26.59 %FO) y el cladóceros *Penilia avirostris* (13.38 %N y 19.08 %FO) (Tabla 7).

El índice de importancia relativa muestra a dos especies de copépodos como las de mayor importancia en los tres estratos, *Paracalanus* spp en la capa de mezcla (60.55%), y *Clausocalanus* spp. en la termoclina y zona de hipoxia (59.64 y 64.90 %IIR); sin embargo, *Paracalanus* spp. se encontró dentro de las primeros 3 ítems más importantes de igual forma en los estratos más profundos (11.72% en termoclina y 17.98 en la zona de hipoxia). Así mismo, el copépodo *Oncaea* spp. aparece como una de las tres presas más importantes en la capa de mezcla (10.14 %IIR) y el cladóceros *Penilia avirostris* en la termoclina y zona de hipoxia (14.99 y 9.61 %IIR respectivamente) (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de *Bregmaceros bathymaster*, por estrato de muestreo durante abril del 2012.

<b>CAPA DE MEZCLA</b>						
	<b>N</b>	<b>%N</b>	<b>FO</b>	<b>%FO</b>	<b>IIR</b>	<b>%IIR</b>
<i>Paracalanus spp.</i>	49	32.67	39	42.86	1400.00	60.55
<i>Subeucalanus spp.</i>	32	21.33	17	18.68	398.53	17.24
<i>Oncaea spp.</i>	20	13.33	16	17.58	234.43	10.14
Restos de quitina	11	7.33	11	12.09	88.64	3.83
Nauplio	12	8.00	9	9.89	79.12	3.42
<i>Penilia avirostris</i>	10	6.67	8	8.79	58.61	2.53
Huevo	6	4.00	5	5.49	21.98	0.95
Copepodito	5	3.33	5	5.49	18.32	0.79
<i>Clausocalanus spp.</i>	4	2.67	4	4.40	11.72	0.51
<i>Corycaeus spp.</i>	1	0.67	1	1.10	0.73	0.03
	150	100	91		2312.09	100
<b>TERMOCLINA</b>						
<i>Clausocalanus spp.</i>	130	35.62	90	44.12	1571.31	59.64
<i>Penilia avirostris</i>	60	16.44	49	24.02	394.84	14.99
<i>Paracalanus spp.</i>	50	13.70	46	22.55	308.89	11.72
Nauplio	50	13.70	36	17.65	241.74	9.18
Copepodito	17	4.66	16	7.84	36.53	1.39
<i>Oncaea spp.</i>	19	5.21	14	6.86	35.72	1.36
<i>Subeucalanus spp.</i>	16	4.38	14	6.86	30.08	1.14
Restos de quitina	8	2.19	8	3.92	8.60	0.33
<i>Calanus spp.</i>	5	1.37	5	2.45	3.36	0.13
Dinoflagelado	4	1.10	3	1.47	1.61	0.06
Espermatóforo	3	0.82	3	1.47	1.21	0.05
<i>Oithona spp.</i>	2	0.55	2	0.98	0.54	0.02
Huevo	1	0.27	1	0.49	0.13	0.01
	365	100	204		2634.57	100
<b>ZONA DE HIPOXIA</b>						
<i>Clausocalanus spp.</i>	116	40.85	73	42.20	1723.52	64.90
<i>Paracalanus spp.</i>	51	17.96	46	26.59	477.49	17.98
<i>Penilia avirostris</i>	38	13.38	33	19.08	255.23	9.61
<i>Subeucalanus spp.</i>	21	7.39	18	10.40	76.94	2.90
Restos de quitina	16	5.63	16	9.25	52.10	1.96
<i>Oncaea spp.</i>	14	4.93	13	7.51	37.04	1.39
Copepodito	13	4.58	10	5.78	26.46	1.00
<i>Calanus spp.</i>	5	1.76	4	2.31	4.07	0.15
Nauplio	4	1.41	2	1.16	1.63	0.06
<i>Acrocalanus spp.</i>	2	0.70	1	0.58	0.41	0.02
<i>Acartia spp.</i>	1	0.35	1	0.58	0.20	0.01
Calanoida	1	0.35	1	0.58	0.20	0.01
<i>Corycaeus spp.</i>	1	0.35	1	0.58	0.20	0.01
Huevo	1	0.35	1	0.58	0.20	0.01
	284	100	173		2655.70	100

### *Amplitud del espectro trófico por estrato de muestreo*

El índice de Shannon-Wiener mostró una baja diversidad trófica en los tres estratos de muestreo, con  $0.2 \pm 0.3$  bits/ind. en la capa de mezcla,  $0.2 \pm 0.4$  bits/ind. en la termoclina y  $0.2 \pm 0.3$  bits/ind. en la zona de hipoxia. El índice de Margalef mostró una baja riqueza específica en los tres estratos, con medias de 0.2 para la capa de mezcla, 0.4 para la termoclina y 0.3 para la zona de hipoxia (Anexo 5).

El índice estandarizado de Levins para amplitud de la dieta mostró que, en los tres estratos *B. bathymaster* presenta preferencia por ciertos componentes específicos al obtener valores bajos en dicho índice 0.47 en la capa de mezcla, 0.34 en la termoclina y 0.26 en la zona de hipoxia.

El índice de Schoener mostró que existe un traslape medio entre la dieta de las larvas de *B. bathymaster* del estrato de capa de mezcla con respecto a la termoclina (46.1) y de la capa de mezcla con respecto a la zona de hipoxia (50.3). Sin embargo, se presentó un alto grado de solapamiento de las dietas entre la termoclina y la zona de hipoxia (81.8%) (Tabla 8).

Tabla 8. Valores del traslape de dieta de *Bregmaceros bathymaster* obtenidos mediante el índice de Schoener entre los estratos de muestreo capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).

	<b>CM</b>	<b>T</b>	<b>ZH</b>
<b>CM</b>		46.1	50.3
<b>T</b>	46.1		81.8
<b>ZH</b>	50.3	81.8	

### *Análisis de similitud entre estratos de muestreo*

Los resultados del análisis de similitud (ANOSIM) muestra que existe una alta disimilitud, significativa entre la dieta de las larvas de *B. bathymaster* en los estratos de muestreo de la capa de mezcla vs la termoclina ( $R= 0.563$ ,  $p= 0.002$ ) y entre la capa de mezcla vs la zona de hipoxia ( $R= 0.557$ ,  $p= 0.001$ ). En cambio, entre la dieta de la termoclina vs la zona de hipoxia se encontró una alta similitud con un valor de  $R=$  de 0.124 y un valor de  $p= 0.05$ .

### *Hábitos alimentarios por estrato de muestreo y estadio de desarrollo*

Al subdividir las presas ítems en estrato de muestreo y estadio de desarrollo de *B. bathymaster*, se encontró para el estadio de preflexión en la capa de mezcla 7 ítems presa, de los cuales los de mayor número, así como de mayor frecuencia e importancia relativa fueron los copépodos *Paracalanus* spp. y *Oncaea* spp. (Anexo 6a); en la termoclina, para este mismo estadio se encontraron 8 ítems presa, siendo los más importantes el copépodo *Clausocalanus* spp. (44.91%), nauplios de copépodos (25.16%) y el cladócero *Penilia avirostris* (17.33%); en la zona de hipoxia se encontraron solo 2 ítems presa con un total de 9 estómagos con contenido estomacal y 9 presas, de las cuales 8 fueron restos de quitina no identificada, por lo tanto esta última categoría fue descartada para posteriores análisis (Anexo 6a).

El estadio de flexión en la capa de mezcla presentó solo 3 estómagos con un total de 3 presas (*Paracalanus* spp.), por tal motivo esta categoría se descartó para los análisis posteriores. Este mismo estadio, en la termoclina, presentó 7 ítems presa, representados mayoritariamente por el copépodo *Clausocalanus* spp. (51.58 %IIR) y el cladócero *Penilia avirostris* (39.2 %IIR); en la zona de hipoxia para el estadio de flexión se encontraron 11 ítems presa, siendo el copépodo *Clausocalanus* spp. la presa más importante con 58.93%, seguido del cladócero *Penilia avirostris* (27.92%) y el copépodo *Paracalanus* spp. (10.44%) (Anexo 6b).

El estadio de postflexión en la capa de mezcla presentó 7 ítems presa, dentro de los cuales el copépodo *Subeucalanus* spp. fue la presa de mayor importancia con 79.88%, seguido de copépodo *Paracalanus* spp. con 7.93%; en la termoclina, se encontraron 10 ítems presa, de los cuales el copépodo *Clausocalanus* spp. fue la presa más importante con 61.93%, seguido de los copépodos *Paracalanus* spp. y *Subeucalanus* spp. con 20.51 y 13.07% respectivamente; este mismo estadio, en la zona de hipoxia presentó 11 ítems presa, contando con el mayor número de presas, mayor frecuencia de ocurrencia y mayor importancia relativa los copépodos *Clausocalanus* spp., seguido de *Paracalanus* spp. y *Subeucalanus* spp. (Anexo 6c).

