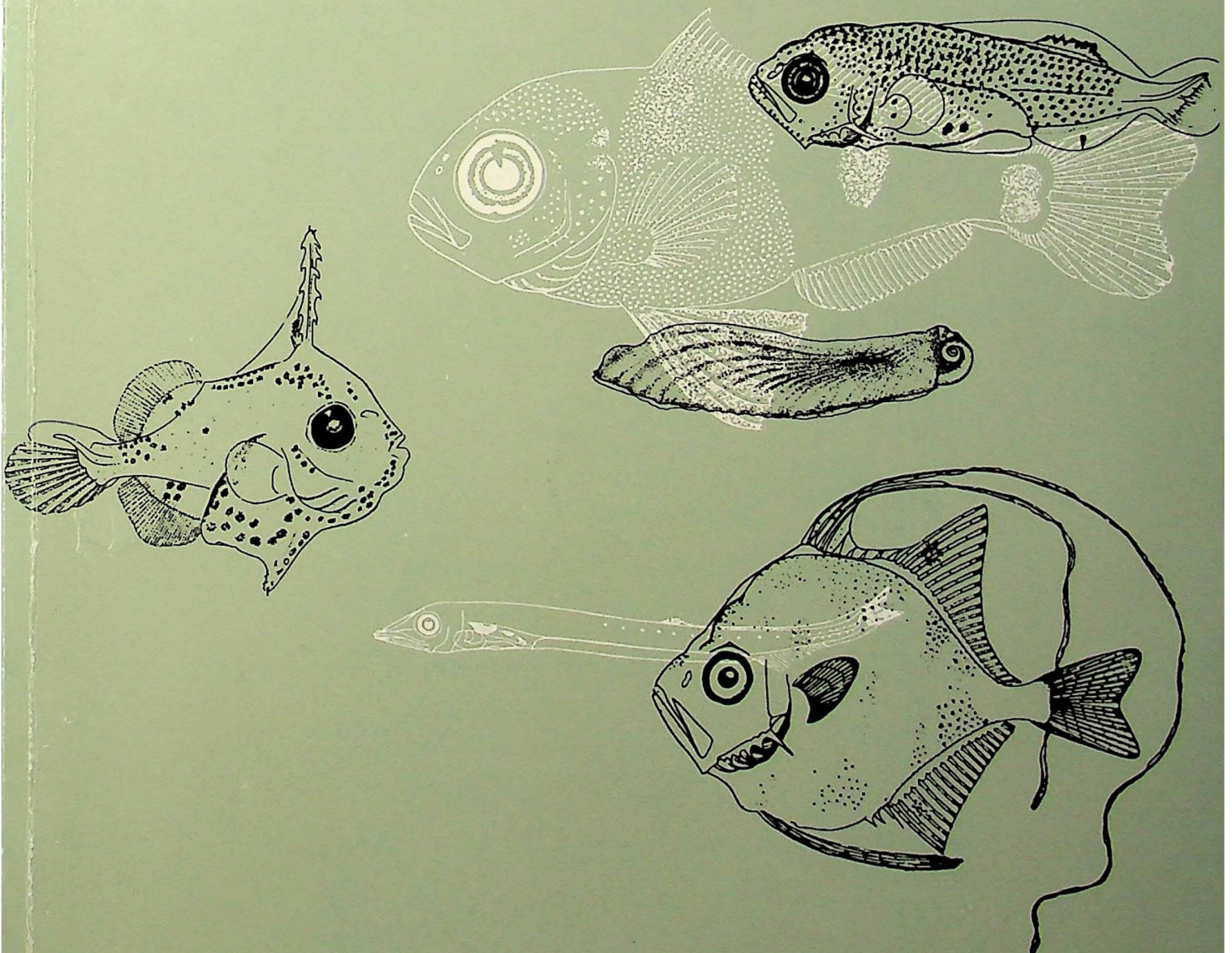


Biología Pesquera

PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA DE CHILE

N° 13



COMITE EDITOR

Dr. Juan Carlos Castilla Z.
Facultad de Cs. Biológicas
Santiago.

Dr. Patricio Bernal P.
Sede Talcahuano
Talcahuano.

Dr. Tarsicio Antezana J.
Universidad de Concepción
Concepción, CHILE.

Sr. Fernando Balbontín C.
Universidad de Valparaíso
Valparaíso, CHILE.

Dr. Jorge Csirke
FAO.
Roma, ITALIA.

Dr. Ricardo Galleguillos G.
Pont. Univ. Católica de Chile
Talcahuano, CHILE.

Dr. Pablo Lagos
Instituto Geofísico del Perú
Lima, PERU.

Sr. José Orensaz M.
University of Washington
Seattle, USA.

Dr. Mario Silva O.
Universidad de Concepción
Concepción, CHILE.

Sr. Julio Valdivia G.
Instituto del Mar del Perú
Callao, PERU.

Dr. Bernabé Santelices
Facultad de Cs. Biológicas
Santiago.

Dr. Alberto Arrizaga M.
Sede Talcahuano
Talcahuano.

COMITE ASESOR

Sr. Patricio Arana E.
Univ. Católica de Valparaíso
Valparaíso, CHILE.

Dr. Ray Beverton
Dept. Applied Biology
University of Wales
Cardiff, Wales, U.K.

Sr. Tomás Fonseca F.
Univ. Católica de Valparaíso
Valparaíso, CHILE.

Dr. Vincent Gallucci
University of Washington
Seattle, USA.

Dr. Reuben Lasker
National Marine Fisheries
Service, NOAA.
La Jolla, California, USA.

Dr. Trevor Platt
Marine Ecology Laboratory
Bedford Institute of Oceanography
Darmouth, N.S. CANADA.

Dra. Mia Tegner
Scripps Institution of
Oceanography
University of California
La Jolla, California, USA.

Sra. Irma Vila P.
Universidad de Chile
Santiago, CHILE.

Prof. Nicolás Rozbaczylo
Facultad de Cs. Biológicas
Santiago.

Dr. Eduardo Tarifeño S.
Sede Talcahuano
Talcahuano.
Editor Jefe.

Sr. Nibaldo Bahamonde N.
Universidad de Chile
Santiago, CHILE.

Sr. Italo Camposónico G.
Instituto de Fomento Pesquero
Punta Arenas, CHILE.

Dr. Víctor A. Latorre
Universidad de Concepción
Concepción, CHILE.

Dr. Roberto Jiménez S.
Instituto Nacional de Pesca
Guayaquil, ECUADOR.

Dr. Jack Mac Lachlan
National Research Council
Halifax, N.S. CANADA.

Dr. Pedro Ripa
C.I.C.E.S.E.
Ensenada, MEXICO.

Mr. Patrick Tomlinson
Comisión Internacional del
Atún Tropical
La Jolla, California, USA.

Dr. José Antonio Pereiro
Instituto Español de
Oceanografía
Madrid, ESPAÑA.

Director Responsable:

Sr. Homero Larraín L.
Director Sede Talcahuano
Pontificia Universidad Católica de Chile

Director Subrogante:

Dr. Jorge Lewin C.
Decano Facultad de Ciencias Biológicas
Pontificia Universidad Católica de Chile

© Pontificia Universidad Católica de Chile. 1984. ISSN N° 0067-8767
Toda solicitud de canje, compra y correspondencia en general debe ser dirigida a:

Editor Jefe
BIOLOGIA PESQUERA
Pontificia Universidad Católica de Chile
Sede Talcahuano
Casilla 127 - Talcahuano
CHILE.

DISEÑO PUBLICIDAD UNIVERSITARIA U.C.

Biología Pesquera

BIOLOGIA PESQUERA es una revista que en el ámbito regional latinoamericano tiene por objeto publicar los resultados de investigaciones biológicas, ecológicas, limnológicas, oceanográficas y de ingeniería, orientadas a incrementar las bases científicas para el manejo y utilización de los recursos acuáticos vivos. Se publicarán preferentemente trabajos referidos al Océano Pacífico Sur Oriental y Océano Austral (Antártica). Los idiomas de publicación son español e inglés.

La responsabilidad de la gestión editorial de **BIOLOGIA PESQUERA**, recae en forma conjunta en el Departamento de Biología y Tecnología del Mar de la Sede de Talcahuano y en el Departamento de Biología Ambiental y Poblaciones de la Sede Santiago.

BIOLOGIA PESQUERA, is a Journal that in the Latin-American region has the purpose of publishing results either from biological, ecological, limnological, oceanographic or engineering research, oriented to increase the scientific bases for the management and exploitation of aquatic living resources. The Journal will give priority to manuscripts referring to both, The Southeastern Pacific and Antarctic Oceans. Submission of papers can be made in Spanish or English. The managing editorship of **BIOLOGIA PESQUERA** is a joint effort by the Departamento de Biología y Tecnología del Mar (Talcahuano Campus) and the Departamento de Biología Ambiental y Poblaciones (Santiago Campus).



EDICIONES UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

NOTA DEL EDITOR

A partir del presente número, la Pontificia Universidad Católica de Chile se hace cargo de la edición y publicación de **BIOLOGIA PESQUERA**, revista científica publicada por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) de Chile, desde 1961. La responsabilidad de la gestión editorial de **BIOLOGIA PESQUERA**, recae en forma conjunta en el Departamento de Biología y Tecnología del Mar de la Sede Talcahuano y en el Departamento de Biología Ambiental y Poblaciones de la Sede Santiago. Con esta acción, la Pontificia Universidad Católica de Chile realiza su gran interés por el desarrollo de las ciencias del mar, reflejado ya en el alto nivel que han alcanzado las actividades de investigación y docencia en las ciencias del mar en sus Sedes de Santiago y Talcahuano.

La Pontificia Universidad Católica de Chile ofrece este vehículo de comunicación a toda la comunidad científica latinoamericana, como un instrumento que contribuya a elevar los niveles de trabajo en las ciencias del mar por medio de la difusión de resultados originales sujetos al rigor del escrutinio editorial anónimo.

BIOLOGIA PESQUERA es una revista que tiene por objeto publicar los resultados de investigaciones biológicas, ecológicas, limnológicas, oceanográficas y de ingeniería, orientadas a incrementar las bases científicas para el manejo y utilización de los recursos acuáticos vivos. Se publicarán preferentemente trabajos referidos al Océano Pacífico Sur Oriental y Océano Austral (Antártica). Los idiomas de publicación son español e inglés.

La decisión de continuar con **BIOLOGIA PESQUERA** se tomó en base a su antigüedad y tradición como publicación científica nacional y latinoamericana. Sin embargo, se ha considerado oportuno introducir un cambio cualitativo en su política editorial al ampliar su marco temático incluyendo trabajos en las diferentes disciplinas fundamentales que convergen en las ciencias del mar, sin otra restricción que la de "aportar conocimientos para un mejor manejo y utilización de los recursos acuáticos vivos". Junto con ello, se ha establecido un Comité Asesor, constituido por especialistas tanto nacionales, latinoamericanos y de otras regiones del mundo, que actuarán como revisores de los trabajos enviados para publicación.

Con estas innovaciones y el respaldo institucional de la Pontificia Universidad Católica de Chile, pretendemos otorgar a **BIOLOGIA PESQUERA** la continuidad de publicación y los niveles de calidad necesarios para que se transforme en un eficaz canal de comunicación científica a nivel internacional.

Talcahuano, Diciembre de 1984

NOTE FROM THE EDITOR

As from this issue, the Pontificia Universidad Católica de Chile assumes the scientific journal **BIOLOGIA PESQUERA**, which was published since 1961 by the Servicio Nacional de Pesca (SERNAP), Chile. The managing editorship of **BIOLOGIA PESQUERA** is a joint effort by the Departamento de Biología y Tecnología del Mar (Talcahuano Campus) and the Departamento de Biología Ambiental y Poblaciones (Santiago Campus).

With this action the Pontificia Universidad Católica de Chile emphasizes its dedication to the development of the marine sciences, as is shown by the high standards in research and teaching in the marine sciences which has been achieved in its Santiago and Talcahuano Campuses.

The Pontificia Universidad Católica de Chile offers this journal to the scientific community of Latin-America as an instrument for contributing to raise the standards of work in marine sciences, by means of disseminating original results under the demands of editorial "peer review".

BIOLOGIA PESQUERA, is a journal that has the purpose of publishing results either from biological, ecological, limnological oceanographic or engineering research, oriented to increase the scientific bases for the management and exploitation of aquatic living resources. The journal will give priority to manuscripts referring to both, the Southeastern Pacific and Antarctic Oceans. Submission of papers can be made in either Spanish or English.

The decision of continuing with **BIOLOGIA PESQUERA** was based upon its more than twenty years of life and tradition as a scientific journal. However, it was felt that a qualitative change in its editorial policies was necessary. This was implemented by broadening the scope of the journal to the different fundamental sciences that coalesce into the marine sciences, with the only restriction that they have to contribute to "increase the scientific bases for the management and exploitation of aquatic living resources". In addition an Advisory Editorial Committee has been appointed, whose members will act as referees for the papers submitted for publication. This Committee is composed by specialists from Chile, the Latin-American region and other countries of the world.

With these changes and with the institutional backing of the Pontificia Universidad Católica de Chile, we hope to give **BIOLOGIA PESQUERA** the continuity of publication and the standards of quality needed that could transform it into an efficient medium for international scientific communication.

Talcahuano, December 1984

NOTA DEL EDITOR

Distribución de clorofila y condiciones oceanográficas superficiales frente a Chile central (Latitudes 32°S - 38°S, Febrero 1982). Surface chlorophyll distribution and oceanographic conditions off the Central Coast of Chile (32° - 38° Lat. S, February 1982).
Dagoberto F. Arcos y Marco A. Salamanca 5-14

Inversión térmica costera y su relación con los eventos de surgencia. Subsurface thermal inversion and its relation with coastal upwelling.
Tomás R. Fonseca 15-22

Una aproximación ecológica al estudio del parasitismo en el "congrío negro" *Genypterus maculatus* (Tschudi) (Pisces: Ophidiidae). An ecological approach to the study of parasitism in the "black conger-eel" *Genypterus maculatus* (Tschudi) (Pisces: Ophidiidae).
Mario George-Nascimento y Briant Huet 23-30

Parasitismo de juveniles de copépodos caligoideos sobre larvas de peces en Bahía de Coliumo (36°32'S, 75°57'W), Chile. Parasitism by juvenile caligoid copepods on fish larvae in Coliumo Bay (36°32'S; 75°57'W) Chile.
Guillermo Herrera 31-38

Vertical distribution and composition of ichthyoplankton and invertebrate zooplankton assemblages in the Eastern Tropical Pacific. Distribución vertical y composición de las agrupaciones de ictioplancton y zooplancton de invertebrados en el Pacífico Tropical Oriental.
Valerie J. Loeb and J.A. Nichols 39-66

NOTAS

Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador de masas de agua (ERFEN IV). Phytoplankton from the Colombian Pacific as indicator of water masses (ERFEN IV).
Francisco A. Castillo 67-70

Distribución de la materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción. Distribution of the organic matter, organic carbon, organic nitrogen and total phosphorus in recent sediment of Concepción Bay.
Anny Rudolph, Ramón Ahumada y Sergio Hernández 71-82

DISTRIBUCION DE CLOROFILA Y CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS SUPERFICIALES FRENTE A CHILE CENTRAL (LATITUDES 32°S - 38°S, Febrero 1982).

SURFACE CHLOROPHYLL DISTRIBUTION AND OCEANOGRAPHIC CONDITIONS OFF THE CENTRAL COAST OF CHILE (32° - 38° LAT. S, FEBRUARY 1982).

Dagoberto F. Arcos* y Marco A. Salamanca *

RESUMEN

Se presenta la distribución superficial de temperatura, salinidad, densidad (Sigma - T) y abundancia fitoplanctónica expresada como $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$, observada durante febrero de 1982 en el Pacífico Suroriental en el sector comprendido entre los 32°S y 38°S frente a la costa de Chile central.

Se delimita una zona de influencia de aguas provenientes de afloramientos costeros entre Punta Roncura y Punta Lavapié, zona que es caracterizada por una temperatura inferior a 16°C; salinidad mayor a 34,3; densidad (Sigma - T) mayor a 25,5 y una concentración de pigmento fitoplanctónico mayor a 20 $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$.

Considerando que el área de influencia del afloramiento costero tiene una superficie aproximada de 16.000 km^2 y tomando en cuenta un promedio de 13 $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$, el área representaría una producción primaria de 0,45 $\text{gCm}^{-3} \text{ d}^{-1}$, el cual se encuentra en el rango de los valores promedios informados previamente para la costa norte de Chile como también para la región de afloramiento frente a Perú.

ABSTRACT

The surface oceanographic condition, temperature, salinity, density (Sigma - T) and phytoplankton abundance as $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ were observed in the Southeastern Pacific Ocean off the coast of Central Chile (32°S - 38°S) during February, 1982.

The results showed an extensive area of upwelled waters between Punta Roncura and Punta Lavapié, characterized by a temperature less than 16°C, salinity greater than 34,3, density (Sigma-T) greater than 25.5 and a phytoplankton biomass greater than 20 $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$.

The area of upwelled waters is of approximately 16,000 km^2 with an average of 13 $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ which would represent a primary production of 0,45 $\text{gC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$. This value is in agreement with those previously reported for the northern coast of Chile and for the upwelling areas off Perú.

INTRODUCCION

Las observaciones de la biomasa fitoplanctónica en aguas del Pacífico Suroriental frente al litoral chileno son escasas y esporádicas. En particular, en el sector comprendido entre los 32°S y los 38°S existe sólo una referencia de la abundancia fitoplanctónica para parte de este sector y en período invernal. Algunas expediciones extranjeras y nacionales (i.e., Shoyo Maru, 1964; Anton Bruun, 1965-1966; Mar Chile V, 1965; Mar Chile VII, 1967 *vide* Ramírez *et al.* 1975) han reali-

zando observaciones de abundancia fitoplanctónica en diversos puntos del litoral chileno que por las características de las expediciones, i.e., gran escala del área de estudio y distanciamiento entre las observaciones no hace posible inferir un cuadro de distribución de la biomasa fitoplanctónica con cierta resolución para áreas específicas del litoral.

Ramírez *et al.* (1975) informan de los resultados de biomasa pigmentaria obtenidos en cuatro perfiles verticales durante la expe-

*Departamento de Oceanología, Universidad de Concepción, Casilla 2407, Concepción, Chile.

dición Mar Chile VIII realizada entre los 18°S y 33°S en Agosto de 1972. IFOP (1979) informa de la biomasa fitoplanctónica observada entre los 33°S y 37°S en seis perfiles verticales hasta una distancia de 40 millas desde la costa en Junio - Julio, 1979. En esta oportunidad un foco relativamente alto de biomasa fitoplanctónica fue encontrado en la sección vertical hecha frente a Punta Nugurúe, cuya extensión latitudinal y longitudinal no fue establecida.

El presente trabajo pretende hacer un análisis de la distribución superficial de biomasa fitoplanctónica y de las condiciones oceanográficas superficiales frente a la costa de Chile central con datos obtenidos durante un crucero de avistamiento de cetáceos en febrero, 1982, período en el cual los afloramientos costeros se manifiestan con mayor intensidad.

MATERIALES Y METODOS

El crucero se realizó entre el 1° y el 15 de febrero de 1982 con el buque pesquero de alta mar JUAN 8°, abarcando un área que se extiende entre Punta Los Vilos por el norte (32°S) e Isla Mocha por el Sur (38°S) y hasta los 75° Longitud Oeste (Figura 1).

Se recolectó un total de 145 muestras, todas superficiales y realizadas entre las 8 AM y las 8 PM. Las muestras fueron obtenidas cada hora, estimándose la posición del buque en ese momento mediante un sistema de navegación por satélite Furuno. En cada punto se midió la temperatura, salinidad y la concentración de pigmento fitoplanctónico. Además se registró la dirección y velocidad del viento, presión atmosférica y temperatura del aire utilizando el instrumental del buque.

El agua necesaria para los análisis fue extraída mediante el sistema de bombas del buque, el cual estuvo continuamente funcionando durante el período de observaciones diarias, i.e., 8 AM - 8 PM. Desde este sistema se obtuvo cada hora una cantidad de agua adecuada para realizar las observaciones de temperatura, salinidad y filtración para determinar la biomasa fitoplanctónica. La temperatura se midió con un termómetro Kurt Gohla de 0.01°C de precisión y una cantidad adecuada de agua fue guardada para las determinaciones posteriores de salinidad. Estas

se realizaron en el laboratorio costero de Dichato, Universidad de Concepción, mediante un salinómetro de inducción Beckman modelo RS7C. El procedimiento de filtrado consistió en filtrar un volumen de agua lo suficiente para dar un color ligeramente verde al filtro y al final de la filtración, se le agregó una cantidad de carbonato de magnesio. Posteriormente el volumen de agua filtrado fue medido mediante una probeta graduada y registrado para cada muestra. Los filtros fueron guardados en frío y a la obscuridad para procesarlos una vez finalizado el crucero.

En el laboratorio el extracto cetónico fue hecho en frío por 48 horas siguiendo el método y recomendaciones de SCOR Unesco (1966) y Strickland y Parsons (1972). El sobrenadante fue leído en un espectrofotómetro Spectronic 21 modelo UVD en celdas de 1 cm de paso de luz. Con los valores de extinción se calculó la concentración de clorofila *a* m^{-3} según la fórmula de SCOR Unesco (1966).

Usando los valores de temperatura y salinidad para cada localidad se calculó la densidad del agua de mar expresada como Sigma-T con el propósito de ayudar a la identificación de las aguas afloradas. Cartas de distribución superficial fueron preparadas para cada uno de los parámetros observados, i.e., temperatura, salinidad, clorofila *a* y densidad. Con el objeto de tener una estimación aproximada de la producción primaria del área se siguió el procedimiento dado por Guillén *et al.* (1977) y asumiendo una relación carbón: clorofila de 35: 1 dada por Ryther y Menzel (1965).

RESULTADOS

Condiciones Meteorológicas

Durante el período del crucero, las condiciones meteorológicas correspondieron a una situación estable del anticiclón del Pacífico Suroriental, el que regula la dirección de los vientos asociados. Los vientos predominantes fueron los del Sur y Sur Oeste, con una velocidad promedio entre 10 y 15 nudos y con máximos de hasta 25 nudos (Figura 2). La presión atmosférica varió entre 1009 y 1018 mb y la temperatura del aire entre 15°C y 23°C. La mayor parte del crucero se presentó con nubosidad baja durante la mañana despegando antes de medio día.

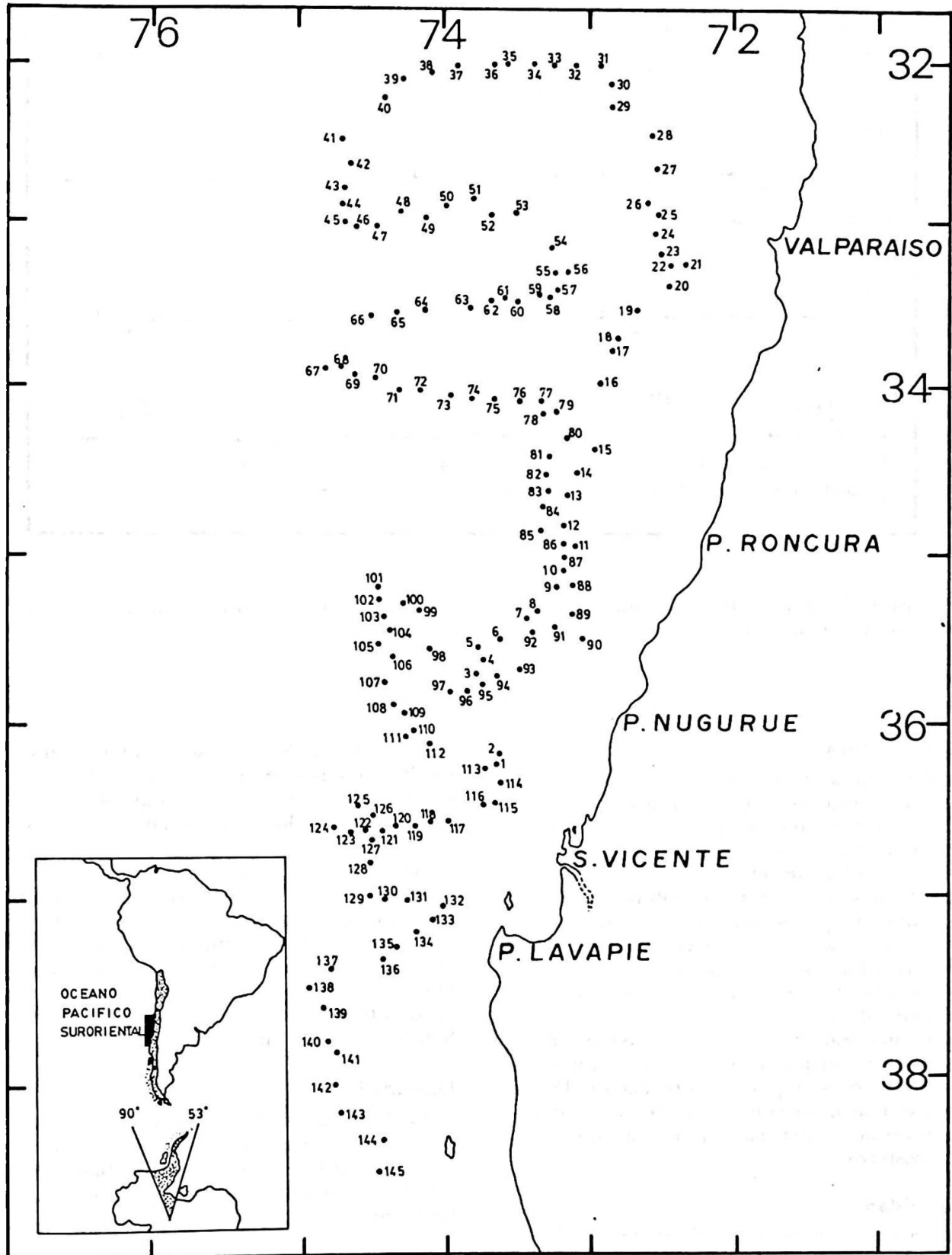


Figura 1. Area de estudio. Los puntos señalan la posición de cada muestreo superficial durante el crucero.

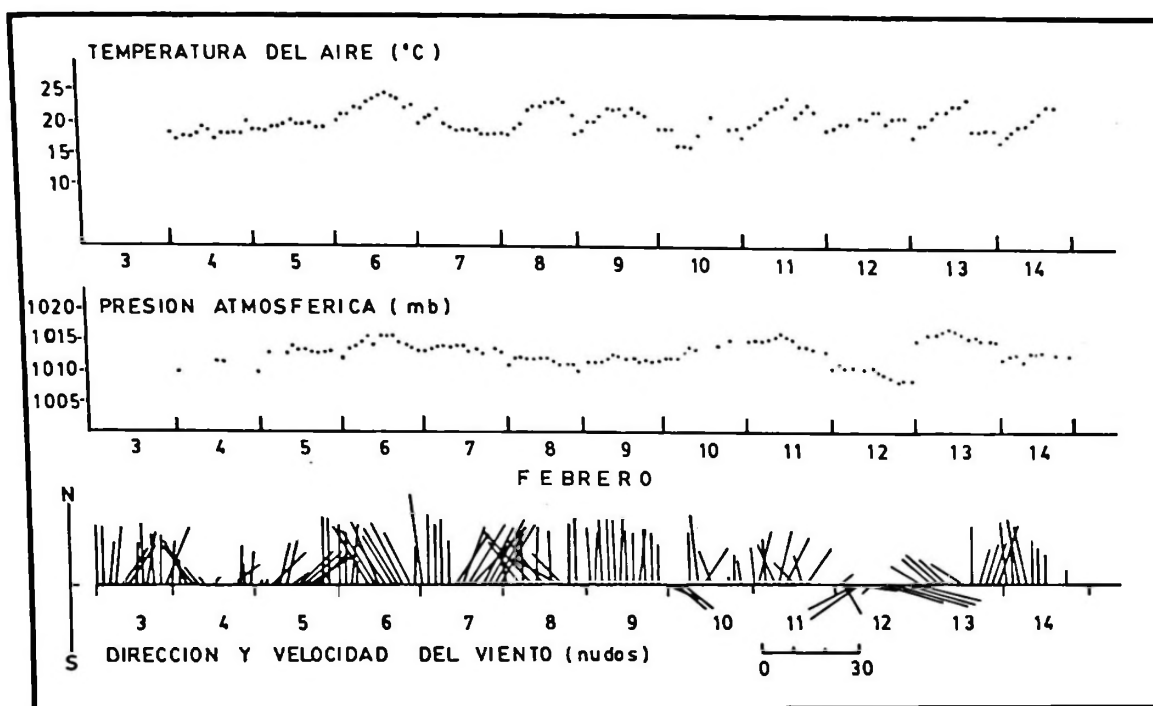


Figura 2. Condiciones meteorológicas durante el crucero. Temperatura del aire, presión atmosférica y dirección y velocidad del viento.

Temperatura

En el área estudiada se encontró que los valores más altos de temperatura i.e., 19°C, se localizaron en el sector norte del crucero frente a Valparaíso y hacia el Oeste (Figura 3). Un sector de aguas comparativamente más frías se detectaron entre Punta Roncura y Punta Lavapié, sector donde la isoterma de 16°C tiende a cerrarse hacia la costa. Al Sur de Punta Lavapié la temperatura se presentó relativamente homogénea, con valores de alrededor de 18°C.

En general las isotermas tienden a tomar una dirección paralela a la costa, situación que es señalada por la isoterma de 18°C, siendo más notoria esta característica en los sectores no influenciados por los afloramientos costeros.

Salinidad

La distribución superficial de salinidad presentó una variación entre valores mayores a 34,3‰ cercanos a la costa y en el sector entre Punta Roncura y Punta Lavapié y valo-

res menores de 33,8‰ hacia el Oeste y el sur de Punta Lavapié (Figura 4). Al norte de Punta Roncura y frente a Valparaíso la salinidad presentó valores homogéneos entre 34,2 y 34,3‰.

Al igual que la temperatura, la distribución superficial de salinidad muestra un patrón complejo y una configuración similar a la descrita para la temperatura. Frente al Golfo de Arauco las isohalinas tienden a cerrarse sobre la costa, indicando un fuerte gradiente de salinidad en el sector frente a San Vicente y Punta Lavapié.