### *Amplitud del espectro trófico por estrato de muestreo y estadio de desarrollo*

El índice de Shannon-Wiener mostró una diversidad trófica baja en los estadios por estratos, siendo el valor promedio más elevado en el estadio de postflexión en la termoclina con  $0.5 \pm 0.5$  bits/ind., seguido del estadio de postflexión en la capa de mezcla con  $0.4 \pm 0.5$  bits/ind

(Tabla 9). De igual forma el índice de Margalef mostró una baja riqueza específica en los estadios por estrato, con valores promedio por debajo del 0.4, excepto para las larvas en postflexión en la capa de mezcla y termoclina en donde tuvieron valores promedio de 0.6 y 0.8 (Tabla 9).

Tabla 9. Medias y desviaciones estándar del índice de diversidad de Shannon-Wiener y de riqueza de Margalef para la dieta de *Bregmaceros bathymaster* en los estratos de muestreo por estadio de desarrollo (los casos de flexión en la capa de mezcla y preflexión en la zona de hipoxia no fueron incluidos en los análisis debido a que no fueron representativos).

		<b>Shannon-Wiener</b>		<b>Margalef</b>	
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
<b>CM</b>	Preflexión	0.1	0.2	0.1	0.4
	Postflexión	0.4	0.5	0.6	0.7
<b>T</b>	Preflexión	0.2	0.3	0.2	0.5
	Flexión	0.2	0.4	0.4	0.7
	Postflexión	0.5	0.5	0.8	0.8
<b>ZH</b>	Flexión	0.2	0.3	0.3	0.6
	Postflexión	0.2	0.3	0.3	0.5

El índice estandarizado de Levins para amplitud de la dieta mostró que para los estadios de flexión y postflexión en los tres estratos presenta preferencia por ciertos componentes específicos al obtener valores cercanos a 0 (Tabla 10). En cambio, los valores del estadio de preflexión no mostraron una clara tendencia al presentar valores medios del índice, sin embargo, se observa una ligera tendencia hacia la generalización de presas.

Tabla 10. Valores del índice estandarizado de Levins, para la amplitud de la dieta de *Bregmaceros bathymaster* por estadio de desarrollo y estrato de muestreo (capa de mezcla: CM; termoclina: T y zona de hipoxia: ZH).

	<b>Preflexión</b>	<b>Flexión</b>	<b>Postflexión</b>
<b>CM</b>	0.5		0.33
<b>T</b>	0.58	0.34	0.3
<b>ZH</b>		0.27	0.31

El índice de Schoener muestra un bajo grado de solapamiento entre los estadios de las larvas del estrato de capa de mezcla con respecto a los otros dos estratos (<50%) excepto dentro del estadio de preflexión, en los que se observa un traslape en la dieta de 53% entre las larvas del estadio preflexión de la capa de mezcla con las de la termoclina según el índice. En cambio, la dieta de las larvas de *B. bathymaster* en los distintos estadios de la termoclina y zona de hipoxia presentan un solapamiento más elevado (>50%), en especial la dieta de las larvas en flexión de la termoclina con la de ese mismo estadio en la zona de hipoxia (86%), y entre la dieta de las larvas en postflexión de la termoclina y zona de hipoxia (85%) (Tabla 11).

Tabla 11. Valores del traslape de dieta de *Bregmaceros bathymaster* obtenidos mediante el índice de Schoener entre los estadios de desarrollo y los estratos de muestreo capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH); (los casos de flexión en la capa de mezcla y preflexión en la zona de hipoxia no fueron incluidos en los análisis debido a que no fueron representativos).

	CM		T			ZH	
	Preflexión	postflexión	Preflexión	Flexión	postflexión	Flexión	postflexión
<b>CM</b> Preflexión							
postflexión	31						
<b>T</b> Preflexión	53	20					
Flexión	32	21	61				
postflexión	33	43	47	68			
<b>ZH</b> Flexión	43	25	72	86	68		
postflexión	44	40	56	67	85	73	

#### *Análisis de similitud entre estratos de muestreo y estadios de desarrollo*

El ANOSIM mostró que existe cierta disimilitud entre la dieta de las larvas de *B. bathymaster* por estrato/estadio (Tabla 12), las mayores disimilitudes se encontraron entre la dieta de las larvas en postflexión de la capa de mezcla con respecto a las larvas en preflexión y flexión de los tres estratos, así como con las larvas en postflexión de la zona de hipoxia (R=

0.717). Se encontraron mayores similitudes entre la dieta de las larvas en flexión y postflexión de la termoclina (R= 0.381), de igual forma entre la dieta de las larvas en preflexión y postflexión de la termoclina con respecto a la de las larvas en flexión de la zona de hipoxia con un R= 0.327 y 0.349 respectivamente, y entre la dieta de las larvas en flexión y postflexión de la zona de hipoxia (R= 0.247). Se presentaron los mayores valores de similitud entre la dieta de las larvas en postflexión de la termoclina con respecto a la de las larvas del mismo estadio en la zona de hipoxia (R= 0.045), y entre la dieta de las larvas en flexión de la termoclina con la dieta de las larvas en el mismo estadio en la zona de hipoxia (R= 0.106). Sin embargo estos dos últimos valores no fueron estadísticamente significativos con p= 0.185 y 0.068 respectivamente.

Tabla 12. Valores de R y p del análisis de similitud (ANOSIM) entre la dieta de las larvas de *Bregmaceros bathymaster* en los diferentes estadios de desarrollo y estratos de muestreo.

	CM R/p		T R/p			ZH R/p	
	Preflexión	Postflexión	Preflexión	Flexión	Postflexión	Flexión	Postflexión
CM	Preflexión						
	Postflexión	0.709/ 0.001					
T	Preflexión	0.520/ 0.001	0.935/ 0.001				
	Flexión	0.566/ 0.001	0.886/ 0.001	0.639/ 0.001			
	Postflexión	0.600/ 0.001	0.466/ 0.001	0.614/ 0.001	0.381/ 0.001		
ZH	Flexión	0.497/ 0.001	0.893/ 0.001	0.327/ 0.002	0.106/ 0.068	0.349/ 0.003	
	Postflexión	0.441/ 0.001	0.717/ 0.001	0.540/ 0.001	0.439/ 0.001	0.045/ 0.185	0.247/ 0.001

#### *Análisis de componentes principales*

El análisis de componentes principales presentó una varianza acumulada de 69.88 % para los dos primeros componentes (Tabla 13), lo cual quiere decir que solo el 30.12% de la información se perdió durante el análisis. Al observar el valor absoluto de los coeficientes en la tabla de pesos de los componentes (Tabla 14), nos damos cuenta que para el componente uno

las variables que tienen mayor peso son: *Paracalanus* spp. y *Oncaea* spp. Además de pero de forma negativa. Lo que indica que valores grandes de la primera componente corresponden larvas de *B. bathymaster* que se alimentan principalmente de los copépodos *Paracalanus* spp. y *Oncaea* spp., valores negativos en la primer componente corresponden a larvas que se alimentan principalmente del copépodo *Clausocalanus* spp y del cladóceros *Penilia avirostris*. Por otra parte, para el componente 2, observamos que las variables con mayor peso son (Tabla 14): nauplio y copepodito con valores positivos y *Subeucalanus* spp. con valor negativo. Esto quiere decir que las larvas con valores grandes en el segundo componente, son larvas que se alimentan principalmente de nauplios de copépodos y copepoditos, y larvas con valores negativos en el segundo componente se alimentan principalmente del copépodo *Subeucalanus* spp. Al observar el análisis gráficamente con los dos primeros componentes, podemos observar 4 tendencias principales (Fig. 14): i) larvas en preflexión de la capa de mezcla, cuyas presas principales fueron los copépodos *Paracalanus* spp. y *Oncaea* spp.; ii) larvas en postflexión de la capa de mezcla, las cuales se alimentaron principalmente de *Subeucalanus* spp.; iii) larvas en preflexión de la termoclina, las cuales se correlacionaron mayormente con nauplios de copépodos y copepoditos; y iv) larvas en flexión y postflexión de la termoclina y zona de hipoxia, éstas presentaron mayor afinidad por presas como el copépodo *Clausocalanus* spp y del cladóceros *Penilia avirostris*.

Tabla 13. Resultados por eje del Análisis de Componentes Principales (valores propios y % de varianza para los 6 componentes).