Densidad

La distribución de densidad expresada como Sigma - T nos indica claramente un sector de aguas más densas en superficie y cercanas a la costa con valores mayores de 25,5 los cuales coinciden con el sector de aguas con relativa baja temperatura y comparativamente alta salinidad (Figura 5). Al Oeste de esta área, los valores de densidad de las aguas superficiales disminuyeron paulatinamente

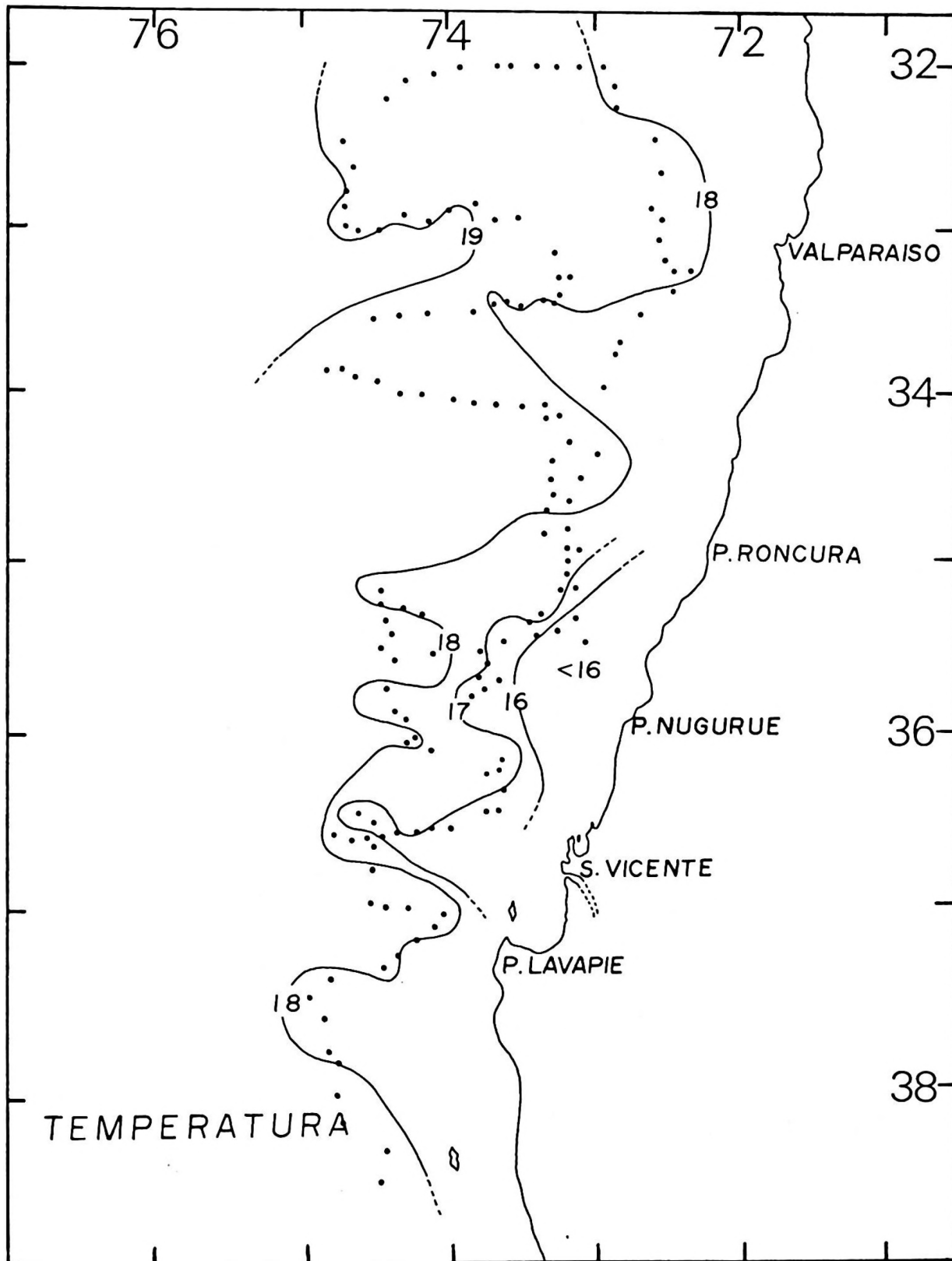


Figura 3. Distribución de temperatura superficial (°C).

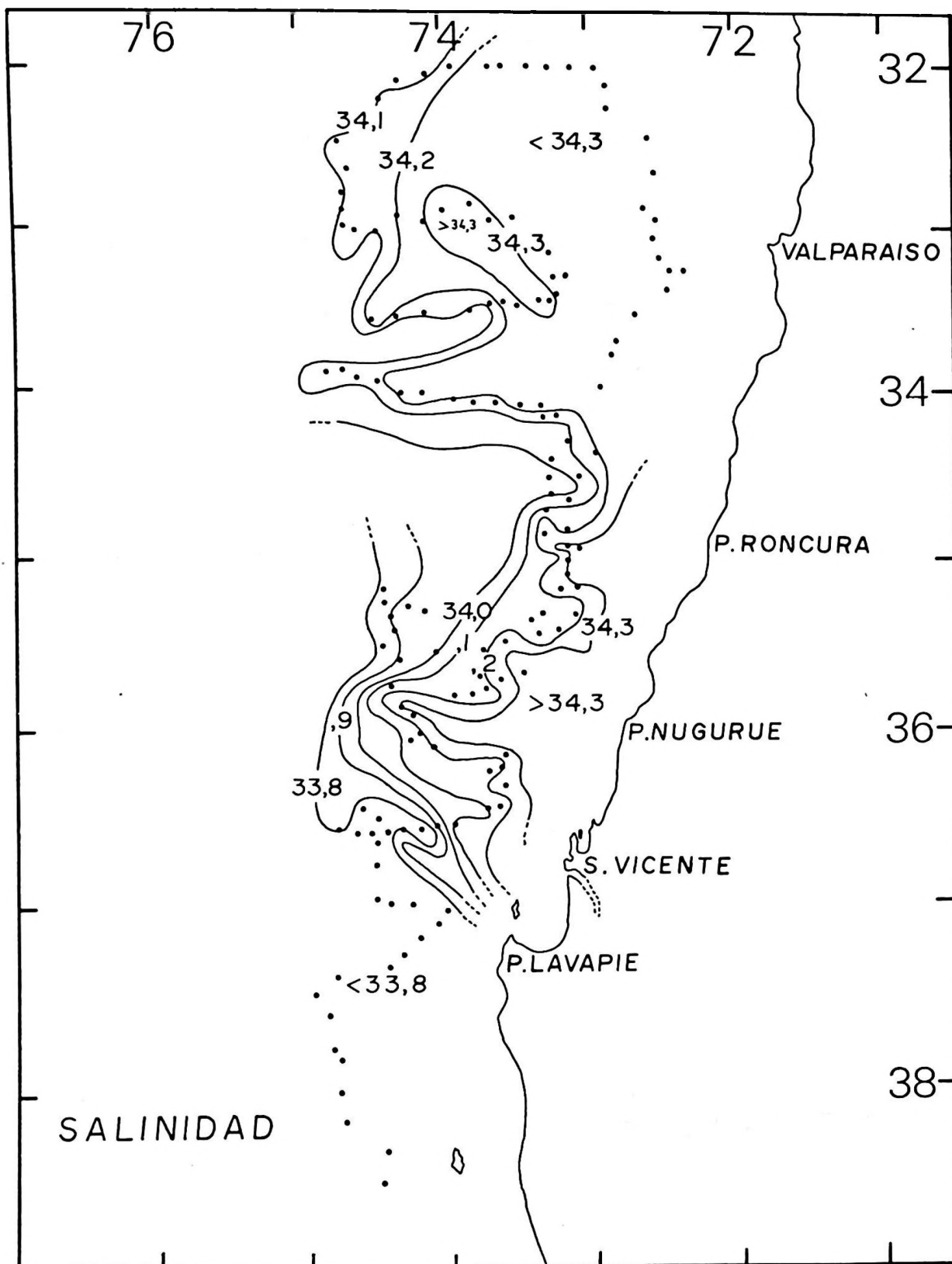


Figura 4. Distribución de salinidad superficial.

hasta alcanzar valores de 24,3. Valores tan bajos como 23,9 fueron encontrados al Sur de Punta Lavapié. El conjunto de la temperatura, salinidad y relativamente alta densidad en el sector costero entre Punta Roncura y Punta Lavapié, indican claramente una zona de influencia de las aguas afloradas.

Biomasa Fitoplanctónica

La distribución de clorofila *a* muestra una zona de gran abundancia fitoplanctónica entre Cabo Carranza y San Vicente (Figura 6) con valores cercanos a 20 mg CL *a* m⁻³. En el sector norte del área estudiada la biomasa fitoplanctónica se presenta relativamente baja con un valor cercano a 5 mg CL *a* m⁻³. Un pequeño sector de aguas con valores más altos de 15 mg CL *a* m⁻³ fue encontrado frente a Los Vilos. Al sur de San Vicente, la productividad de las aguas se presentó con valores moderados de 10 mg CL *a* m⁻³. En el sector de más altos valores, la distribución es más compleja con una tendencia de la isolínea de 20 mg CL *a* m⁻³ a cerrarse hacia la costa.

DISCUSION

Brandhorst (1971) informó de una área de aguas superficiales provenientes del afloramiento costero ubicado frente a Punta Nugurúe y que abarcaría entre los 35° y 37°S con característicos valores de salinidad mayor a 34,3 y que corresponderían a aguas de mezcla entre las aguas subantárticas superficiales y las aguas ecuatoriales subsuperficiales.

IFOP (1979) confirma en parte lo encontrado por Brandhorst describiendo además un foco de alta biomasa fitoplanctónica con valores cercanos a 6 mg CL *a* m⁻³, llamando la atención que estas observaciones fueron hechas en los meses de julio y agosto.

Los resultados presentados en este trabajo permiten delimitar la extensión latitudinal y longitudinal de la influencia de este centro de surgencia costero centrado en Punta Nugurúe. Aunque la zona de mayor deformación de la superficie del océano y del campo interior de densidad inducido por los vientos ocurre, en general, en un sector restringido a unos 30 km desde la costa, las aguas afloradas derivan en superficie hacia el Oeste, desarrollando plumas de advección claramente identificables por su relativa baja temperatura, comparativamente alta salinidad y una densidad relativamente alta comparada con

las aguas circundantes (Barber y Smith, 1981). Por lo tanto, una zona de alto gradiente en los parámetros antes mencionados, nos indicaría la presencia de un frente oceánico entre las aguas afloradas y las oceánicas. Claramente la distribución de salinidad (Figura 4) y en menor grado la temperatura (Figura 3) nos muestran que la zona del frente oceánico estaría a unos 100 km aproximadamente desde la costa frente a Punta Nugurúe. La forma de este frente, como lo indican las figuras 3 y 4 no es claro y al parecer nuestros resultados estarían influenciados por el curso del crucero.

Podríamos sintetizar que el sector de aguas afloradas encontradas en superficie frente a Punta Nugurúe presentarían valores de temperatura menores a 16°C, salinidad mayor a 34,3, densidad mayor a 25,5 y una concentración de biomasa fitoplanctónica mayor a 20 mg CL *a* m⁻³.

Las aguas oceánicas superficiales probablemente subantárticas (Sievers y Silva, 1975) penetran hacia la costa tanto al norte como al sur del centro de afloramiento, siendo esta característica más notoria en la parte sur de Punta Lavapié.

La gran extensión de las aguas afloradas, la relativa alta concentración de biomasa fitoplanctónica encontrada en verano y sorprendentemente alta para un período de invierno (IFOP, 1979) indicarían que el proceso de afloramiento costero es bastante acentuado frente a Punta Nugurúe. El que aun en período invernal ocurra un cierto grado de afloramiento, lleva a pensar que junto con los afloramientos inducidos por la fricción del viento, importante en período de verano, otros factores tendrían una importancia significativa durante otros períodos. La interacción de la topografía de la plataforma continental y la presencia del cañón submarino frente al Río Itata, estarían jugando un papel importante en acentuar el proceso de surgencia durante el año.

Con el propósito de tener una estimación somera de la producción primaria del área de afloramiento y siguiendo la metodología de Guillén *et al.* (1977), calculamos un valor de 13 mg CL *a* m⁻³ como representativo de los 16.000 km² del área de aguas afloradas. Asumiendo una relación carbón: clorofila de 35: 1 (Ryther y Menzel, 1965) el área representaría una producción primaria de 0,45 g C m⁻³ d⁻¹. Este valor se encuentra en el

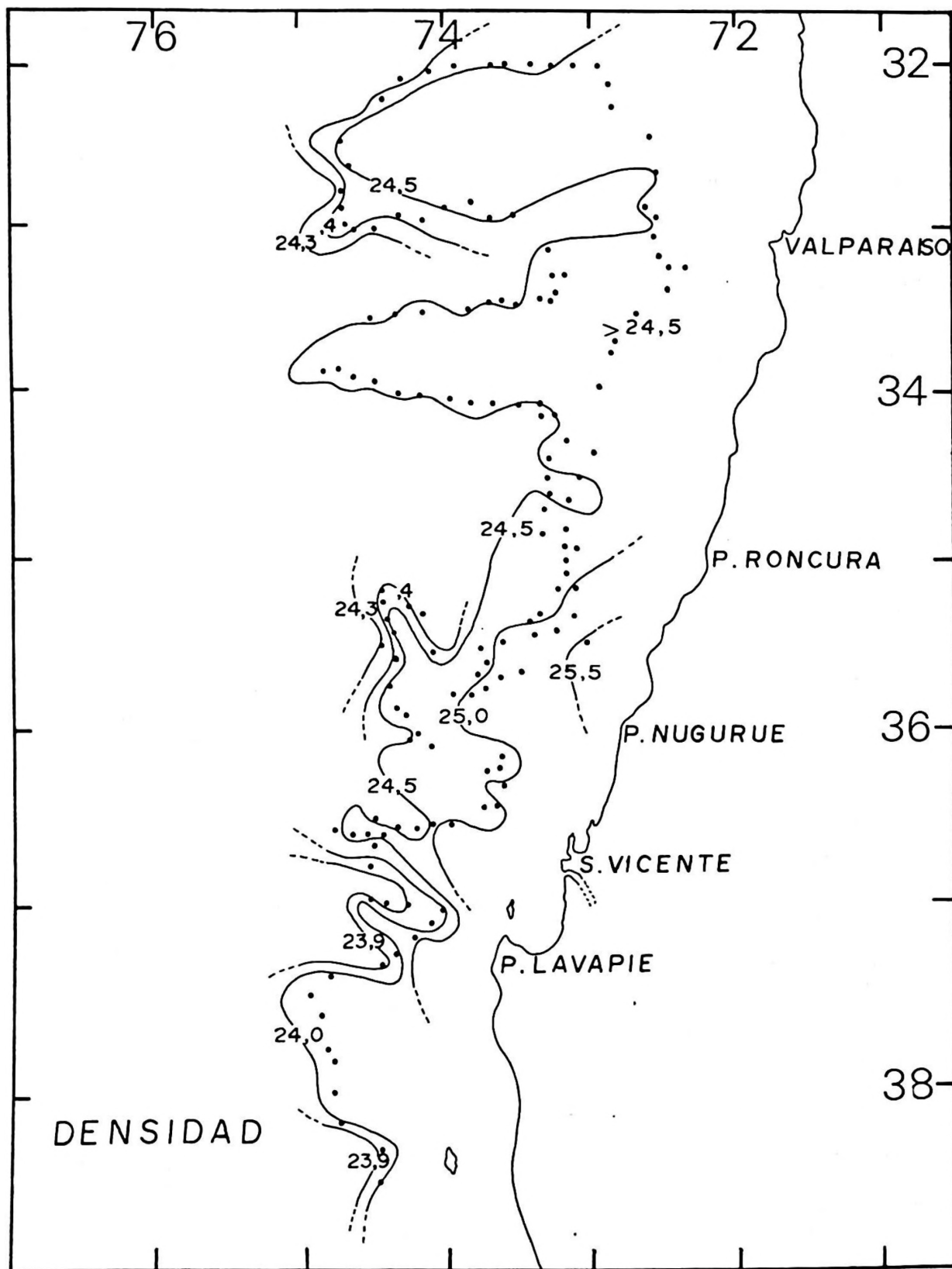


Figura 5. Distribución de densidad superficial expresada como Sigma T.

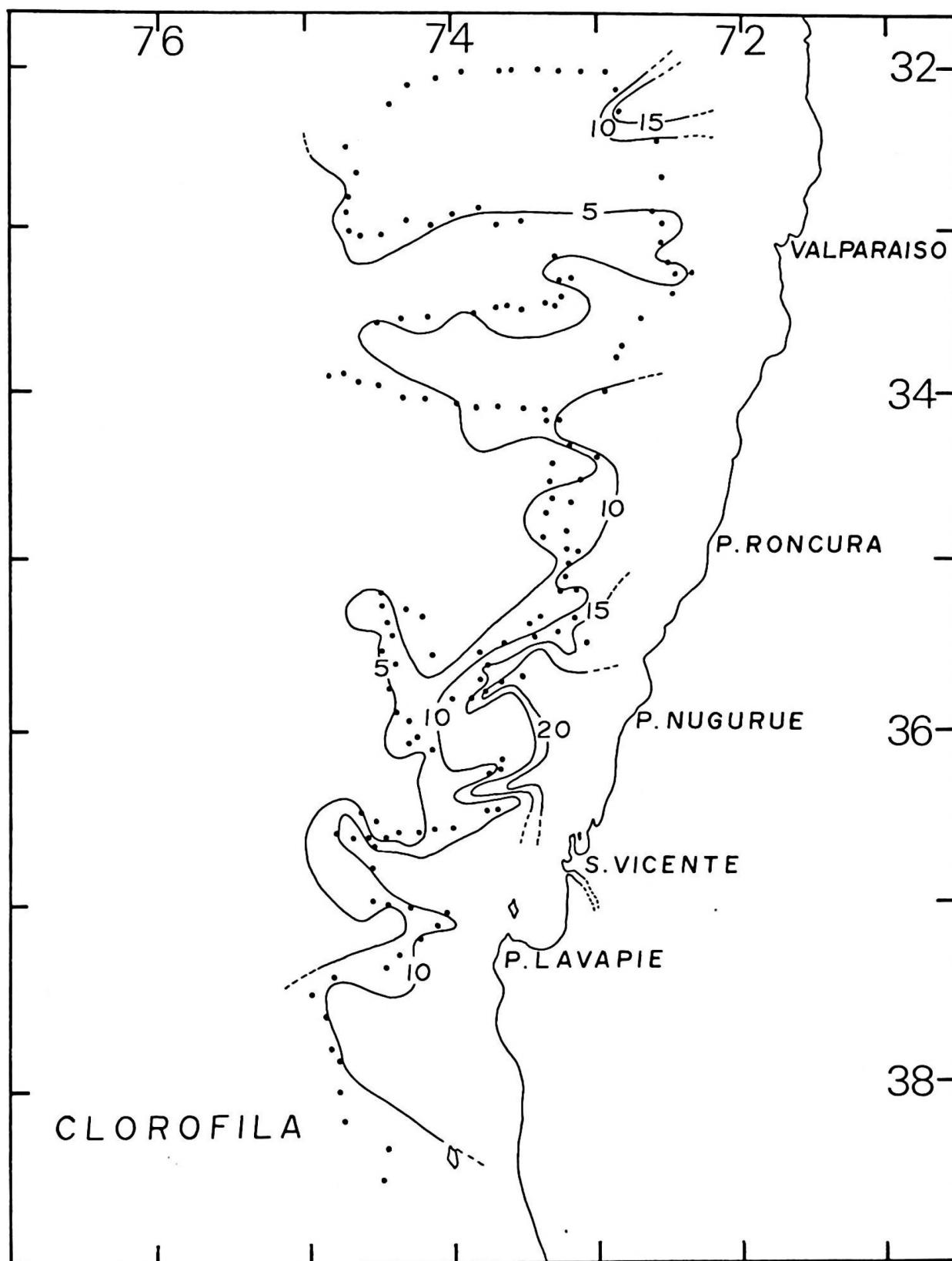


Figura 6. Distribución superficial de clorofila-a (mg Cl-a m^{-3}).

rango de valores informados previamente por Cushing (1971) para el área norte de Chile y también está dentro del rango de valores entregados por Guillén *et al.* (1977) para las costas peruanas.

LITERATURA CITADA

- BABER, R.T. y SMITH, R.L. 1981. Coastal upwelling ecosystems. *In*: Longhurst, A.R. (editor). Analysis of marine ecosystem. Academic Press, New York, pág. 31-68.
- BRANDHORST, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. *Revista Biología Marina, Valparaíso*, 14 (3), 45-84.
- CUSHING, D.H. 1971. Upwelling and the production of fish. *Advances in Marine Biology*, 9, 225-334.
- GUILLÉN, O., R. CALIENES y R. DE RONDAN. 1977. Medio ambiente y producción primaria frente al área Pimentel-Chimbote. *Boletín Instituto del Mar Perú*, 3 (4), 107-159.
- IFOP, 1979. Evaluación recursos Camarón y Langostinos entre Coquimbo e Isla Mocha. Informe Mimeografiado *in litteris* 194 pág.
- RAMÍREZ, R., S. PALMA y H. BARRIENTOS. 1975. Productividad primaria de las aguas costeras y oceánicas de la zona norte y central de Chile. (Operación Oceanográfica Mar Chile VIII). *Ciencia y Tecnología del mar (CONA-Chile)*, N° 1: 69-85.
- RYTHER, J.H. y D.W. MENZEL. 1965. On the production composition and distribution of organic matter in the western Arabian Sea. *Deep Sea Research*, 12 199-209.
- SCOR UNESCO. 1969. Determination of photosynthetic pigments in sea water. *Monographs on oceanographic Methodology*, 1, 69 págs.
- SLEIVERS, H.A. y N. SILVA. 1975. Masas de agua y circulación en el Océano Pacífico Sud Oriental. Latitudes 18°S - 33°S (Operación Oceanográfica Mar Chile VIII). *Ciencia y Tecnología del mar (CONA-Chile)*, N° 1: 7-67.
- STRICKLAND, D.J.H y T.R. PARSONS. 1972. A practical hand-book of sea water analysis. Fisheries Research Board of Canada, *Bulletin 167*, 2nd. edition, 310 págs.

INVERSION TERMICA COSTERA Y SU RELACION CON LOS EVENTOS DE SURGENCIA

SUBSURFACE THERMAL INVERSION AND ITS RELATION WITH COASTAL UPWELLING

Tomás R. Fonseca*

RESUMEN

En este trabajo se busca una explicación física del origen y fluctuaciones de una inversión térmica costera. Para ello se analiza información batitermográfica recolectada en la costa de Valparaíso durante 8 años. Con esta información se calculan estadísticas simples y se emplean modelos de caja para el balance calórico a fin de estudiar este fenómeno.

La inversión térmica en la costa de Valparaíso se atribuye al hundimiento que experimenta el agua de surgencia en su trayectoria hacia el oeste. El hundimiento se produce debido a la mayor densidad del agua fría de surgencia y al arrastre hacia el oeste por el transporte Ekman.

Un modelo de capa simple para el balance de calor, muestra alguna evidencia de que el intercambio calórico con la atmósfera no sería suficiente para calentar el agua surgente. Esta evidencia respalda el mecanismo que relaciona la inversión térmica costera con los eventos de surgencia.

ABSTRACT

The origin and fluctuations of a coastal thermal inversion is studied. A set of data from 8 years of bathythermograph observations, collected off Valparaíso (33°S), is used to calculate simple statistics and a preliminary heat balance within the inversion.

The thermal inversion is produced by the sinking water on its way to the west. The sinking is due to the higher density of the upwelled water.

A box model for the heat balance showed some evidence that the air-sea heat flux may not be enough to warm up the upwelled water, a fact that supports the proposed relationship between the thermal inversion and coastal upwelling.

INTRODUCCION

Una inversión térmica ha sido observada en los primeros metros de la columna de agua en la costa de Valparaíso. En algunas ocasiones la curva de temperatura fue suavizada eliminando la inversión ya que se consideró que la inversión era sólo un error del instrumento. No obstante, más tarde, se comenzó a publicar este resultado en perfiles de temperatura (Silva, 1973).

El interés por el estudio de las inversiones térmicas costeras es netamente científico, puesto que ello permite ampliar los conocimientos que se tienen sobre la dinámica y termodinámica de la zona costera. Por ejemplo si la circulación perpendicular a la costa fuese como en un sistema de circulación de doble celda (Fonseca, 1977) sería de esperar que exista una inversión de temperatura a cierta distancia de la costa (Mooers y Smith, 1967).

Inversiones de temperatura han sido detectadas en la costa oriental del Pacífico Norte. En esa región se distinguen dos inversiones con características disímiles. Una de ellas es un fenómeno semipermanente que se encuentra a todo lo largo de la costa y sobre el quiebre de la plataforma continental y que corresponde a una advección de aguas frías de norte a sur. La otra inversión, es una anomalía cálida que está asociada directamente a la surgencia costera y es consecuencia del hundimiento de agua más salina que ha sido previamente calentada por el sol (Huyer y Smith, 1974).

En este trabajo se utiliza la información disponible frente a la costa de Valparaíso, para estudiar las principales características de una inversión de temperatura. Se investiga si la inversión es una característica semipermanente o se relaciona con algún fenómeno oceanográfico esporádico.

*Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, Casilla 4059, Valparaíso, Chile.

Fuentes de Información

Un total de 157 observaciones de temperatura obtenidas con batitermógrafo mecánico fueron revisadas, cubriéndose la columna de agua entre la superficie y los 272 m de profundidad. El periodo total de tiempo que se estudia va desde agosto de 1967 hasta diciembre de 1976. La mayor parte de las observaciones fueron hechas sobre la plataforma continental frente a Punta Curaumilla (Fig. 1). En la Tabla 1 se hace una referencia de los cruceros oceanográficos y de la primera publicación en que los datos fueron analizados y/o descritos.

Por otra parte, en diciembre de 1976 se efectuó una serie de cruceros a bordo del "Teararoa-Rakei", en la costa de Punta Curaumilla y de Quintero (Fig. 1). El objetivo de estos cruceros fue el de comparar las condiciones oceanográficas frente a Punta Curaumilla con las de Quintero y especialmente estudiar la inversión térmica. En esa oportunidad se realizaron 28 observaciones con batitermógrafo mecánico, lo que permitió ampliar la información disponible frente a esta costa.

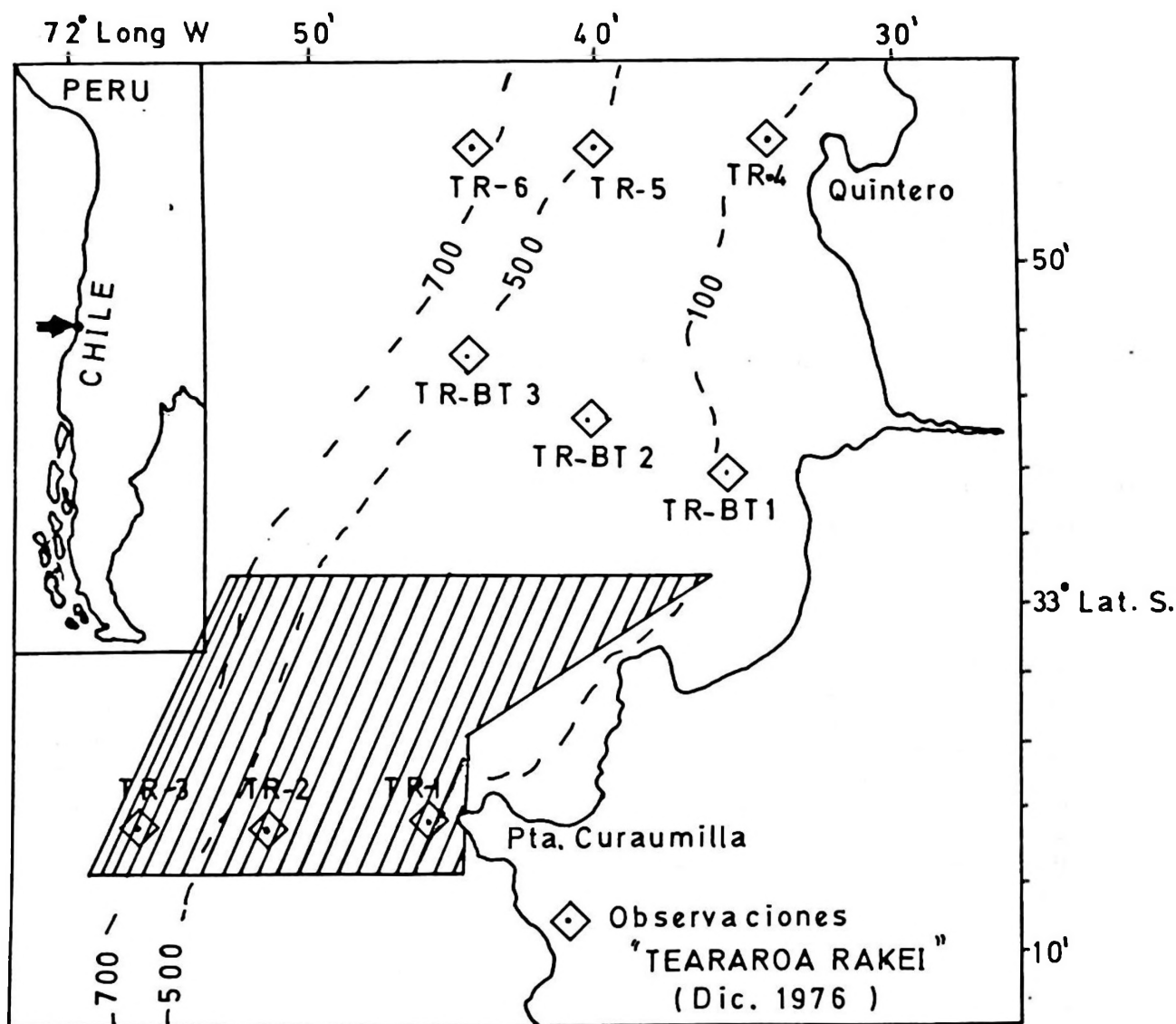


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de batitermografía. Lo achurado corresponde al área en que se efectuaron las observaciones entre agosto 1967 y diciembre de 1976.

RESULTADOS

Observaciones Teararoa-Rakei: Observaciones cuasi-sinópticas efectuadas frente a Quintero, Valparaíso y Punta Curaumilla permiten visualizar la magnitud de la inversión (Fig. 2). El fenómeno se presentó en Quintero, en Curaumilla y en la estación más occidental frente a la Bahía de Valparaíso; es decir la estación que está alineada con las de

Curaumilla. En ninguno de los casos se encontró inversión cerca de la costa, ésta solo apareció en las estaciones más oceánicas.

La profundidad en que apareció la inversión fluctuó entre 30 m y 100 m (Fig. 2) y en un plano que se inclina hacia el Oeste. Nótese, en la figura 2, que las isoterms de 11°C y 12°C están inclinadas hacia la superficie en la costa; indicando que las aguas superficiales son más frías en ese lugar.

Figura 2. Secciones de temperatura obtenidas desde el "B/I Teararoa Rakei". La inversión térmica se destaca como (+). Los perfiles de temperatura de la derecha muestran la magnitud de la inversión.

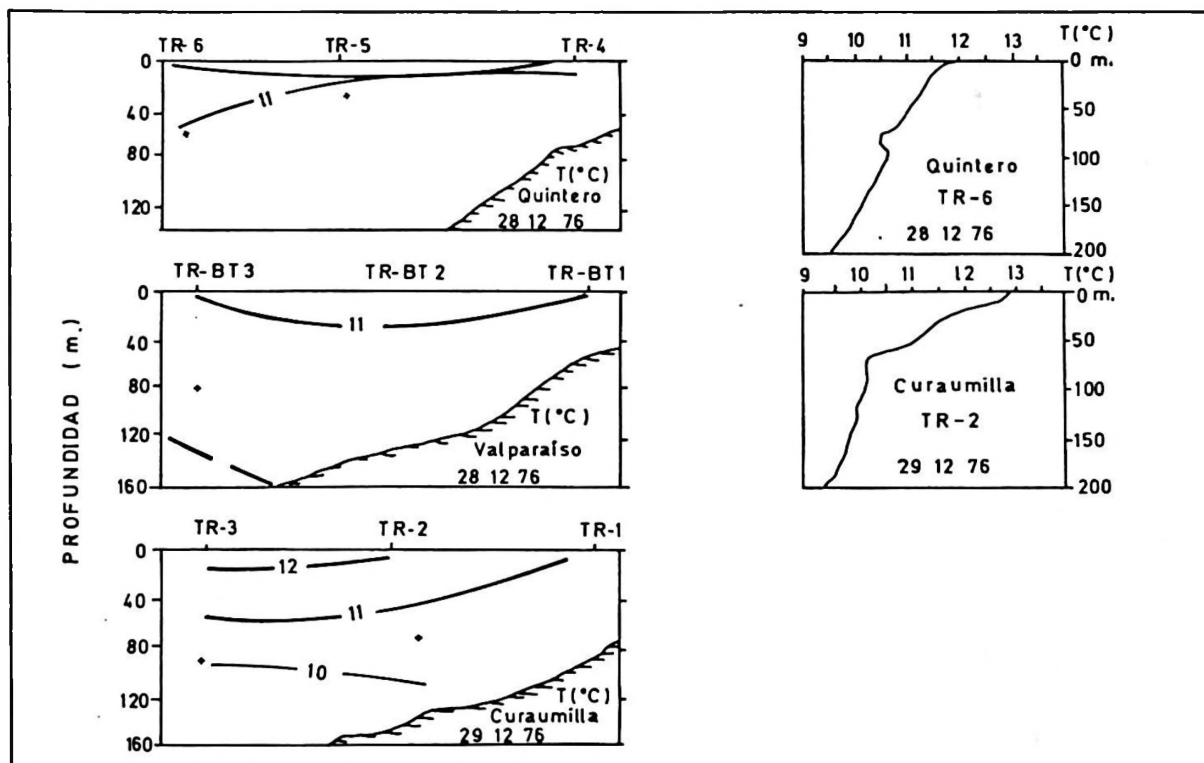


TABLA 1

Información Batitermográfica reprocesada en este trabajo

B/E Tiberíades	Agosto - septiembre 1967	Interno U.C.V.*	No publicada.
B/O Explorador	Enero 1968 - abril 1969	Interno U.C.V.	Sievers y Silva (1973).
B/E Tiberíades 01-06	Septiembre 1969 - agosto 1970	CORFO** U.C.V.*	Silva (1973)
B/E Tiberíades 17-25	Septiembre 1970 - julio 1971	D.G.I. / U.C.V.***	No publicado.
B/E Tiberíades 26-39	Mayo 1974 - abril 1975	D.G.I. / U.C.V.***	Sievers y Silva (1979)
Teararoa-Rakei	Diciembre 1976 - enero 1977	D.G.I. / U.C.V.***	Este trabajo.