PC	Valor propio	% varianza
1	2.84177	40.597
2	2.04959	29.28
3	1.35552	19.365
4	0.678149	9.6878
5	0.0634261	0.90609
6	0.0115414	0.16488

Tabla 14. Peso de los componentes para cada variable del análisis de componentes principales.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6
<i>Clausocalanus</i> spp.	-0.48626	0.10459	0.31585	-0.47507	0.52304	0.0076731
<i>Paracalanus</i> spp.	0.40437	-0.21974	0.55879	-0.053105	0.40893	0.22639
<i>Penilia avirostris</i>	-0.36857	0.19913	0.19178	0.83995	0.25751	0.12587

<i>Subeucalanus</i> spp.	0.088439	-0.42501	-0.65483	0.082878	0.57873	0.18782
Nauplio	0.25867	0.60176	-0.19932	-0.016337	0.39356	-0.57514
<i>Oncaea</i> spp.	0.53251	-0.17193	0.26725	0.22968	0.055344	-0.26112
Copepodito	0.32541	0.57342	-0.10612	-0.077952	0.0043959	0.70612

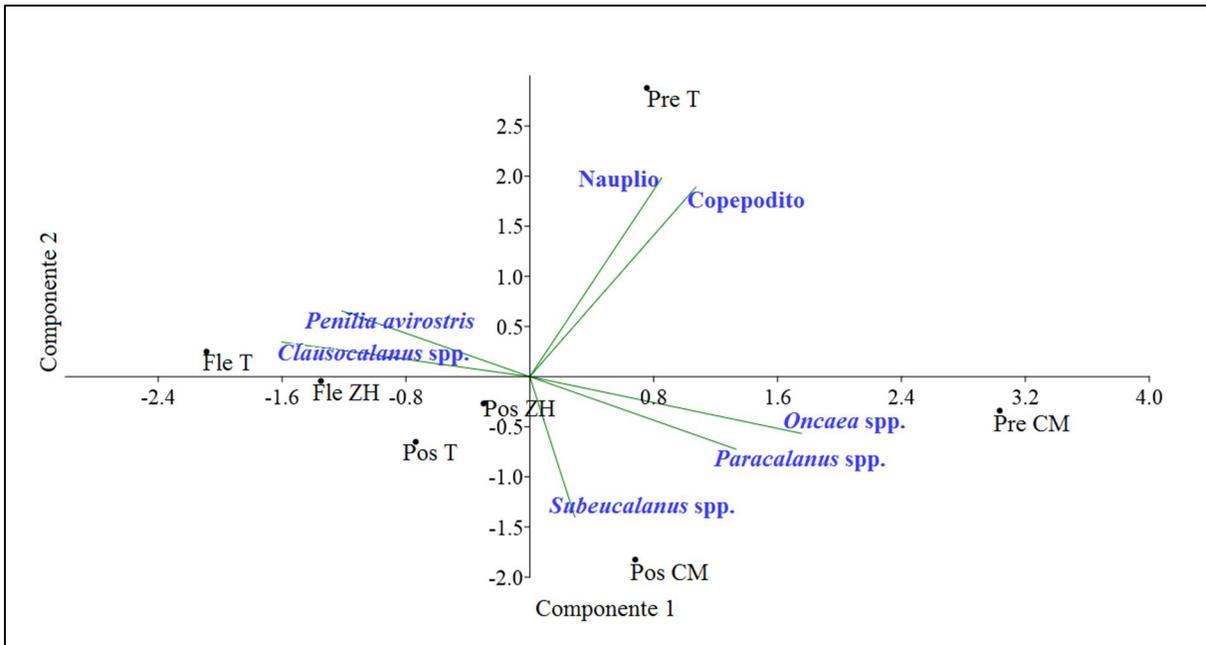


Fig. 14. Gráfica del análisis de componentes principales de larvas de *Bregmaceros bathymaster* en estadio preflexión (Pre), flexión (Fle) y postflexión (Pos) y en los estrato capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH) y sus presas de mayor importancia.

#### Relaciones entre la estructura de la columna de agua y la distribución y alimentación de larvas de peces.

El ACC con una varianza explicada de 38.37% (Tabla 15) mostró una correlación entre las larvas en la capa de mezcla con valores altos de temperatura y oxígeno disuelto, así como con presas como *Paracalanus* spp., *Oncaea* spp. y *Subeucalanus* spp.; por otra parte, las larvas en los tres estadios de desarrollo en la termoclina, mostraron gran relación con valores altos de clorofila y la presencia de presas como nauplio, copepodito, *Penilia avirostris* y *Clausocalanus* spp.; mientras que las larvas en el estrato de zona de hipoxia mostraron correlación con valores

bajos de temperatura y oxígeno disuelto, así como la presencia de presas como *Clausocalanus* spp. y *Paracalanus* spp. (Fig. 21).

Tabla 15. Resultados por eje del Análisis Canónico de Correspondencia realizado en el programa CANOCO 5.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
Eigenvalores	0.4855	0.0342	0.5413	0.1496
Variación explicada (acumulada)	35.84	38.37	78.33	89.37
Correlación pseudo-canonica	0.9249	0.4419	0	0
Variación explicada ajustada (acumulada)	93.42	100		

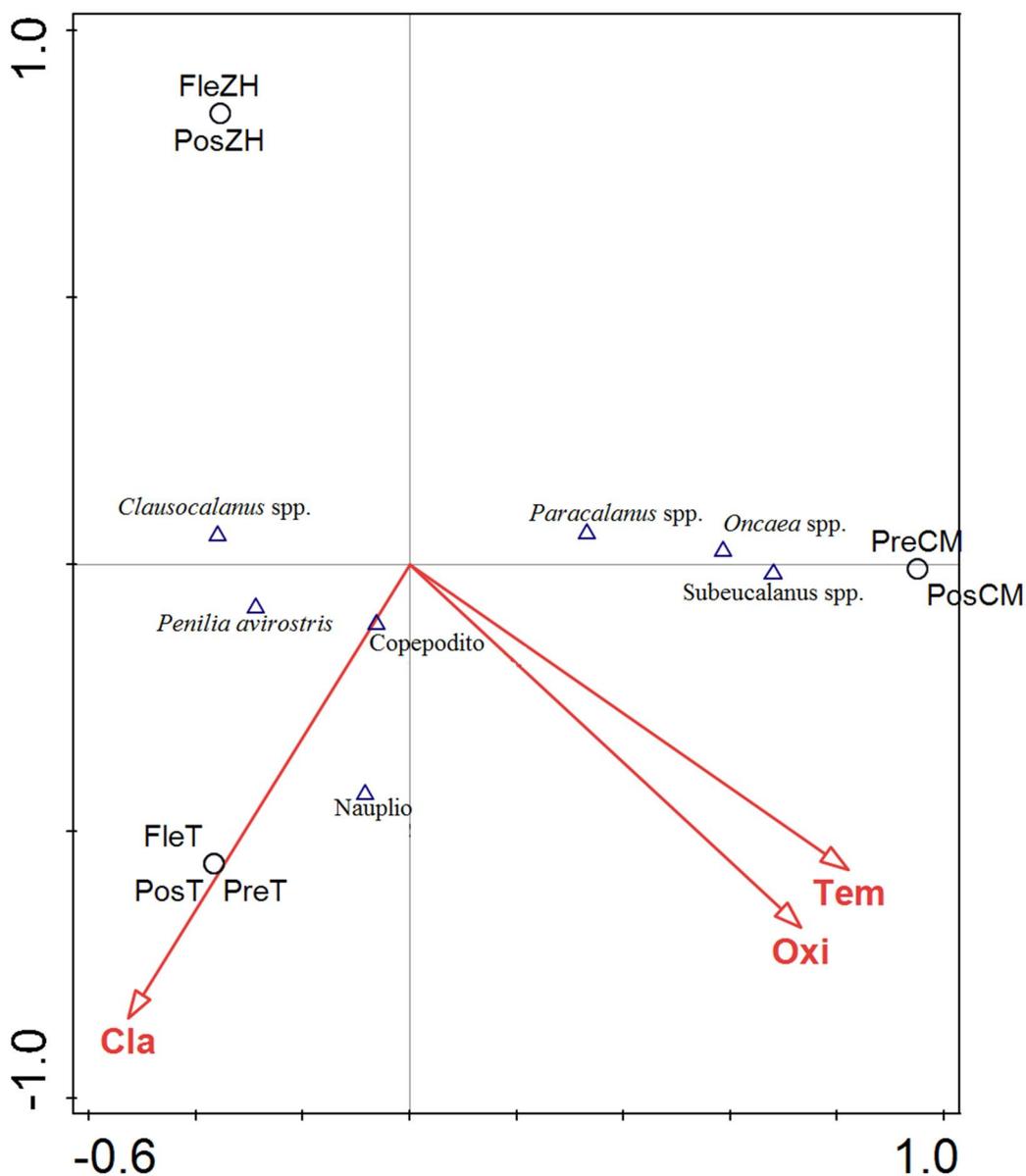


Fig. 15. Análisis Canónico de Correspondencia entre variables ambientales (temperatura: Tem; oxígeno disuelto: Oxi; y clorofila a: Cla) y el contenido estomacal de *Bregmaceros bathymaster* por estrato de muestreo (capa de mezcla: CM; termoclina: T; y zona de hipoxia: ZH) y estadio de desarrollo (preflexión: Pre; flexión: Fle; y postflexión: Pos).