* U.C.V.: Universidad Católica de Valparaíso.

** CORFO: Corporación de Fomento a la Producción. República de Chile.

*** D.G.I.: Dirección General de Investigaciones de la Universidad Católica de Valparaíso.

Datos históricos: La información de batitermografía recolectada frente a la costa de P. Curaumilla permite reconocer a la inversión térmica como un fenómeno esporádico en esta zona (Fig. 3). De un total de 157 observaciones de temperatura, distribuidas a lo largo de 8 años, apareció con claridad en 18 oportunidades (11%).

La profundidad de la mínima de temperatura fluctuó entre los 26 m y los 82 m (Fig. 3), siendo en promedio de 49 m (D.S. \pm 18 m).

La temperatura de la mínima fluctuó entre 8.8°C y 13.8°C siendo su media de 11.1°C (D.S. = \pm 1.5°C). Los valores más altos de temperatura en la inversión aparecen en diciembre.

Un análisis de frecuencia de aparición de esta anomalía, indicó que es más frecuente en los meses de noviembre, diciembre y enero que en el resto del año (Fig. 4). En estos meses su porcentaje de ocurrencia, respecto del total de observaciones en el mes, supera el 50%.

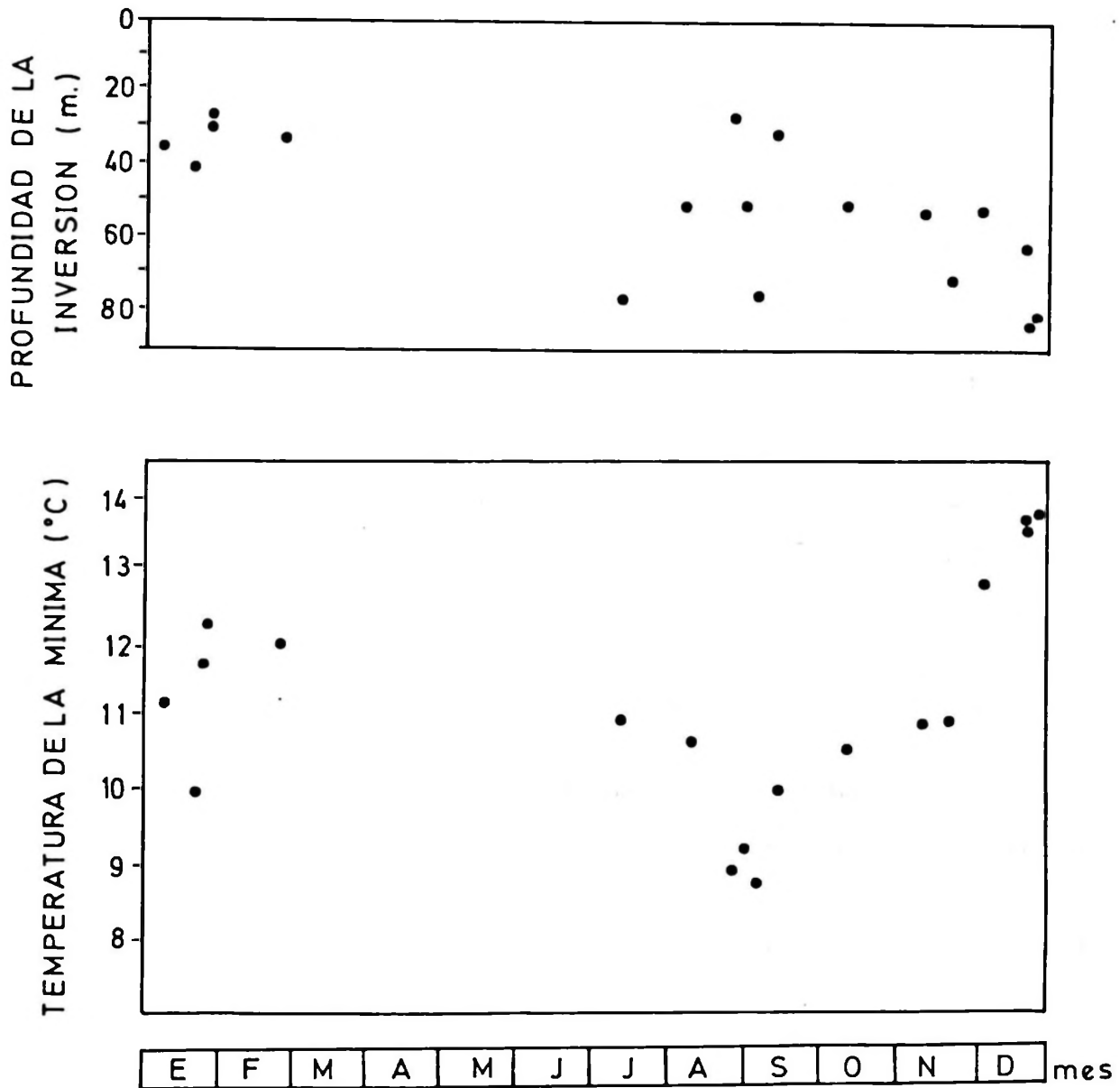


Figura 3. Fluctuación anual de la temperatura y profundidad de la inversión. Los datos fueron tomados entre agosto 1967 y diciembre 1976.

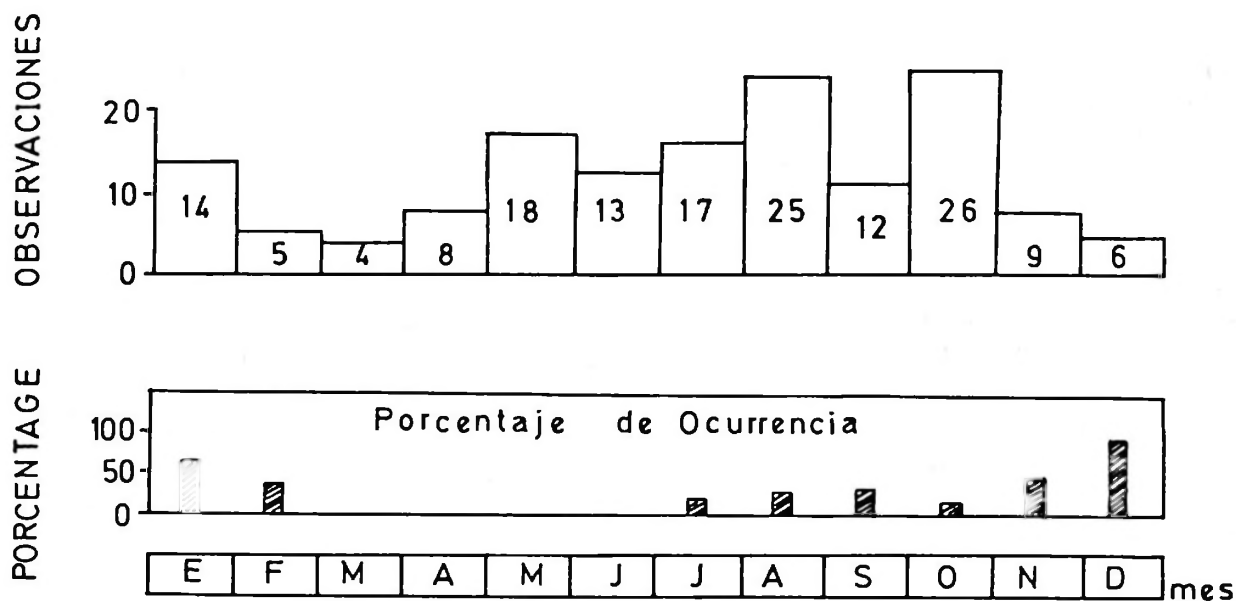


Figura 4. Relación temporal entre observaciones de BT y ocurrencia de la inversión.

DISCUSION

Lo primero que se constató, en este trabajo, es que la inversión térmica costera no es un fenómeno semi-permanente y por lo tanto no estaría relacionado a cambios anuales o estacionales en el campo de masa en la zona. En el caso de P. Curaumilla, la inversión estuvo presente solo en un 11% de las observaciones de BT. Sin embargo, en noviembre, diciembre y enero su frecuencia de aparición es igual o superior al 50% de las observaciones lo que lleva a pensar que la inversión estaría relacionada con algún fenómeno oceanográfico que sea más frecuente en esos meses.

Los procesos que en la zona son más frecuentes, entre septiembre y diciembre son los eventos de surgencia costera (Fonseca, 1982). Aun en enero se advierten condiciones de surgencia (Sievers y Silva, 1979). Se observa entonces que la inversión térmica está presente con mayor frecuencia en los meses de surgencia y también se presenta en la forma de eventos.

Para estudiar una posible relación entre la inversión térmica y la surgencia costera, se deben considerar algunos hechos interesantes. La inversión térmica se hace más profunda hacia el Oeste (Fig. 2), aparece de la mitad de la plataforma alejándose de la costa (no en la costa misma) y es más frecuente en los meses de surgencia. Con esta información se puede proponer un mecanismo de forma-

ción. Esto es, agua fría y salina asciende desde el fondo de la capa Ekman hacia la superficie debido a la surgencia y en la zona adyacente a la costa se mezcla con el agua que antes ocupó el estrato superior, disminuyendo así su salinidad. Luego es arrastrada hacia el oeste por el transporte Ekman y cuando se aproxima a aguas más cálidas, y por lo tanto menos densas, se hundiría hasta ubicarse sobre aguas que, aunque levemente más cálidas, son también más salinas y por lo tanto más densas.

Las inversiones de temperatura en otras zonas del Pacífico han sido relacionadas con una circulación de doble celda durante la surgencia (Mooers y Smith, 1967). Ese tipo de circulación, ha sido propuesta para P. Curaumilla por Johnson *et al* (1980) idea que es reforzada por las nuevas evidencias sobre una inversión térmica fría presentadas en este trabajo. En efecto, el valor de 11°C en la inversión y su correspondiente valor de sigma-t del orden de 26.3 (Fisher *et al*, 1979) coinciden con valores de la densidad en la zona de hundimiento de una celda superior de circulación, estudiada en diciembre de 1975 (Fonseca, 1977).

Por otra parte, a diferencia del caso de la costa oriental del Pacífico Norte, el calentamiento solar pareciera no tener un rol importante en la inversión. Para estudiar esta situación se utiliza un modelo de caja para el balance de calor. Modelos de este tipo permiten tener una idea aproximada sobre la termodinámica del fenómeno (Friehe and Schmitt, 1976; Stevenson, 1982).

Supóngase que una caja como la de la figura 5, representa la capa de Ekman, limitada zonalmente por la costa y por el radio de deformación de Rossby (Yoshida, 1955). Las ecuaciones para el balance de calor se indican en la figura 5, la primera representa el calor acumulado en la caja, la segunda ecuación representa la relación entre el calor latente de evaporación y el calor liberado por simple conducción a la atmósfera y la tercera ecuación es la razón de cambio, en el tiempo, del contenido calórico del cuerpo. Para evaluar los términos de las ecuaciones se consideraron los valores de la Tabla 2.

Además de las ecuaciones de la figura 5, se debe considerar una expresión para la cantidad de calor transportado verticalmente por la surgencia hacia la base de la capa Ekman. Esta es:

$$Q_v = \rho C_p w \Delta z (\Delta T / \Delta z) \quad (4)$$

El valor estimado para (4) es: $Q_v = 3.750$ (cal/cm² - día). Por otra parte el calor acumulado (o perdido) por toda la caja, en el tiempo, está dado por (3). De esta última ecuación se puede despejar ($\Delta T / \Delta t$) y llegar a:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{1}{\rho C_p Z} (Q_s + Q_b + Q_E (1+R) + Q) \quad (5)$$

substituyendo (4) y evaluando se tiene:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = 0.06 \quad -0,75 \text{ (}^\circ\text{C/día)}$$

(Int. Aire-Mar) surgencia

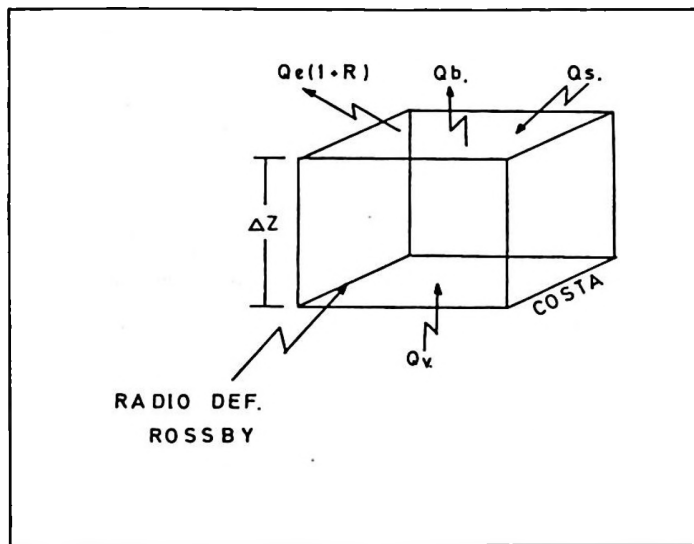
En lo anterior se observa que la temperatura disminuye en 0.7°C por día, lo que según el modelo se debería a la surgencia. Sin incluir la advección horizontal de calor, la que en este caso particular también aportaría aguas frías. Aquí no se considera la advección horizontal por el escaso conocimiento que se tiene del gradiente horizontal de temperatura (dT/dy). Sin embargo del cálculo simple efectuado se puede observar que la atmósfera no jugaría un rol muy importante en la termodinámica de la inversión en esta zona como es el caso de la costa oeste de Norteamérica (Huyer y Smith, 1974). Nótese también que una baja de 0.7°C/día, indicada por el modelo bidimensional, es concordante con valores observados en investigaciones anteriores. En efecto, en diciembre de 1975, la temperatura superficial disminuyó 0.4°C/día durante un evento moderado de surgencia (Fonseca, 1977).