## DISCUSIÓN

Este trabajo se realiza en la ZMO más extensa del planeta (Strama *et al.*, 2008), aunque aún hay muy pocos estudios multidisciplinarios que analicen el impacto de ésta sobre la distribución de larvas de peces, y más aún sobre sus estrategias de alimentación. Los resultados muestran como la estructura fisicoquímica de la columna de agua cambia a lo largo del transecto de muestreo realizado desde el sur del Golfo de California hasta Cabo Corrientes durante abril 2012. En este contexto, resalta la poca amplitud vertical de la capa de mezcla y la termoclina en la región cercana a las Islas Marías y Cabo Corrientes. Se observó que el agua hipóxica (1 mL/L) se eleva hasta  $\approx 30$  m de profundidad. Esta región (Costas de Jalisco, Nayarit e Islas marías), ya ha sido descrita con anterioridad como región con aguas hipóxicas someras por Davies *et al.* (2015), pero en invierno (febrero) del 2010. Estos autores encontraron que el límite superior de la zona de hipoxia en la región de las Islas Marías estaba hasta los  $\approx 60$  m de profundidad, menos somera que en abril del 2012 (la cual se encontró a  $\approx 30$  m), probablemente asociado a que la capa de mezcla disminuye con el aumento de la estratificación. Hendrickx & Serrano (2010) encontraron en junio del 2008, a la oxipleta de 0.5 mL/L a una profundidad de 53 m, en las costas de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero. Los resultados de este trabajo nos permiten afirmar que el agua hipóxica somera en esta región podría ser permanente y presentar fluctuaciones estacionales. Otros trabajos sobre la dinámica

oceanográfica de la región, mencionan que las zonas cercanas a las Islas Marías, frente a Cabo Corrientes, se caracterizan por la presencia de fuertes surgencias casi todo el año, las cuales disminuyen en junio y alcanzan su mínimo durante el mes de agosto (García-Reyes, 2005; Cepeda-Morales *et al.*, 2009; Godínez *et al.*, 2010; Kurczyn *et al.*, 2012), lo cual pudiera estar provocando esta elevación de la zona de hipoxia, así como el aumento de materia orgánica en superficie que posteriormente precipita y se degrada agotando el oxígeno.

Se ha documentado que las larvas de *B. bathymaster* constituyen entre el 77 y el 98% de las abundancias totales de larvas de peces en la plataforma continental de las costas frente a Cabo Corrientes, con mayores abundancias entre febrero y mayo (Franco-Gordo *et al.* 2001). En el presente trabajo las larvas de *B. bathymaster* conformaron el 26.21% del total de abundancia larvaria en todo el transecto de estudio. En las estaciones frente a las Islas Marías y Nayarit (E27-E37) estas larvas representaron el 78% de las abundancias larvarias. Tomando en cuenta que en la región frente a las Islas Marías y el continente se tiene una plataforma continental extensa con una profundidad máxima de 500 m (Fig. 9) y que la especie *B. bathymaster* se cataloga como nerítica-oceánica, con preferencia por sustratos blandos de la plataforma y taludes continentales (Bogutskaya, 2007), esta región podría resultar favorable para el desarrollo, crecimiento y posterior reclutamiento de las larvas.

Esta distribución larvaria se ha registrado para otras especies del género *Bregmaceros*, tal es el caso de *B. cantori* y *B. atlanticus*, las cuales al sureste de Brasil se encontraron principalmente en la zona nerítica sobre la isobata de los 120 m, con mayor abundancia durante invierno (Matsuura *et al.*, 1993). De igual forma Houde (1981) encuentra que especies de *Bregmaceros* (*B. atlanticus*, *B. maccllellandi*, *Bregmaceros* tipo A, *Bregmaceros* tipo B) presentan sus mayores abundancias en la zona nerítica por encima de la isobata de 200 m en el

noreste del Golfo de México. En el presente trabajo, pese a que no se realizaron muestreos en zonas tan someras (<200 m), la mayor abundancia larvaria se encontró en las zonas más somera del transecto muestreado (<500 m).

Verticalmente, nuestros resultados muestran la mayor abundancia de larvas de *B. bathymaster* en estadio de preflexión en la termoclina y de flexión en la zona de hipoxia. Las larvas en postflexión no mostraron una clara preferencia por un estrato al encontrarse en similar abundancia en los tres estratos con una ligera mayor abundancia en la zona de hipoxia. Lo cual muestra una preferencia en general de las larvas de *B. bathymaster* por la zona de hipoxia. Estos resultados coinciden con los registros de Davies *et al.* (2015), quienes encontraron una asociación de larvas de peces nombrada hábitat mínimo oxígeno situada en la región de las Islas Marías y Cabo Corrientes con las mayores abundancias por debajo de la termoclina en la zona de hipoxia (<1 mL/L) en la cual las larvas de *B. bathymaster* contribuyeron con  $\approx 97\%$  en la formación de dicha agrupación. Houde (1981) menciona que tres de las cuatro especies de *Bregmaceros* (*B. atlanticus*, *B. macclellandi*, *Bregmaceros* tipo A, *Bregmaceros* tipo B) se encontraron con sus mayores abundancias por debajo de los 50 m de profundidad y que su frecuencia de aparición responde al aumento de temperatura superficial. De igual forma, Matsuura *et al.* (1993) encuentran que más del 90% de las larvas tanto de *B. cantori* como de *B. atlanticus* se ubican por debajo de los 30 m de profundidad, y mencionan que debido a que las larvas en estadio de preflexión se encontraron predominantemente dentro de la termoclina y en segundo lugar en aguas más profundas, el desove probablemente tiene lugar en aguas profundas. En este estudio, aunque la profundidad de la zona de hipoxia varió, en la región de las Islas Marías, en donde se obtuvo la mayor abundancia de *B. bathymaster* la profundidad mínima de la zona de hipoxia fue de  $\approx 30$  m de profundidad por lo que las mayores abundancias

estuvieron en la zona de hipoxia por debajo de los 30 m de profundidad y se puede considerar que las larvas de *B. bathymaster* están adaptadas a un amplio gradiente de concentración de oxígeno con preferencia por aguas hipóxicas.

Esta relación de especies del género *Bregmaceros* con aguas de bajas concentraciones de oxígeno ya ha sido descrito antes, al menos en adultos. Mead (1963) logra obtener con un solo arrastre 263 organismos adultos identificados como *B. atlanticus* a una profundidad de 600 a 400 m en condición de anoxia dentro de la trinchera de Cariaco en Venezuela. Posteriormente mediante perfiladores acústicos, Wilson (1972) detecta en dicha trinchera de Cariaco que los adultos de *B. atlanticus* realizaba migraciones diarias desde los 800-900 m en el día, hasta los 100 m durante la noche. Al igual, se ha descrito cómo los adultos de *B. nectabanus* realizan migraciones verticales similares en la trinchera de Cariaco (Davies & Barham, 1969).

La ubicación vertical de las larvas de peces debe estar estrechamente asociada a sus hábitos alimenticios. En este estudio se encontró de forma general que los copépodos calanoideos *Clausocalanus* spp., *Paracalanus* spp., *Subeucalanus* spp. y el cladóceros *Penilia avirostris*, dominaron la dieta (Tabla 4). En estudios sobre alimentación de larvas del género *Bregmaceros* como es el caso de *B. atlanticus* en las costas de Florida, se presentó como principal presa a copépodos de los órdenes Cyclopoida y Calanoida (Clancey, 1956). Para el caso particular de *B. bathymaster*, Siordia-Cermeño *et al.* (2006), encontraron que en las costas de Jalisco y Colima la dieta de ésta a lo largo del año, consiste principalmente de copépodos del orden Calanoida así como nauplios de copépodos; además de que la composición de su dieta varía en función de la estacionalidad, encontrando que durante primavera (mayo), los cladóceros *Penilia avirostris* y los copépodos *Oncaea* spp. fueron los más relevantes en la dieta. La diferencia en la dieta encontrada en el presente trabajo y el estudio de Siordia-Cermeño *et*

*al.* (2006) puede deberse a que las muestras del trabajo de Siordia-Cermeño *et al.* (2006) fueron colectadas sumamente cercanas a la costa, lo que implica que la disponibilidad de presas podría no ser la misma.

En cuanto a los estadios de desarrollo, se encontró que la incidencia y el espectro trófico (número de ítems presa) aumentó en función del estadio de desarrollo, al igual que lo encontrado por Siordia-Cermeño *et al.* (2006), esto se debe principalmente a que las larvas más desarrolladas (postflexión), presentan mejores adaptaciones como aletas más desarrolladas que le permiten un mejor y más veloz nado, mejor visión para ubicar a sus presas, bocas más grandes que les permite capturar presas mayores, así como otras estructuras sensoriales como ha sido descrito por diversos autores (Hunter, 1981; Young & Davis, 1992; Sánchez-Velasco *el al.*, 1999). En cuanto la importancia de las presas, se encontró que para los tres estadios las presas más importantes fueron los copépodos calanoideos *Clausocalanus* spp. y *Paracalanus* spp., sin embargo en el estadio de preflexión también constituyó una presa importante los nauplios de copépodos, en el estadio de flexión el ostrácodo *Penilia avirostris*, y el copépodo calanoideo *Subeucalanus* spp. para el estadio de postflexión (Tabla 5). Esto coincide en cierta medida con lo encontrado por Siordia-Cermeño *et al.* (2006), quienes encuentran para todo el ciclo anual, que las larvas en estadio de preflexión presentan como presa más importante a nauplios y copépodos calanoideos (sin definir especie), para el estadio de flexión los copépodos calanoideos (no especificados) así como el copépodo *Oncaea* spp., y para el estadio de postflexión igualmente los copépodos calanoideos (no especificados) fueron los más importantes, así como el copépodo *Acrocalanus* spp. y el cladóceros *Penilia avirostris*.

La composición de la dieta depende además de los factores mencionados, de la disponibilidad del alimento. Si bien en este trabajo por su dificultad y limitaciones de tiempo

no fue posible analizar a nivel específico las muestras de zooplancton, se han realizado trabajos específicos sobre la estructura de la comunidad de copépodos que pueden dar evidencia de la disponibilidad del alimento en la región de manera general. Kozak *et al.* (2014) mostraron que la comunidad de copépodos en aguas neríticas del Pacífico Tropical Oriental, está dominada por dos especies, *Subeucalanus subcrassus* and *Centropages furcatus*. El género *Subeucalanus* fue representado como una presa dominante en la dieta de *B. bathymaster*, al menos en el estadio más desarrollado (postflexión), lo cual coincide con su dominancia en el medio durante periodos de mezcla (febrero a mayo). Así mismo, Kozak *et al.* (2014) encuentran que durante épocas de mezcla moderada (semi-mezcla), otros copépodos presentan un auge en sus abundancias, entre ellos se encuentran copépodos como *Subeucalanus subtenuis*, *Subeucalanus crassus* y *Clausocalanus minor*, cuyos géneros se encuentran representados en la dieta de *B. bathymaster* en sus distintos estadios de desarrollo. En el presente trabajo se encontró además, que la diversidad trófica así como la riqueza específica aumenta en función del estadio de desarrollo. Del mismo modo se encontró mediante el índice estandarizado de Levins, que los estadios de desarrollo mayores, flexión y postflexión tienden a alimentarse de presas específicas, mientras que el estadio de preflexión presenta una tendencia más generalista, por lo que en éste estadio de desarrollo utiliza los recursos sin ninguna selección aparente. Se encontró además un solapamiento de la dieta mayor entre los dos estadios más desarrollados (Tabla 6), y con lo obtenido por el análisis de similitud (ANOSIM) puede decirse que existen mayores similitudes entre las dietas de las larvas en flexión y postflexión que entre éstas y la dieta de las larvas en estadio de preflexión.

La dieta larvaria se analizó por estrato de profundidad, encontrándose que existe diferencia entre la dieta de *B. bathymaster* con respecto a los estratos (al menos entre la capa

de mezcla con respecto a la termoclina y zona de hipoxia). Se encontró que tanto la ubicación de las presas en el intestino de las larvas así como el estado de digestión de éstas y el número de ítems aumentan en el estrato más profundo (zona de hipoxia). Las diferencias en sus dietas radican principalmente en el cambio de posición de sus presas en cuanto al índice de importancia relativa. Según el índice de importancia relativa, para la capa de mezcla los copépodos *Paracalanus* spp., *Subeucalanus* spp. y *Oncaea* spp. son las presas más importantes, mientras que para la termoclina y zona de hipoxia lo son el copépodo *Clausocalanus* spp., el cladóceros *Penilia avirostris* y el copépodo *Paracalanus* spp. Esto es respaldado por el índice de solapamiento de la dieta de Schoener, en el que se encuentra que existe un mayor traslape en la dieta de las larvas ubicadas en la termoclina con respecto a las larvas ubicadas en la zona de hipoxia (Tabla 8). Y a su vez se encontró que existe mayor similitud entre la dieta de las larvas en estos dos estratos (termoclina y zona de hipoxia).

Se analizó por separado la dieta de las larvas de *B. bathymaster* por estadio de desarrollo en cada estrato de muestreo. Y se encontró que las larvas en postflexión de la capa de mezcla y termoclina presentaron mayor diversidad (Tabla 9). En la capa de mezcla las larvas en preflexión y flexión consumieron principalmente copépodos calanoideos adultos *Paracalanus* spp. y copépodos Poecilostomatoideos *Oncaea* spp.; pero las larvas más desarrolladas (en postflexión) en el mismo estrato consumieron principalmente los copépodos calanoideos *Subeucalanus* spp. y *Paracalanus* spp.; sin embargo, las larvas en los tres estadios de desarrollo cambiaron la importancia de sus presas en la termoclina y zona de hipoxia por los copépodos calanoideos *Clausocalanus* spp., nauplios de copépodos y el cladóceros *Penilia avirostris*; aunque en menor medida siguieron consumiendo copépodos *Paracalanus* spp. (Anexo 6). Estas similitudes y diferencias en la dieta son observadas nuevamente mediante el traslape de dieta

de Schoener, en donde se encontró que el mayor traslape de la dieta se da entre la dieta de las larvas de todos los estadios en la termoclina con respecto a las larvas en la zona de hipoxia; esto se clarifica con la similitud de la dieta mostrada por el ANOSIM, ya que se observa que existe mayor similitud entre la dieta de las larvas en estadio de postflexión de la termoclina con respecto a la de las larvas del mismo estadio en la zona de hipoxia, al igual que entre la dieta de las larvas en flexión de la termoclina y las de flexión en la zona de hipoxia, aunque estas diferencias no fueron significativas. También se encontró alta similitud entre la dieta de las larvas en flexión y postflexión de la zona de hipoxia. El estadio/estrato que mayor disimilitud presento con el resto fueron las larvas en postflexión de la capa de mezcla, ya que este estadio y estrato fue el único que presentó como la presa más importante al copépodo *Subeucalanus* spp. Así mismo se corroboró nuevamente esta tendencia con un análisis de componentes principales y un análisis canónico de correspondencia en el que se correlacionan variables ambientales como la temperatura, oxígeno disuelto y concentración de clorofila con las presas más importantes en los distintos estadios de desarrollo y estratos. Por lo que podría decirse que las larvas en la termoclina y zona de hipoxia se alimentan del mismo conjunto de presas, mientras que las larvas en la capa de mezcla lo hacen de otro.

Aunado a lo anterior, el hecho de encontrar un mayor número de presas con un grado de digestión más avanzado en la zona de hipoxia y ubicadas en su mayoría en el final del intestino en el estrato de la zona de hipoxia, nos sugiere que las larvas de *B. bathymaster* se alimentan en primera instancia en dos estratos, en la capa de mezcla y en la termoclina, para posteriormente bajar a la zona de hipoxia, la cual en la región de las Islas Mariás se encuentra sumamente superficial (30 m). En esta capa, las larvas podrían estar reduciendo su metabolismo

para disminuir sus requerimientos de oxígeno, además de que podría ser menos vulnerables a posibles depredadores, que no sean capaces de tolerar concentraciones bajas de oxígeno.