El mecanismo propuesto, que relaciona la formación de la inversión térmica con la surgencia, parece ser en esencia correcto y es un ejemplo más de la complejidad de la circulación y la termodinámica de la surgencia costera. Complejidad que también afecta a los organismos marinos. Antecedentes biológi-

TABLA 2

Valores de los términos involucrados en el modelo de caja para el balance de calor

Término	Significado	Valor a usar	Fuente
Q_s	Radiación solar directa o difusa	500 cal/cm ² día	Reyes y Romero (1977). Valor de verano en Valparaíso.
Q_b	Radiación de retorno (onda larga)	-125 cal/cm ² día	Valor promedio (Sverdrup <i>et al</i> 1942).
Q_E	Calor latente de evaporación.	-150 cal/cm ² día	Suponiendo que se evaporan 111 cm/año.
R	Relación de Bower entre el calor latente ($Q_E/0$) y el calor sensible (Q_h).	0.3	Valor aproximado para 30°S (Sverdrup <i>et al</i> 1942).
Q_v	Calor adveccionado verticalmente por la surgencia.	—	Ver texto.
ρ	Densidad.	1 gr/cm ³	—
C_p	Calor específico del agua.	1 cal/gr - °C	—
A_z	Espesor de la capa Ekman.	50 m	Fonseca (1977)
W	Velocidad vertical de surgencia	2.500 cm/día	Mínimo en P. Curaumilla.
AT/AZ	Gradiente vertical de temperatura.	3"/100 m	Fonseca (1977).



1.) $Q_a = Q_s + Q_b + Q_e(1 + R) + Q_v$

2.) $R = \frac{Q_e}{Q_h}$

3.) $Q = \frac{\Delta H}{\Delta t} = \frac{PC(\Delta T)\Delta Z}{P(\Delta t)}$

Figura 5. Modelo de caja para el balance de calor. Se indican las principales ecuaciones utilizadas.

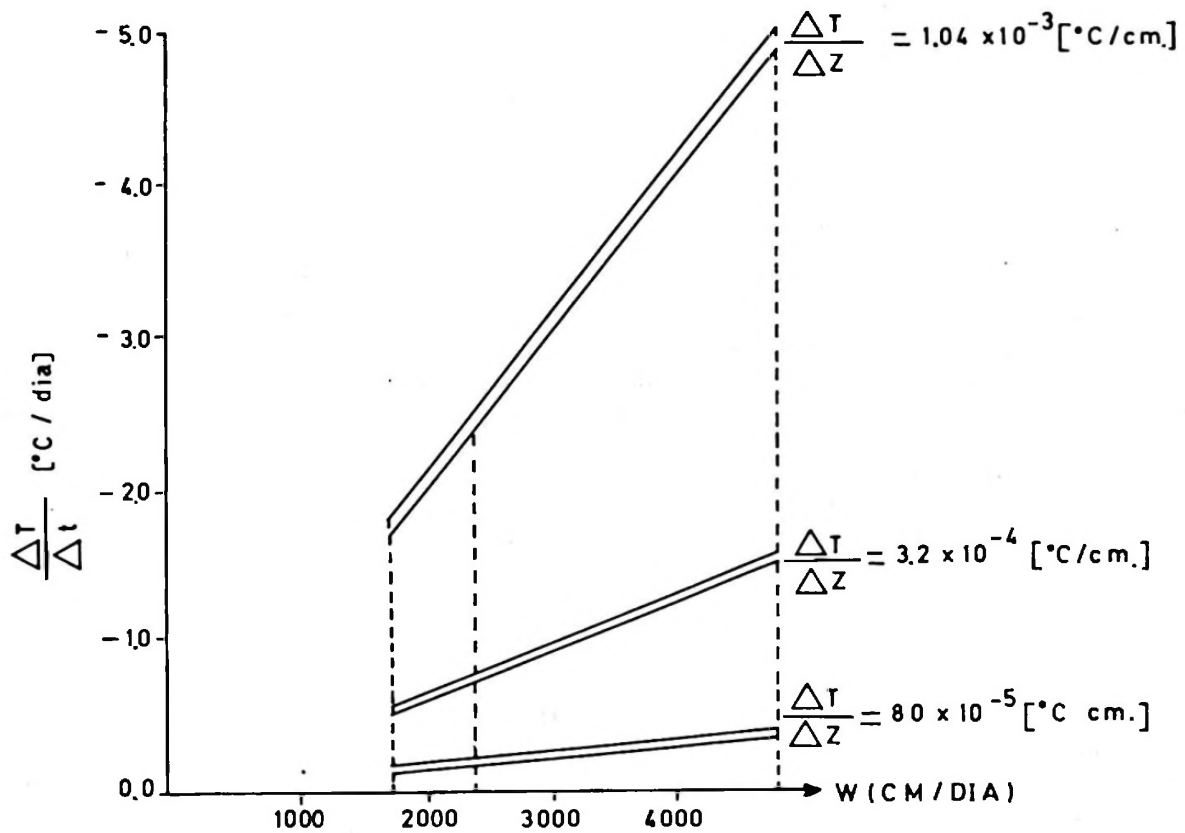


Figura A1. Cambio diario de la temperatura en la costa en función de la velocidad vertical y del gradiente vertical de temperatura. Por cada $\Delta T/\Delta Z$ la línea superior corresponde a una capa de mezcla de 20 m y la inferior a una de 100 m de espesor.

cos indican que las comunidades fitoplanctónicas, también son afectadas por el hundimiento hacia el oeste (Uribe, 1978). Esto abre una interesante perspectiva para los estudios de la dinámica de la surgencia y su relación con la distribución esperada de organismos marinos de los primeros eslabones tróficos.

APENDICE

El modelo de caja para el balance de calor indicó que el enfriamiento superficial durante la surgencia es, en términos generales, de $0.7^{\circ}\text{C}/\text{día}$. Se observó también que la temperatura superficial no depende mucho del intercambio calórico con la atmósfera, sino más bien, de Q_v (ec. 3) —es decir— de la advección vertical de agua fría. Ahora bien, se puede pensar que los resultados con este modelo dependen mucho de los valores elegidos para cada variable (Tabla 2). En consecuencia y para generalizar resultados se probó, por medio de análisis de sensibilidad, la efectividad del modelo. Para ello se revisaron distintos grados de estratificación, espesor de la capa de mezcla y velocidad de surgencia y se observó los valores que se obtienen para dT/dt .

La estratificación vertical —producto de dT/dz — es la variable más influyente en los valores de dT/dt (Fig. A1). También se observa que a mayor velocidad de surgencia hay un aumento lineal en el enfriamiento superficial. Por otra parte, el espesor de la capa Ekman no tiene mayor influencia en los valores de dT/dt .

Enfriamientos mayores que $2^{\circ}\text{C}/\text{día}$ no han sido observados en P. Curaumilla durante eventos de surgencia. Parece ser entonces que para valores de dT/dz superiores a $5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ en pleno verano, ya no existirían las condiciones de viento favorables a la surgencia o bien este fenómeno alcanzaría un estado estacionario.

Por lo observado en P. Curaumilla — $0.7^{\circ}\text{C}/\text{día}$ es un valor razonable para dT/dt y la selección de valores de la Tabla 2 parece también ser razonable. Otros valores para las variables de intercambio calórico con la atmósfera no producirían mayores cambios en los resultados, lo mismo ocurriría con otros valores de w . Solamente valores extremos de dT/dz , darían un valor dT/dt muy grande; valores que no han sido observados en P. Curaumilla.

REFERENCIAS

- FISHER, H., E. LIST, J. IMBERGER y N. BROOKS. 1979. *Mixing in Inland and Coastal Waters*. Academic Press. New York: 481 pp.
- FONSECA, T.R. 1977. Proceso de surgencia en Punta Curaumilla con especial referencia a la circulación. Tesis Esc. de Pesquerías y Alimentos. U.C.V., 90 pp.
- FONSECA, T. 1982. Física de las aguas costeras de la zona central de Chile (manuscrito en preparación).
- FRIEHE, C.A. and K.F. SCHMITT. 1976. Parameterization of air-sea interface fluxes of sensible heat and moisture by the bulk aerodynamic formulas. *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 801-809.
- HYER, J. y R. SMITH. 1974. A subsurface ribbon of cool water over the continental shelf off Oregon. *J. Phy. Oceanogr.*, 4(3): 381-391.
- JOHNSON, D.R., T. FONSECA y H. SIEVERS. 1980. Upwelling in the Humboldt coastal current near Valparaíso, Chile. *J. Mar. Res.*, 38(1): 1-16.
- MOOERS, C.N.K. y R. SMITH. 1967. Dynamical structure in an upwelling Frontal Zone. *Trans. Amer. Geophysical Union*, 48(1): 125-126.
- REYES, E. y H. ROMERO. 1977. Climatología e Interacción Océano-atmósfera en la bahía de Valparaíso. *Rev. de Biol. Mar.*, 16(2): 125-161.
- SIEVERS C., H.A. y N. SILVA S. 1973. Variaciones estacionales de Temperatura, Salinidad y Contenido de Oxígeno frente a la bahía de Valparaíso (mayo de 1968 - abril de 1969). *Inv. Mar.*, 4(1): 1-16.
- SIEVERS, H. y N. SILVA. 1979. Variación temporal de las condiciones oceanográficas frente a Punta Curaumilla, Valparaíso, Chile (mayo de 1974 - abril de 1975). *Inv. Mar.*, 7(1): 3-20.
- SILVA S., NÉLSON. 1973. Variaciones estacionales de Temperatura, Salinidad y Contenido de Oxígeno en la zona costera de Valparaíso (septiembre de 1969 - agosto de 1970). *Inv. Mar.*, 4(3): 89-112.
- STEVENSON, J.W. 1982. Computation of heat and momentum fluxes at the sea surface during the Hawaii-Tahiti Shuttle Experiment. Hawaii Inst. Geophys. Rep. N° HIG-82, 812 pp.
- SVERDRUP, H.U., M.W. JOHNSON, R.H. FLEMING. 1942. *The Oceans* Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs N.J. 1.060 pp.
- URIBE, E.T. Estudio de las comunidades fitoplanctónicas durante un proceso de surgencia frente a P. Curaumilla. Valparaíso. Tesis Inst. Ciencias Básicas. Depto. de Biología U.C.V., 65 pp.
- YOSHIDA, K. 1967. Circulation in the Eastern Tropical Ocean with special references to upwelling on undercurrent. *Jap. J. Geophys.*, 4(2): 1-75.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Escuela de Ciencias del Mar y por el proyecto DGI 223-771/83 de la Universidad Católica de Valparaíso. El autor agradece al Sr. Nelson Silva por proporcionar la información batitermográfica.

UNA APROXIMACION ECOLOGICA AL ESTUDIO DEL PARASITISMO EN EL "CONGRIO NEGRO" *Genypterus maculatus* (TSCHUDI) (PISCES: OPHIDIIDAE).

AN ECOLOGICAL APPROACH TO THE STUDY OF PARASITISM IN THE "BLACK CONGER-EEL" *Genypterus maculatus* (TSCHUDI) (PISCES: OPHIDIIDAE).

Mario George-Nascimento F. y Brian Huet D.*

RESUMEN:

En el examen parasitológico de 80 congrios negros *Genypterus maculatus* (Tschudi) recolectados en el puerto de Talcahuano, Chile, se encontró los siguientes taxa: Entre los ectoparásitos, el copépodo *Lepeophtheirus yañezi* y a un hirudíneo de la familia Piscicolidae. Entre los endoparásitos, en el tracto digestivo se encontró al cestodo *Anoncocephalus chilensis*, el nemátodo *Cucullanus* sp. y al tremátodo *Lecitochirium genypteri*; en la cavidad celomática, y al estado larval, se encontró a los cestodos *Hepatoxylon trichiuri*, *Nybelnia* sp., un plerocercóide de la familia Diphyllbothridae, a los nemátodos *Anisakis* sp. y *Phocanema* sp., y al acantocéfalo *Corynosoma* sp. De la comparación-cuali y cuantitativa de las parasitosis del congrio negro y del congrio colorado *Genypterus chilensis* (Guichenot), se deduce que existiría una segregación trófica entre ambas especies de huéspedes: esto se debe a las diferencias notables en la prevalencia y abundancia de las infecciones por *Anisakis* sp. y por *Corynosoma* sp., dos parásitos que poseen buenas cualidades como bioindicadores de diferencias dietarias entre sus huéspedes.

ABSTRACT:

Examination for parasites in 80 black cusk eels *Genypterus maculatus* (Tschudi) sampled in Talcahuano, Chile, revealed the presence of the following taxa: Among the ectoparasites, we found the copepod *Lepeophtheirus yañezi* and an unidentified leech of the family Piscicolidae. Among the endoparasites we found, within the alimentary tract, the cestode *Anoncocephalus chilensis*, the nematode *Cucullanus* sp. and the trematode *Lecitochirium genypteri*; in the coelomic cavity we found the larval stages of the cestodes *Hepatoxylon trichiuri*, *Nybelnia* sp., a plerocercoid belonging to the family Diphyllbothridae, the nematodes *Anisakis* sp. and *Phocanema* sp. and the acantocephalan *Corynosoma* sp., at cystacant stage. Qualitative and quantitative comparisons between the parasitism of black cusk eels and red cusk eels *Genypterus chilensis* (Guichenot) revealed the existence of a food niche segregation between both fish host species; this assertion emerges from the differences found in prevalence and abundance of *Anisakis* sp. and *Corynosoma* sp., both parasite taxa with good properties as bio-indicators of dietary differences between host-species.

INTRODUCCION

A pesar de que los congrios (Pisces: Ophidiidae) son un recurso importante en la pesquería artesanal chilena, son escasos los antecedentes biológicos sobre las tres especies: el congrio dorado *Genypterus blacodes* (Schneider), el congrio colorado *Genypterus chilensis* (Guichenot) y el congrio negro *Genypterus maculatus* (Tschudi). Entre los principales antecedentes están la estructura de tallas de las capturas comerciales, la distribución geográfica y batimétrica, y registros del contenido gástrico para las tres especies (Avilés, 1979a; 1979b; Avilés *et al.*, 1979; Bahamonde y Zavala, 1981).

El parasitismo es una información que más allá de los registros faunísticos, puede

resultar en una herramienta útil para resolver problemas atinentes a la biología pesquera, como lo han demostrado diversos autores que, a través del análisis cuantitativo de la intensidad del parasitismo, han logrado distinguir stocks de huéspedes (Davey, 1972; Platt, 1975; Beverly-Burton & Pippy, 1978). En Chile, esta línea de investigación no ha sido desarrollada principalmente porque hasta la fecha sólo se cuenta con registros aislados de la parasitofauna de los peces que habitan en la costa chilena; sólo se cuenta con antecedentes cuantitativos del parasitismo en el jurel *Trachurus murphyi* Nichols (Cattan & Videla, 1976; George-Nascimento *et al.*, 1983), en la merluza *Merluccius gayi* Guiche-

*Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano. Departamento de Biología y Tecnología del Mar. Casilla 127 - Talcahuano, Chile.

not (Carvajal *et al.*, 1979) y en el congrio colorado *G. chilensis* (Guichenot) (Vergara & George-Nascimento, 1982).

Los taxa de parásitos que hasta la fecha han sido registrados para los congrios incluyen, para el congrio dorado, el copépodo ectoparásito *Sphyrion kungii* (Atria, 1977), la larva del cestodo Trypanorhyncha *Hepatoxylon trichiuri* (Cattan, 1977) y a las larvas del nemátodo *Anisakis* sp. (George-Nascimento & Carvajal, 1980), estos dos últimos ubicados en la cavidad celomática. En el congrio colorado, se ha registrado la presencia del copépodo ectoparásito *Lepeophtheirus yañezi* en la piel y cámara branquial; en la cavidad celomática y vísceras, se han registrado la presencia de estados larvales de los cestodos *Hepatoxylon trichiuri* y *Grillotia heptanchi*, de los nemátodos *Anisakis* sp., *Phocanema* sp. y *Contracaecum* sp., y del acantocéfalo *Corynosoma australe*, al estado de cistacanto (Carvajal & Campbell, 1979; Vergara & George - Nascimento, 1982). En el lumen del tubo digestivo se ha encontrado los estados adultos del nemátodo *Cucullanus* sp., de un tremátodo de la familia Hemiuridae y del cestodo *Anoncocephalus chilensis*; además, en la musculatura se ha encontrado protozoos del orden Microsporida, ocasionando histólisis muscular (Vergara & George - Nascimento, *op.cit.*). En el congrio negro se ha registrado prácticamente a los mismos taxa de parásitos que en el congrio colorado, a excepción de *Grillotia heptanchi*, *Contracaecum* sp., *Cucullanus* sp., el tremátodo Hemiuridae y los protozoos Microsporida; en el caso del acantocéfalo, para el congrio negro se cuenta con el registro de *Corynosoma* hasta género. (Delfin, 1903; Stuardo & Faggeti, 1961; Atria, 1977; George-Nascimento & Carvajal, 1980; 1981; George-Nascimento & Ortiz, 1982).