Por lo tanto, nos es posible suponer que especies como *B. bathymaster*, las cuales habitan en el talud y plataforma continental, en zonas de hipoxia someras, sean especies que están adaptadas a migrar entre aguas oxigenadas e hipóxicas al menos en las etapas tempranas de su ciclo de vida, y debido a las grandes abundancias de sus larvas, se esperaría que no hubiese un efecto drástico en la biomasa total de dichas especies ante la expansión mundial de las ZMOs (Stramma *et. al*, 2008). Sin embargo, aunque *B. bathymaster* podría no estar siendo afectado, el hecho de que es una especie importante como presa para muchos organismos, como algunos esciánidos, lutjánidos y paralíctidos, éstos podrían verse afectados al no poder acceder tan fácilmente a presas como *B. bathymaster* por la expansión de dichas ZMOs.

## CONCLUSIONES

- La estructura fisicoquímica de la columna de agua presenta alta variabilidad a lo largo del transecto de muestreo, encontrando la zona hipóxica más somera de la región frente a las Islas Marías.
- Las larvas de *B. bathymaster* se distribuyen principalmente en la termoclina y zona de hipoxia con mayores abundancias en la región de las Islas Marías en donde se encuentra la plataforma continental más extensa y las aguas hipóxicas más someras.
- Las larvas de *B. bathymaster* en abril del 2012 se alimentaron principalmente de copépodos calanoideos como *Clausocalanus* spp., *Paracalanus* spp. y *Subeucalanus* spp., del copépodo Poecilostomatoideo *Oncaea* spp. y del cladóceros *Penilia avirostris*, en sus diferentes estadios de desarrollo y estratos de muestreo.
- Las larvas de *B. bathymaster* difieren en la preferencia de sus presas respecto al estadio de desarrollo y estrato de muestreo y presentan dos tendencias de alimentación, una en la capa de mezcla y otra en la termoclina y debajo de ella.

Las larvas de *B. bathymaster* presentan en su distribución, una preferencia hacia aguas por debajo de la capa de mezcla, en la región de las Islas Marías, en donde al parecer se alimentan en dos estratos principalmente, en la capa de mezcla y en la termoclina para después bajar a la zona de hipoxia.

## RECOMENDACIONES

Por lo obtenido en este trabajo se recomienda que para futuras investigaciones al respecto y para comprobar si realmente existe esta migración vertical de parte de *B. bathymaster* entre la capa de mezcla, termoclina y zona de hipoxia se tomen las siguientes consideraciones:

Un muestreo diario y continuo en un punto específico en las cercanías de Cabo Corrientes y las Islas Marías para cerciorarse que existe dicha migración, además de la utilización de redes de 300 micras de luz de malla o menor para lograr la captura de sus presas potenciales y saber si se encuentran en dichos estratos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Apango-Figueroa, E., L. Sánchez-Velasco, M.L. Lavín, V.M. Godínez & E.D. Barton. Accepted 2015. Larval fish habitats in a dipole eddy-pair in de Golf of California. *Deep Sea Res. 1*.
- Beers, J.R. 1976. Zooplankton Fixation and Preservation. Determination of zooplankton biomass. *Steed man, H. F. UNESCO Paris*, 35-84.
- Bogutskaya, N.G. 2007. Preliminary assignment of coordinates to type localities in the Catalog of Fishes. *Unpublished*, .dbf file.
- Castro, R., R. Durazo, A. Mascarenhas, C.A. Collins, A. Trasviña. 2006. Thermohaline variability and geostrophic circulation in the southern portion of the Gulf of California. *Deep Sea Res. 1*, 53: 188–200.
- Cepeda-Morales, J., E. Beier, G. Gaxiola-Castro, M. Lavín & V.M. Godínez. 2009. Effect of the oxygen minimum zone on the second chlorophyll maximum. *Ciencias Marinas*, 35: 389-403.
- Clancey, J.F. 1956. Contribution to the life history of the fish, *Bregmaceros atlanticus* Goode and Bean, from the Florida Current. *Bull. Mar. Sci.*, 6: 233-260.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 2001. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition, PRIMER-E: Plymouth.
- Cohen, D.M., T. Inada, T. Iwamoto & N. Scialabba. 1990. FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. *FAO Fish. Synop.* 125(10). Rome: FAO. 442 p.
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents; application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 726–738.
- Davies I.E. & E.G. Barham. 1969. The tucker opening-closing micronekton net and its performance in a study of the deep scattering layer. *Mar. Bio.*, 2: 127-131.
- Davies, S., L. Sánchez-Velasco, E. Beier, V.M. Godínez, E.D. Barton & A. Tamayo. 2015. Three-dimensional distribution of larval fish habitats in the shallow oxygen minimum zone in the eastern tropical Pacific Ocean off Mexico. *Deep Sea Res. 1*, 101: 118-129.

- De la Cruz Agüero, J., M. Arellano Martínez, V.M. Cota Gómez & G. de la Cruz-Agüero. 1997. Catálogo de los peces marinos de Baja California Sur. IPN-CICIMAR, La Paz, México. P. 346.
- Diaz, R.J. & R. Rosenberg. 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891): 926-929.
- Flores-Ortega J.R., E. Godínez-Domínguez, G. González-Sansón, J.A. Rojo-Vázquez, A.C. López-Prado & M.Y. Morales-Jauregui. 2013. Abundancia, distribución, hábitos alimentarios e interacciones tróficas de cinco especies de lenguados (Pleuronectiformes) en el Pacífico central mexicano. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 41(3): 423-439.
- Flores-Ortega J.R., E. Avila-Castro, H.J. Haro-Preciado & E. Godínez-Domínguez. 2014. Hábitos alimentarios e interacciones tróficas de *Anisotremus interruptus* (Pisces: Haemulidae) y *Lutjanus argentiventris* (Pisces: Lutjanidae) en el Pacífico Central Mexicano. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42(1): 276-282.
- Franco-Gordo, C., E. Suárez-Morales, E. Godínez-Domínguez & R. Flores-Vargas. 2001. A seasonal survey of the fish larvae community of the central pacific coast of Mexico. *B. Mar. Sci.* 68(3): 383-396.
- García-Reyes M. 2005. Procesos físicos que controlan la variabilidad estacional de la temperatura superficial del mar y de la concentración de clorofila en la entrada al Golfo de California. Dissertation, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 78 pp.
- Godínez, V.M., E. Beier, M.F. Lavín & J.A. Kurczyn. 2010. Circulation at the entrance of the Gulf of California from satellite altimeter and hydrographic observations. *J. Geophys. Res.*, 115(C4): C04007.
- Gómez-Gutiérrez, J., R. Funes-Rodríguez, K. Arroyo-Ramírez, C.A. Sánchez-Ortíz, J.R. Beltrán-Castro, S. Hernández-Trujillo, R. Palomares-García, O. Aburto-Oropeza & E. Ezcurra. 2014. Oceanographic mechanisms that possibly explain dominance of neritic-tropical zooplankton species assemblages around the Islas Mariás Archipelago, Mexico. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 42(5): 1009-1034.
- Govoni, J.J., D.E. Hoss & A.J. Chester. 1983. Comparative feeding of three species of larval fishes in the northern Gulf of Mexico: *Brevoortia patronus*, *Leiostomus xanthurus*, and *Micropogonias undulatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 13: 189-199.

- Hendrickx, M.E. & D. Serrano. 2010. Impacto de la zona de mínimo de oxígeno sobre los corredores pesqueros en el Pacífico mexicano. *Interciencia*, 35: 12-18.
- Hotelling, H. 1933. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *J. Educ. Psychol.*, 24(7): 498-520.
- Houde, E.D. 1981. Distribution and abundance of four types of codlet (Pices: Bregmacerotidae) larvae from the eastern Gulf of Mexico. *Biol. Oceanogr.*, 1: 81-104.
- Hunter, J.R. 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In: Lasker R. (Ed.), *Marine Fish Larvae: Morphology, Ecology and Relation to Fisheries*. Sea Grant Program. Seattle. 34-77.
- Hurlbert, S. H. 1978. The Measurement of Niche Overlap and Some Relatives. *Ecology*, 59: 67-77.
- Jenkins, G.P. 1987. Comparative diets, prey selection, and predatory impact of co-occurring larvae of two flounder species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 110: 47-170.
- Joos, F., G.K. Plattner, T.F. Stocker, A. Körtzinger, & D.W.R. Wallace. 2003b. Trends in marine dissolved oxygen: Implications for ocean circulation changes and the carbon budget. *EOS Trans. Am. Geophys. Union*, 84: 197-201.
- Kane, J. 1984. The feeding habits of co-occurring cod and haddock larvae from Georges Bank. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 16: 9-20.
- Keeling, R. & H. Garcia. 2002. The change in oceanic O<sub>2</sub> inventory associated with recent global warming. *Proc. U.S. Natl. Acad. Sci.*, 99: 7848-7853.
- Kendall, A.W.Jr., E.H. Alhstrom & H.G. Moser. 1984. Early life history of fishes and their characters. In: Moser, H.G., W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W.Jr. Kendall & S.L. Richardson (Eds.). *Ontogeny and systematics of Fishes*. *Am. Assoc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Pub.*, 1: 11-22.
- Kozak E.R., C. Franco-Gordo, E. Suárez-Morales & R. Palomares-García. 2014. Seasonal and interannual variability of the calanoid copepod community structure in shelf waters of the Eastern Tropical Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 507: 95-110.
- Kramer, D., M.J. Kalin, E.G. Stevens, J.R. Thraillkill & J.R. Zweifel. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current region. *NOAA Tech. Rep. NMFS CIRC-370*: 1-38.
- Krebs, C. 1989. *Ecological methodology*. Harper & Row, Nueva York, 550 p.