En el presente trabajo se informa de la cuantificación de los diversos taxa de parásitos encontrados en 80 ejemplares de congrio negro, colectados en la zona de Talcahuano. Se confronta los resultados obtenidos con los previamente registrados para las otras dos especies de congrios, y se discute, haciendo uso de la información parasitológica y de la alimentación de los congrios, aquellos aspectos que permiten aproximarse al conocimiento de la ecología diferencial de estas especies.

MATERIALES Y METODOS

Entre agosto de 1981 y enero de 1982 se colectó 80 ejemplares de congrio negro *Ge-*

nypterus maculatus (Tschudi, 1846) desde el puerto de Talcahuano (36°41' lat.S; 73°06' long.W), Chile, los que fueron capturados mediante espinel por pescadores artesanales que operan en la zona. A cada ejemplar se le determinó el sexo (mediante inspección visual de las gónadas) y longitud total extrema (entre el extremo del hocico y de la aleta caudal) mediante un ictiómetro graduado al milímetro.

Se examinó la piel, aletas, cámara branquial, cavidad celomática y vísceras a cada uno de los ejemplares; además, a 30 de ellos se los sometió a una digestión artificial de la musculatura, aplicando la metodología propuesta por Novotny & Uzmán (1960). Los parásitos colectados fueron fijados en formalina al 10%; se realizó el conteo de parásitos y posteriormente se los preservó en alcohol de 70°, previa separación de ejemplares seleccionados para la determinación sistemática. Se realizó preparaciones *in toto* de cestodos, adultos y larvales, tremátodos y acantocéfalos, empleado como tinción carmín clorhídrico alcohólico y montaje permanente en Entellán (R); los nemátodos fueron diafanizados en lactofenol de Amman y los crustáceos en ácido láctico glicerinado.

Para la determinación sistemática de los distintos taxa de parásitos, se empleó la siguiente literatura: Riegenbach (1897) y Yamaguti (1959) para los cestodos adultos; además de este último autor, se consultó las descripciones de Yañez (1950) y de Soto & Carvajal (1979) para los cestodos larvales; Yamaguti (1961) y Hartwich (1974) fueron consultados para la determinación de los nemátodos, Manter (1954) y Schell (1970) para los tremátodos, Golvan (1959) y Yamaguti (1963) para los acantocéfalos, Stuardo y Faggeti (1961) para los crustáceos y Soós (1965) para el hirudíneo.

El análisis estadístico de los datos consistió en: a) Comparación de prevalencias de infección mediante las pruebas de Chi-cuadrado y de la probabilidad exacta de Fisher; b) Comparación de tendencias centrales (de la talla de los huéspedes y/o de las abundancias parasitarias) mediante la prueba "U" de Mann-Whitney, y c) cálculo del coeficiente de correlación de Spearman (r_s) entre la talla de los huéspedes y la abundancia parasitaria o las prevalencias de infección para las parasitosis más frecuentes. Esta metodología estadística fue consultada en Sokal & Rohlf (1979). La nomenclatura parasitológica que

aquí se emplea es la propuesta por Margolis *et al.* (1982).

RESULTADOS

Se colectó 28 machos y 52 hembras de congrio negro, cuyas tallas fluctuaron entre 47 y 84 cm; sin embargo, los machos (\bar{x} = 64.3 cm; D.S. = 10.2) resultaron ser significativamente más pequeños que las hembras (\bar{x} = 72.1 cm; D.S. = 7.5) ($P < 0.001$). La distribución de frecuencia de peces por intervalo de talla, para el total de la muestra, se puede observar en la parte superior de la Figura 1 (a).

Setenta y uno (88,6%) de los 80 ejemplares examinados estaba parasitado con al menos uno de los taxa de parásitos que se indican en la Tabla 1. Allí se puede observar, para cada taxa, el número total de parásitos colectados y su localización en el cuerpo del huésped; la abundancia parasitaria y su co-

eficiente de dispersión estadística (S^2/\bar{x}) está indicado para los 5 taxa de mayor prevalencia. Las parasitosis de mayor magnitud en la muestra resultaron ser las del copépodo *L. yañezi*, del cestodo *A. chilensis* y del nemátodo *Anisakis* sp., en orden decreciente.

La localización de cada taxón de parásito en el cuerpo del huésped que se observó en la presente muestra (Tabla 1), corresponde en general, con la previamente registrada en la misma u otras especies de huésped, por los autores consultados para la determinación sistemática de los parásitos. Son excepción, las larvas de *Phocanema* sp. que previamente habían sido registradas en la musculatura del mismo huésped (George-Nascimento & Carvajal, 1980), y el hirudíneo Piscicolidae, cuya localización en la cavidad celomática más bien parece deberse a un error durante el procesamiento del pez; lo más probable es que hubiese estado localizado en la piel, ya

Tabla 1. Prevalencia (% de peces parasitados), número de parásitos colectados y localización corporal de 11 taxa de parásitos encontrados en 80 congríos negros, *Genypterus maculatus* (Tschudi). Abundancia parasitaria (x de parásito por pez examinado) y coeficiente de dispersión estadístico (varianza/promedio) para los 5 taxa más abundantes.

	Prevalencia	Nº total de parásitos	Abundancia	Coficiente Dispersión	Localización Corporal
CRUSTACEA					
<i>Lepeophtheirus yañezi</i>	60.0	365	4.6	13.9	Piel y cámara branquial.
CESTODA					
<i>Anoncocephalus chilensis</i>	54.0	417	5.7	32.2	Intestino
<i>Hepatoxylon trichiuri</i>	1.2	2	—	—	Mesenterios
<i>Nybelinia</i> sp.	1.2	1	—	—	Intestino
<i>Diphyllobothridae</i>	1.2	1	—	—	Mesenterios
NEMATODA					
<i>Cucullanus</i> sp.	8.0	8	0.1	1.4	Intestino
<i>Anisakis</i> sp.	25.0	225	2.8	33.4	Submucosa estomacal y mesenterios.
<i>Phocanema</i> sp.	3.0	4	0.05	2.5	Hígado
<i>Lecitochirium genyptery</i>	1.2	2	—	—	Estómago
ACANTOCEPHALA					
<i>Corynosoma</i> sp.	1.2	1	—	—	Mesenterios
HIRUDINEA					
<i>Piscicolidae</i>	1.2	1	—	—	Cavidad celomática.

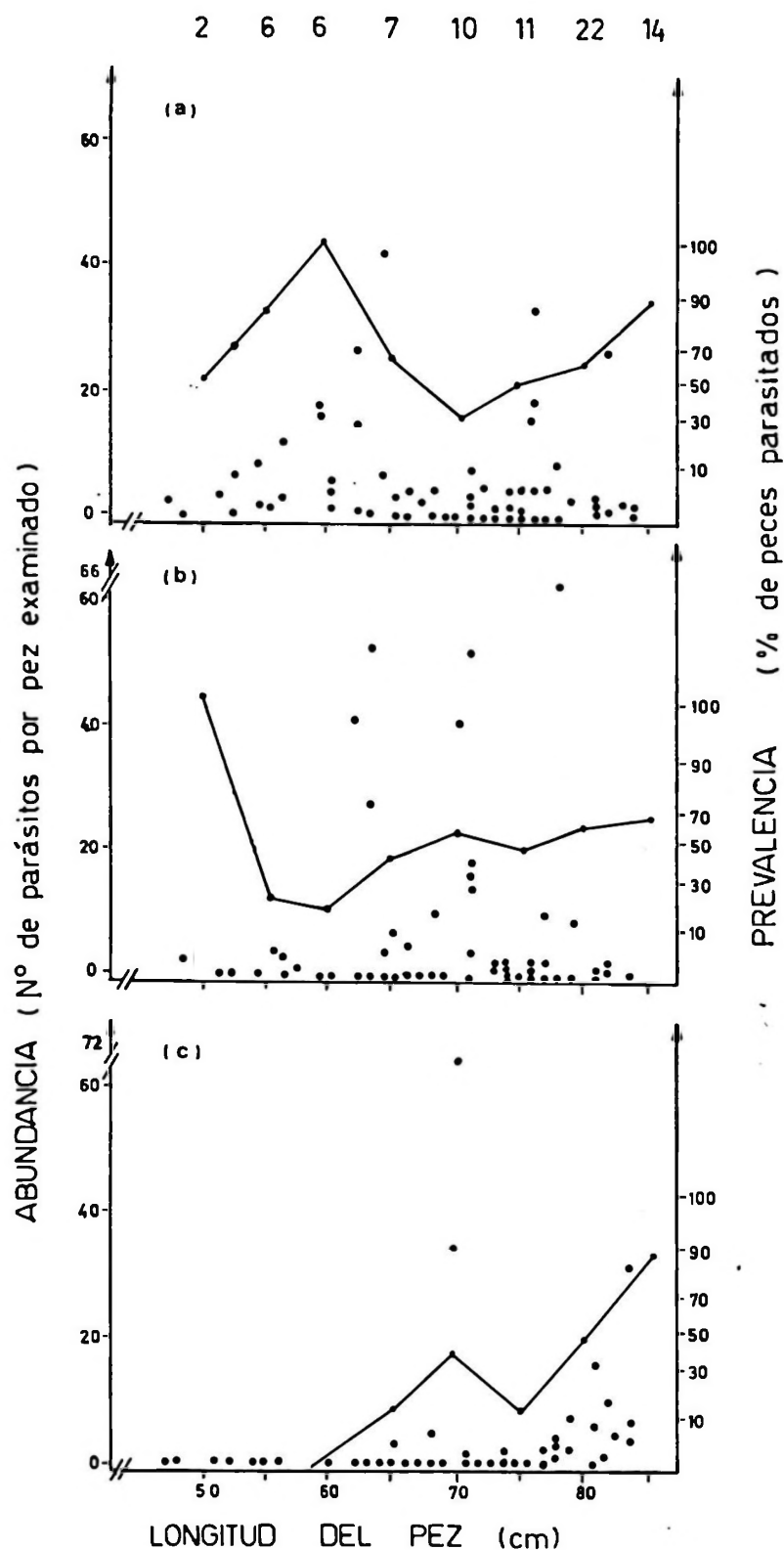


Figura 1. Prevalencia (% de peces infectados) y abundancia parasitaria (Número de parásitos por pez examinado) en las parasitosis por (a) el copépodo *L. yañezi*, (b) el cestodo *A. chilensis* y (c) el nemátodo *Anisakis sp.* En la parte superior de la figura 1 (a) se indica el número de peces examinados por intervalo de longitud (cm). La escala de porcentajes de las prevalencias ha sido transformada angularmente.

que las sanguijuelas son ectoparásitos. Cabe destacar que ninguno de los 30 ejemplares a los que se los sometió a digestión artificial de la musculatura reveló la presencia de parásitos en ella. En el caso de las infecciones por el copépodo *L. yañezi*, se observó que aunque aproximadamente la mitad del total de parásitos colectados (56,4%) estaba localizado en la piel, el número de peces que presentaba parásitos en esa localización era más del doble de los que los presentaban en la cámara branquial (46 versus 20, respectivamente, incluidas las infecciones simultáneas en ambas localizaciones).

No se encontró diferencias significativas en prevalencia ni en abundancia parasitaria entre los sexos del huésped para ninguna de las 5 parasitosis de mayor magnitud (Tabla 2), sin embargo, al considerar la talla de los congrios, se observó que la prevalencia de la parasitosis por *Anisakis* sp. estaba significativamente correlacionada con ella ($r_s = 0.90$; $P < 0.01$; $N = 8$). Las otras dos parasitosis de alta prevalencia revelaron no estar significativamente correlacionadas con la talla del huésped (*L. yañezi*, $r_s = 0.02$; $0.97 > P > 0.95$; *A. chilensis*, $r_s = 0.29$; $0.50 > P > 0.45$; $N = 8$ en ambos casos). Los mismos resultados se obtuvieron al analizar la relación entre la talla de los peces y la abundancia parasitaria, es decir, sólo *Anisakis* sp. reveló aumentar su abundancia con la talla del huésped ($r_s = 0.56$; $P < 0.001$; $N = 80$). Los valores obtenidos para *L. yañezi* y *A. chilensis* son $r_s = -0.15$ ($0.95 > P > 0.90$) y $r_s = 0.18$ ($0.95 > P > 0.90$), respectivamente ($N = 80$ en ambos casos, Figura 1).

DISCUSION

La composición de la parasitofauna de los peces marinos, así como también la prevalencia y la abundancia de las infecciones producidas por cada especie de parásito, está principalmente determinada por dos tipos de factores: ecológicos y filogenéticos (Polianski, 1961). Entre los primeros se destacan el modo de vida del huésped, el hábitat ocupado, su dieta (composición y mecanismos de alimentación), promedio de vida del huésped y del parásito, presencia de conductas migratorias del huésped, interacciones u asociaciones con otras especies de la comunidad a la que pertenece el huésped, etc. Entre los segundos cabe considerar la posición taxonómica del huésped y del parásito, y el grado de coevolución del sistema huésped parásito.

En el caso de los congrios, los antecedentes ecológicos que existen, revelan que habitan en distintos hábitats, probablemente segregados batimétricamente. De su nicho trófico, aunque los antecedentes para *G. chilensis* son escasos, se puede decir que *G. maculatus* y *G. chilensis* son eminentemente carnívoros, en tanto que *G. blacodes* es ictiofagófilo (Avilés, 1979a; 1979b; Avilés *et al.*, 1979; Bahamonde y Zavala, 1981; J. Chong, com. pers.). En el caso de *G. maculatus* se ha descrito como ítems alimentarios dominantes a *Pterygosquilla armata* y a *Pleuroncodes monodon*, aunque sus abundancias relativas en la dieta parecen haber cambiado consistentemente en el último tiempo. Antecedentes no publicados (J. Chong, com. pers.) acerca de

Tabla 2. Prevalencia, abundancia y coeficiente de dispersión estadístico de las cinco taxa de parásitos más abundantes según el sexo de 80 *G. maculatus* capturados en la zona de Talcahuano, Chile.

Taxa de parásitos	Prevalencia		N° total de parásitos		Abundancia		Coeficiente de dispersión	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
	N = 28		N = 52					
<i>L. yañezi</i>	60.7	59.6	64	301	2.29	5.78	3.62	15.39
<i>A. chilensis</i>	50.0	44.2	177	239	6.80	4.97	31.82	33.53
<i>Anisakis</i> sp.	17.9	28.8	81	145	2.89	2.78	63.77	17.25
<i>Cucullanus</i> sp.	10.7	5.7	4	4	0.14	0.07	1.40	1.47
<i>Phocanema</i> sp.	3.6	1.9	1	3	0.03	0.05	—	—

N = número total de machos y hembras

la alimentación de *G. chilensis* en la zona de Talcahuano, revelan que esta especie depreda sobre un mayor número de especies de crustáceos que *G. maculatus*, particularmente sobre crustáceos que habitan en ambiente rocoso. Estas observaciones concuerdan con el hecho de que *G. maculatus* es principalmente capturado sobre fondo fangoso o arenoso, en tanto que *G. chilensis* aparece asociado a sustrato rocoso.