- Kurczyn, J.A., E. Beier, M.F. Lavin & A. Chaigneau. 2012. Mesoscale eddies in the northeastern Pacific tropical-subtropical transition zone: Statistical characterization from satellite altimetry. *J. Geophys. Res.*, 117, C10021.
- Laroche, J.L. 1982. Trophic patterns among larvae of five species of sculpins (family: Cottidae) in a Maine estuary. *Fish. Bull.*, 80: 827-840.
- Laurence, G.C., A.S. Smigielski, T.A. Halavik & B.R. Burns. 1981. Implications for direct competition between larval cod (*Gadusmorhua*) and haddock (*Melanogrammusaelefinus*) in laboratory growth and survival studies at different food densities. *Rapp. P-v Reun. Cons. Intern. Explor. Mer.*, 178: 304-311.
- Lavín, M.F., E. Beier, J. Gómez-Valdés, V.M. Godínez, & J. García. 2006. On the summer poleward coastal current off SW México. *Geophys. Res. Lett.*, 33: L02601.
- León-Chavez, C.A., E. Beier, L. Sánchez-Velasco, E.D. Barton & V. Godínez. 2015. Role of circulation scales and water mass distributions on larval fish habitats in the eastern tropical Pacific off Mexico. *J. Geophys. Res. Oceans*. DOI: 10.1002/2014JC010289
- Matsuura, Y., A.C. Silva-García, M. Katsuragawa, & K. Suzuki. 1993. Distribution and abundance of two species of codlet (Teleostei: Bregmacerotidae) larvae from the southeastern Brazilian. *Bight. Fish. Oceanogr.* 2(2): 82-90.
- Mead, G.W. 1963. Observations on fishes caught over the anoxic waters of the Cariaco Trench, Venezuela. *Deep Sea Res.*, 10: 251-257.
- Moser, H.G. (Ed.) 1996. The early stages of fishes in the California Current region. CalCOFI Atlas No. 33. Allen Press, Inc., Lawrence, Kansas, 1505 p.
- Pearson, K. 1901. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philos. Mag.*, 6(2): 559-572.
- Raymundo-Huizar, A.R., H. Pérez-España, M. Mascaró & X. Chiappa-Carrara. 2005. Feeding habits of the dwarf weakfish (*Cynoscion nannus*) off the coasts of Jalisco and Colima, Mexico. *Fish. Bull.*, 103: 453460.
- Reichart, G.L., L.J. Lourens & W.J. Zachariasse. 1998. Temporal variability in the northern Arabian Sea oxygen minimum zone (OMZ) during the last 225,000 years. *Paleoceanography*, 13: 607-621.

- Sánchez-Velasco L. & W. Norbis, 1997. Comparative diets and feeding habits of *Boops boops* and *Diplodus sargus* larvae, two sparid fishes co-occurring in the northwestern Mediterranean (May 1992). *B. Mar. Sci.*, 61(3): 821-835.
- Sánchez-Velasco L., I. Contreras-Arredondo, G. Esqueda-Escárcega. 1999. Diet composition of *Euthynnus lineatus* and *Auxis sp.* larvae (Pisces: Scombridae) in the Gulf of California. *Bull. Mar. Sci.*, 65: 687-698.
- Schoener, T.W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology*, 51: 408-418.
- Siordia-Cermeño, M.P., L. Sánchez-Velasco, M. Sánchez-Ramírez & M.C. Franco-Gordo. 2006. Variación temporal de la dieta de larvas de *Bregmaceros bathymaster* (Pisces: Bregmacerotidae) en las costas de Jalisco y Colima, México, durante un ciclo anual (1996). *Cienc. Mar.*, 32(1A): 13-21.
- Smilauer P. & Leps J. 2014. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO 5, 2nd edition. *Cambridge University Press*. 373 pp.
- Smith, P.E. & S.L. Richardson. 1979. Standards Techniques for pelagic fish egg and larvae survey. *FAO fish. Tech. Pap.*, 175. 100 pp.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 2012. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 4th edition. W. H. Freeman and Co. New York. 937 pp.
- Stevens, E.G. & H.G. Moser. 1996. Bregmacerotidae: codlets. 477-481. En: Moser H.G. (Ed.). The early stages of fishes in the California Current region. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CalCOFI) Atlas No. 33.
- Stramma, L., G.C. Johnson, J. Sprintall & V. Mohrholz. 2008. Expanding Oxygen-Minimum Zones in the Tropical Oceans. *Science*, 320: 655-659.
- ter-Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 60-71.
- UNESCO. 1984. La escala de salinidades prácticas de 1978 y la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980. Documentos técnicos de la UNESCO sobre el mar 36. Paris, France. 25 pp.
- UNESCO. 1991. Processing of oceanographic station data, JPOTS ed. UNESCO Technical Papers in Marine Science. Paris, France. 138 pp.

- Wilson, D.F. 1972. Diel migration of sound scatters into, and out of, the Cariaco Trench anoxic water. *J. Mar. Res.*, 30: 168-176.
- Wirtky, K. 1965. Surface currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna. Comm. Bull.*, 10(5): 269:304.
- Young JW, Davis TL. 1992. Feeding ecology and interannual variations in diet of larval jack mackerel, *Trachurus declivis* (Pisces: Carangidae), from coastal waters of eastern Tasmania. *Mar. Biol.*, 113: 11–20.
- Zamudio, L., H.E. Hurlburt, E.J. Metzger & C.E. Tilburg. 2007. Tropical wave-induced oceanic eddies at Cabo Corrientes and the Maria Islands, Mexico, *J. Geophys. Res.*, 112(C5): C05048.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. 4th ed. *Prentice Hall*, New Jersey, 718pp.

## ANEXOS

Anexo 1. Abundancia general (número de larvas/10m<sup>2</sup>) de larvas de *Bregmaceros bathymaster* por estación y estrato de muestreo durante el crucero GOLCA1204. Capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).

	B01	B04	B07	B10	B13	E11	E13	E15	E17	E19	E21	E23	E25	E27	E29	E31	E33	E35	E37	TOTAL
<b>CM</b>	5	0	0	2	0	0	0	0	0	69	0	19	0	102	105	0	6	656	345	1309
<b>T</b>	0	0	0	0	0	13	13	0	15	105	32	62	20	304	558	421	499	461	4690	7193
<b>ZH</b>	2	0	16	11	0	0	9	0	2	4	199	38	42	294	24	567	12529	1965	774	16476

Anexo 2. Abundancia (número de larvas/10m<sup>2</sup>) de larvas de *Bregmaceros bathymaster* en estadio de preflexión por estación y estrato de muestreo durante el crucero GOLCA1204. Capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).

	B01	B04	B07	B10	B13	E11	E13	E15	E17	E19	E21	E23	E25	E27	E29	E31	E33	E35	E37	TOTAL
<b>CM</b>	5	0	0	2	0	0	0	0	0	69	0	19	0	79	98	0	6	483	308	1069
<b>T</b>	0	0	0	0	0	9	10	0	11	102	32	62	13	258	507	407	458	259	4283	6412
<b>ZH</b>	0	0	0	0	0	0	9	0	1	4	168	38	36	243	24	402	11844	1515	689	14973

Anexo 3. Abundancia (número de larvas/10m<sup>2</sup>) de larvas de *Bregmaceros bathymaster* en estadio de flexión por estación y estrato de muestreo durante el crucero GOLCA1204. Capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).

	B01	B04	B07	B10	B13	E11	E13	E15	E17	E19	E21	E23	E25	E27	E29	E31	E33	E35	E37	TOTAL
<b>CM</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	7	0	0	0	20	50
<b>T</b>	0	0	0	0	0	4	3	0	2	2	0	0	8	43	50	14	11	49	150	336
<b>ZH</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	6	51	0	89	223	150	36	575

Anexo 4. Abundancia (número de larvas/10m<sup>2</sup>) de larvas de *Bregmaceros bathymaster* en estadio de postflexión por estación y estrato de muestreo durante el crucero GOLCA1204. Capa de mezcla (CM), termoclina (T) y zona de hipoxia (ZH).

	B01	B04	B07	B10	B13	E11	E13	E15	E17	E19	E21	E23	E25	E27	E29	E31	E33	E35	E37	TOTAL
<b>CM</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173	17	190
<b>T</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	30	154	257	445
<b>ZH</b>	2	0	16	11	0	0	0	0	1	0	10	0	0	0	0	76	462	300	50	928

Anexo 5. Tabla de resultados del análisis de diversidad de Shannon-Wiener y de riqueza de Margalef con la media, desviación estándar, máximo y mínimo general, por estadio de desarrollo y por estrato.

		<b>Shannon-Wiener</b>				<b>Margalef</b>			
		<b>Media</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>Max.</b>	<b>Min.</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>Max.</b>	<b>Min.</b>
<b>General</b>	<b>General</b>	0.2	0.4	1.6	0.0	0.3	0.6	2.2	0.0
	<b>Preflexión</b>	0.1	0.3	1.1	0.0	0.2	0.4	1.8	0.0
<b>Estadio</b>	<b>Flexión</b>	0.2	0.3	1.4	0.0	0.3	0.6	2.2	0.0
	<b>Postflexión</b>	0.3	0.4	1.6	0.0	0.5	0.7	2.2	0.0
	<b>CM</b>	0.2	0.3	1.3	0.0	0.2	0.5	1.9	0.0
<b>Estrato</b>	<b>T</b>	0.2	0.4	1.4	0.0	0.4	0.6	2.2	0.0
	<b>ZH</b>	0.2	0.3	1.6	0.0	0.3	0.5	2.2	0.0

Anexo 6a. Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de *Bregmaceros bathymaster*, en el estadio de preflexión por estrato de muestreo durante abril del 2012.

<b>Preflexión</b>						
<b>Capa de Mezcla</b>						
	<b>N</b>	<b>%N</b>	<b>FO</b>	<b>%FO</b>	<b>IIR</b>	<b>%IIR</b>
<i>Paracalanus spp.</i>	37	42.53	30	45.45	1933.12	71.52
<i>Oncaea spp</i>	15	17.24	13	19.70	339.60	12.56
<b>Nauplio</b>	12	13.79	9	13.64	188.09	6.96
<i>Penilia avirostris</i>	10	11.49	8	12.12	139.32	5.15
<b>Copepodito</b>	5	5.75	5	7.58	43.54	1.61
<b>Restos de quitina</b>	5	5.75	5	7.58	43.54	1.61
<i>Clausocalanus spp.</i>	3	3.45	3	4.55	15.67	0.58
	87	100	66		2702.89	100
<b>Termoclina</b>						
<i>Clausocalanus spp.</i>	63	29.44	51	37.78	1112.15	44.91
<b>Nauplio</b>	50	23.36	36	26.67	623.05	25.16
<i>Penilia avirostris</i>	40	18.69	31	22.96	429.21	17.33
<i>Paracalanus spp.</i>	23	10.75	21	15.56	167.19	6.75
<b>Copepodito</b>	17	7.94	16	11.85	94.15	3.80
<i>Oncaea spp.</i>	14	6.54	9	6.67	43.61	1.76
<b>Dinoflagelado</b>	4	1.87	3	2.22	4.15	0.17
<b>Restos de quitina</b>	3	1.40	3	2.22	3.12	0.13
	214	100	135		2476.64	100
<b>Zona de Hipoxia</b>						
<b>Restos de quitina</b>	8	88.89	8	88.89	7901.23	98.46
<b>Copepodito</b>	1	11.11	1	11.11	123.46	1.54
	9	100	9		8024.69	100

Anexo 6b. Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de *Bregmaceros bathymaster*, en el estadio de flexión por estrato de muestreo durante abril del 2012.

<b>Flexión</b>						
<b>Capa de Mezcla</b>						
	<b>N</b>	<b>%N</b>	<b>FO</b>	<b>%FO</b>	<b>IIR</b>	<b>%IIR</b>
<i>Paracalanus spp.</i>	3	100	3	100	10000	100
	3	100	3		10000	100
<b>Termoclina</b>						
<i>Clausocalanus spp.</i>	25	43.86	17	51.52	2259.44	51.58
<i>Penilia avirostris</i>	19	33.33	17	51.52	1717.17	39.20
<i>Paracalanus spp.</i>	9	15.79	8	24.24	382.78	8.74
<i>Calanus spp.</i>	1	1.75	1	3.03	5.32	0.12
Espermatóforo	1	1.75	1	3.03	5.32	0.12
<i>Oncaea spp.</i>	1	1.75	1	3.03	5.32	0.12
<i>Subeucalanus spp.</i>	1	1.75	1	3.03	5.32	0.12
	57	100	33		4380.65	100
<b>Zona de Hipoxia</b>						
<i>Clausocalanus spp.</i>	57	43.18	32	42.67	1842.42	58.93
<i>Penilia avirostris</i>	32	24.24	27	36.00	872.73	27.92
<i>Paracalanus spp.</i>	19	14.39	17	22.67	326.26	10.44
Copepodito	6	4.55	5	6.67	30.30	0.97
<i>Oncaea spp.</i>	5	3.79	5	6.67	25.25	0.81
Restos de quitina	3	2.27	3	4.00	9.09	0.29
<i>Subeucalanus spp.</i>	3	2.27	3	4.00	9.09	0.29
Nauplio	4	3.03	2	2.67	8.08	0.26
<i>Acartia spp.</i>	1	0.76	1	1.33	1.01	0.03
<i>Calanus spp.</i>	1	0.76	1	1.33	1.01	0.03
<i>Corycaeus spp.</i>	1	0.76	1	1.33	1.01	0.03
	132		75		3126.26	

Anexo 6c. Porcentajes y valores absolutos en número (N), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR) del espectro trófico de *Bregmaceros bathymaster*, en el estadio de postflexión por estrato de muestreo durante abril del 2012.

<b>Postflexión</b>						
<b>Capa de Mezcla</b>						
	<b>N</b>	<b>%N</b>	<b>FO</b>	<b>%FO</b>	<b>IIR</b>	<b>%IIR</b>
<i>Subeucalanus</i> spp.	32	53.33	17	77.27	4121.21	79.88
<i>Paracalanus</i> spp.	9	15.00	6	27.27	409.09	7.93
Restos de quitina	6	10.00	6	27.27	272.73	5.29
Huevo	6	10.00	5	22.73	227.27	4.41
<i>Oncaea</i> spp.	5	8.33	3	13.64	113.64	2.20
<i>Clausocalanus</i> spp.	1	1.67	1	4.55	7.58	0.15
<i>Corycaeus</i> spp.	1	1.67	1	4.55	7.58	0.15
	60	100	22		5159.09	100
<b>Termoclina</b>						
<i>Clausocalanus</i> spp.	42	44.68	22	61.11	2730.50	61.93
<i>Paracalanus</i> spp.	18	19.15	17	47.22	904.26	20.51
<i>Subeucalanus</i> spp.	15	15.96	13	36.11	576.24	13.07
Restos de quitina	5	5.32	5	13.89	73.88	1.68
<i>Calanus</i> spp.	4	4.26	4	11.11	47.28	1.07
<i>Oncaea</i> spp.	4	4.26	4	11.11	47.28	1.07
Espermatóforo	2	2.13	2	5.56	11.82	0.27
<i>Oithona</i> spp.	2	2.13	2	5.56	11.82	0.27
Huevo	1	1.06	1	2.78	2.96	0.07
<i>Penilia avirostris</i>	1	1.06	1	2.78	2.96	0.07
	94	100	36		4408.98	100
<b>Zona de Hipoxia</b>						
<i>Clausocalanus</i> spp.	59	41.26	41	46.07	1900.68	63.83
<i>Paracalanus</i> spp.	32	22.38	29	32.58	729.16	24.49
<i>Subeucalanus</i> spp.	18	12.59	15	16.85	212.15	7.12
<i>Oncaea</i> spp.	9	6.29	8	8.99	56.57	1.90
<i>Penilia avirostris</i>	6	4.20	6	6.74	28.29	0.95
Restos de quitina	5	3.50	5	5.62	19.64	0.66
Copepodito	6	4.20	4	4.49	18.86	0.63
<i>Calanus</i> spp.	4	2.80	3	3.37	9.43	0.32
<i>Acrocalanus</i> spp.	2	1.40	1	1.12	1.57	0.05
Calanoida	1	0.70	1	1.12	0.79	0.03
Huevo	1	0.70	1	1.12	0.79	0.03
	143	100	89		2977.92	100