Entre los resultados de este trabajo, el registro de *Cucullanus* sp., *Nybelinia* sp., la larva *Diphyllobothridae*, *L. genypteri* y del hirudíneo *Piscicolidae* es por primera vez comunicada en el huésped y en las costas de Chile. Los cuatro últimos taxa recién mencionados son hasta el momento, exclusivos de *G. maculatus*. De lo registrado para *G. chilensis* (Cervajal & Campbell, 1979; Vergara & George-Nascimento, 1982), se deduce que los protozoos *Microsporida*, el plerocercario de *Grillotia heptanchi*, las larvas de *Contracaecum* sp. y el trematodo *Hemiuridae* son exclusivos de ella. Sin embargo, es probable que tanto el trematodo como el acantocéfalo y *Cucullanus* sp. sean la misma especie para ambos huéspedes. (El escaso número y mal estado de los parásitos colectados en una u otra especie de huésped no permite ser concluyente en este sentido). En todo caso, existe una gran similitud cualitativa en la parasitofauna de *G. maculatus* y en la del *G. chilensis* ya que de un total de 15 taxa registrados para ambas especies, 8 son compartidos. Además, al igual que en *G. chilensis*, en *G. maculatus* se ha registrado 11 taxa de parásitos, para los cuales es huésped definitivo de 5 y huésped intermediario o paraténico de los restantes. De estos últimos se puede deducir que, para ambas especies de huésped, sus principales depredadores serían elasmobranquios y mamíferos marinos, y entre éstos, el lobo marino común *Otaria flavescens* Shaw (Bustamante, 1983).

Entre los taxa de parásitos que ambas especies comparten, se destaca la dominancia, en ambas especies de huésped, del copépodo ectoparásito *L. yañezi*. Los parásitos de este género son característicos de peces de hábitos demersales (e.g. *Sebastes*, *Graus*, *Polyprion*, *Pleuronectes*) (Boxshall, 1974; Atria, 1977), por ende, su presencia en ambas especies de congrios es un indicador de este tipo de conducta.

Los endoparásitos de *G. maculatus* y de *G. chilensis* probablemente llegan a ellos a través

de la alimentación, por lo tanto, al hacer comparaciones de la prevalencia y/o abundancia de las infecciones para un taxón de parásito entre ambas especies de huésped, las diferencias podrían ser adjudicadas a una segregación en el nicho trófico. Sin embargo, la composición de edades de las muestras a comparar, la época del año en la que se realizaron los muestreos y el grado de especificidad de los parásitos por una especie particular de huésped, podría influir en la obtención de dichos resultados. En el presente estudio, ante la carencia de antecedentes acerca de la tasa de crecimiento de las especies de congrios (e incluso entre sexos dentro de una misma especie), es inútil especular respecto a la influencia que tendría la composición de tallas de los peces en la muestra, sobre la composición de su parasitofauna; al menos, el muestreo sobre un amplio rango de tallas de los huéspedes permite disminuir, en parte, la magnitud del posible error. Por otra parte, es posible que debido a que Vergara & George-Nascimento (op. cit.) realizaron el muestreo de congrio colorado en una época diferente a la presente, se puedan explicar algunas diferencias cuantitativas en el parasitismo de ambos huéspedes. Por ejemplo, la gran diferencia (en prevalencia y abundancia) de la magnitud del parasitismo por el nemátodo *Cucullanus* sp. entre ambas especies de huésped pudiera deberse a oscilaciones estacionales de la tasa de infección, ya que éste es un sistema parasitario en el que los parásitos son reclutados al tracto digestivo del huésped, y posteriormente son eliminados, por una reacción de rechazo por parte del huésped o por senectud de las infrapoblaciones parasitarias (Kennedy, 1975). En el caso de esta parasitosis es poco probable que las diferencias se deban a una especificidad diferencial del parásito por una especie de huésped ya que en otras especies de *Cucullanus* se ha observado una baja especificidad al infectar a huéspedes del mismo género (Polyanski, 1955). Los mismos fundamentos recién expuestos pueden ser considerados válidos para la parasitosis por el cestodo *A. chilensis*.

En contraste a lo discutido para las dos especies de enteroparásitos para los cuales *G. maculatus* y *G. chilensis* son huésped definitivo, las diferencias en prevalencia y abundancia de las infecciones por *Anisakis* sp. y *Corynosoma* sp. son claramente indicadoras de la segregación en el nicho trófico entre ambas

especies de huésped, aunque él o los items alimentarios infectantes no hayan sido identificados. Esta afirmación emerge del hecho que estas parasitosis se acumulan en el huésped, ya que los parásitos, de un largo promedio de vida, al estar en la cavidad celomática del huésped, no pueden escapar de él. Este hecho permite explicar la correlación positiva entre la talla del huésped y la abundancia de *Anisakis* sp. en este huésped, y en *Merluccius gayi* (Carvajal *et al.*, 1979) y *Trachurus murphyi* (George-Nascimento *et al.*, 1983). Por lo expuesto es que en estas parasitosis por estados larvales con largo promedio de vida, la época del año en que se realice el muestreo, y la composición de tallas (edades) de las muestras (en la medida en que abarquen un amplio rango de tallas), tendrían escasa influencia en la magnitud del parasitismo. La única otra posibilidad de error en la interpretación de estos resultados, como podría ser el que las diferencias en la magnitud de las infecciones se debiera a la especificidad de los parásitos por alguna especie particular de huésped, queda descartada, ya que los estados larvales de *Corynosoma* sp. y *Anisakis* sp. están ampliamente distribuidas en diversas especies de peces, en esta misma zona (George-Nascimento & Carvajal, 1980; 1981).

Finalmente, cabe destacar que el hallazgo de la larva plerocercoides Diphyllobothridae puede representar el primer registro del estado larvario de *Diphyllobothrium pacificum* (Nybelin, 1931) en peces de la costa chilena. Este parásito se encuentra al estado adulto en el intestino delgado del lobo marino común *O. flavescens* (Cattan *et al.*, 1977), y su trascendencia radica en que existen registros de varios casos clínicos humanos en la costa chilena y peruana, ocasionados por consumo de peces en forma de cebiche (Baer *et al.*, 1967; Baer, 1969; Atías & Cattan, 1976; Saguá *et al.*, 1976). La determinación específica de este parásito suele lograrse mediante infección experimental de mamíferos domésticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ATÍAS, A. Y CATTAN, P.E. 1976. Primer caso de infección por *Diphyllobothrium pacificum* en Chile. *Revista Médica de Chile* 104: 216-217.
- ATRIA, G. 1977. Lista de copépodos asociados a organismos marinos de Chile. (Caligoida, Lernaepoidea y Cyclopoida). *Noticiario Mensual. Museo Nacional Historia Natural, Chile* 21: 3-6.
- AVILÉS, G. 1979a. Congrio colorado *Genypterus chilensis* (Guichenot) Teleostomi Perciformes Ophidiidae. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Corporación de Fomento de la Producción. Tomo I. Peces. 9 pp.
- AVILÉS, G. 1979b. Congrio negro *Genypterus maculatus* (Tschudi) Teleostomi Perciformes Ophidiidae. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Corporación de Fomento de la Producción. Tomo I. Peces. 16 pp.
- AVILÉS, G.; AGUAYO, M.; CAÑON, J. 1979. Congrio dorado *Genypterus blacodes* (Schneider) Teleostomi Perciformes Ophidiidae. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Corporación de Fomento de la Producción. Tomo I. Peces. 22 pp.
- BAER, J.G.; MIRANDA, H.; FERNÁNDEZ, W.R.; MEDINA, J.T. 1967. Human Diphyllobothriasis in Peru. *Z. f. Parasitenkunde* 28: 277-289.
- BAER, J.G. 1969. *Diphyllobothrium pacificum* a tapeworm from sea lions endemic in man along the coastal area of Peru. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26 (4): 717-723.
- BAHAMONDE, N.N. Y ZAVALA, P. 1981. Contenidos gástricos en *Genypterus maculatus* (Tschudi) y *Genypterus blacodes* (Schneider) capturados en Chile entre 31° y 37°S. (Teleostomi, Ophidiidae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*. 38: 53-59.
- BEVERLEY-BURTON, M. AND PIPPY, J.H.C. 1978. Distribution, prevalence and mean numbers of larval *Anisakis simplex* (Nematoda: Ascaroidea) in Atlantic Salmon *Salmo salar* L. and their use as biological indicators of host stocks. *Environmental Biology of fish* 3: 211-222.
- BOXSHALL, G.A. 1974. The population dynamics of *Leoprophtheirus pectoralis* (Muller): dispersion pattern. *Parasitology* 69: 373-390.
- BUSTAMANTE, R. 1982. Alimentación del lobo marino común *Otaria flavescens* Shaw, 1800, en la costa de la región del Bio-Bío y de la Araucanía, Chile. Informe final para optar al título de Técnico Marino. Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano. 57 pp.
- CARVAJAL, J.; CATTAN, P.E.; CASTILLO, C.; SCHATTE, P. 1979. Larval anisakids and other helminths in the hake *Merluccius gayi* (Guichenot, 1884) from Chile. *Journal of Fish Biology* 15: 671-677.
- CARVAJAL, J. Y CAMPBELL, R. 1979. Identificación de las larvas de cestodos tetraquinidos presentes en las merluzas y congrios de Puerto Montt, Chile. *Boletín Chileno de Parasitología* 34: 65-67.
- CATTAN, P.E. Y VIDELA, N.N. 1976. Presencia de larvas de *Anisakis* sp. en el jurel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920 (Algunas consideraciones sobre su relación con el granuloma eosinofílico en el hombre). *Boletín Chileno de Parasitología* 31: 71-74.
- CATTAN, P.E. 1977. El congrio dorado *Genypterus blacodes*, Schneider, nuevo registro en Chile para *Hepatoxylon trichiuri* Holten, 1802. *Boletín Chileno de Parasitología* 32: 92-93.
- CATTAN, P.E.; ATÍAS, A.; BABERO, B.B.; TORRES, D. 1977. Helmintofauna de Chile: V. Primer hallazgo de *Diphyllobothrium pacificum* (Nybelin, 1931) Margolis, 1956, en lobos marinos de la costa chilena. *Revista Ibérica de Parasitología* 37 (3-4): 285-290.
- DAVEY, J.T. 1972. The incidence of *Anisakis* sp. larvae (Nematoda: Ascaridata) in the commercially exploited stocks of herring (*Clupea harengus* L., 1758) (Pis-

- ces: Clupeidae) in British and adjacent waters. *Journal of Fish Biology* 4: 535-554.
- DELFIN, F.T. 1903. Los congrios de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 7: 154-192.
- GEORGE-NASCIMENTO, M. y CARVAJAL, J. 1980. Nuevos registros de nematodos anisakidos en la fauna marina chilena. *Boletín Chileno de Parasitología* 35: 15-18.
- GEORGE-NASCIMENTO, M. y CARVAJAL, J. 1981. Helminios parásitos del lobo marino común *Otaria flavescens* Shaw, en el golfo de Arauco, Chile. *Boletín Chileno de Parasitología* 36: 72-73.
- GEORGE-NASCIMENTO, M. y ORTIZ, E. 1982. Nuevos registros de huésped para el plerocercario de *Hepatoxylon trichiuri* (Holten, 1802) (Cestoda: Trypanorhyncha) en peces marinos chilenos. *Parasitología al Día VI* (6): 39.
- GEORGE-NASCIMENTO, M.; CARVAJAL, J.G.; ALCAÍNO, H.C. 1983. Occurrence of *Anisakis* sp. larvae in the Chilean Jack Mackerel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 31-37. (prensa).
- GOLVAN, Y.J. 1959. Acantocephales du genre *Corynosoma* Luhe, 1904, parasites de mammifères d'Alaska et de Midway. *Annales de Parasitologie* 34 (3): 288-321.
- HARTWICH, G. 1974. Key to genera of the Ascaridoidea. Commonwealth Agricultural Bureaux Publications. 15 pp.
- KENNEDY, C.R. 1975. *Ecological Animal Parasitology*. Blackwell Scientific Publication, London. 163 pp.
- MANter, H.W. 1954. Some trematode species from New Zealand marine fishes. *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 82: 475-568.
- MARGOLIS, L.; ESCH, G.W.; HOLMES, J.C.; KURIS, A.M.; SCHAD, G.A. 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68 (1): 131-133.
- NOVOTNY, A.J. AND J.R. UZMANN. 1960. A statistical analysis of the distribution of a larval nematode (*Anisakis* sp.) in the musculature of chum salmon (*Oncorhynchus keta* Walbaum). *Experimental Parasitology* 10: 245-262.
- PLATT, N.E. 1975. Infestation of cod (*Gadus morhua* L.) with larvae of codworm (*Terranova decipiens* Krabbe) and herringworm, *Anisakis* sp. (Nematoda: Ascaridata) in north Atlantic. *Journal of Applied Ecology* 12: 437-450.
- POLYANSKI, YU, I. 1955. Parasites of the fish of the Barents sea. Trans. from russian. Published for the U.S. department of the interior and the National Science Foundation, Washington, D.C. by the Israel Program for Scientific Translations. 158 p.
- POLYANSKI, YU, I. 1961. Ecology of parasites of marine fishes. En: *Parasitology of fishes*: 48-83. V.A. Dogiel, G.K. Petrushevski and Yu. I. Polyanski (eds.). Oliver and Boyd, London.
- RIGGENBACH, E. 1897. *Bothriolenia chilensis* nov. esp. *Actas de la Société Scientifique du Chili* 7: 1-3.
- SAGUA, H.; MIRANDA, E.; FUENTES, A.; VLADILLO, V. 1976. *Diphyllobothrium pacificum* (Nybelin, 1931) Margolis, 1956. Primeros dos casos de infección humana en el norte de Chile. *Boletín Chileno de Parasitología* 31: 33.
- SHELL, S.C. 1970. How to know the trematodes. W.M.C. Brown Co. Pub. 355 p.
- SOKAL, R.R. y ROHLF, F.J. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Ed. Madrid, España. 832 p.
- SOOS, A. 1965. Identification key to the leech (Hirudinoidea) genera of the world, with a catalogue of the species. I. Family: Piscicolidae. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 11: 417-463.
- SOTO, J.M. y CARVAJAL, J.G. 1979. Parásitos cestodos de algunos peces comerciales de Antofagasta, Chile. *Boletín Chileno de Parasitología* 34: 67-71.
- STUARDO, J. y FAGETTI, E. 1961. Copépodos parásitos chilenos. I. una lista de las especies conocidas y descripción de tres nuevas especies. *Revista Chilena de Historia Natural* 55: 55-83.
- VERGARA, L. y GEORGE-NASCIMENTO, M. 1982. Contribución al estudio del parasitismo en el congrio Colorado *Genypterus chilensis* (Guichenot, 1848). *Boletín Chileno de Parasitología* 37: 9-14.
- YAMAGUTI, S. 1959. *Systema Helminthum*. 2. The Cestodes of Vertebrates. Interscience Publishers Ltd., London, 860 p.
- YAMAGUTI, S. 1961. *Systema Helminthum*. II. Nematodes of Vertebrates. Interscience Publishers Ltd., London. Part I. 679 p.
- YAMAGUTI, S. 1963. *Systema Helminthum*. V. Acanthocephala. Interscience Publishers Ltd., London. 423 p.
- YÁÑEZ, P. 1950. Observación de un *Dibothriohynchus*, parásito del azulejo. *Revista de Biología Marina* 2: 165-166.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con fondos del proyecto DIUC 98/80 de la Dirección de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Nuestro reconocimiento a los alumnos del curso de Parasitología Marina dictado en el segundo semestre de 1981, por su colaboración en el muestreo. Los señores Patricio Bernal y Eduardo Tarifeño hicieron valiosas observaciones al manuscrito, y la señorita Luisa Vergara hizo excelentes tinciones de los parásitos colectados.

PARASITISMO DE JUVENILES DE COPEPODOS CALIGOIDEOS SOBRE LARVAS DE PECES EN BAHIA COLIUMO (36°32'S; 75°57'W), CHILE.

PARASITISM BY JUVENILE CALIGOID COPEPODS ON FISH LARVAE IN COLIUMO BAY (36°32'S; 75°57'W), CHILE.

Guillermo Herrera C.*

RESUMEN

Se entregan antecedentes, principalmente cualitativos de la presencia de estadios de desarrollo de copépodos parásitos, sobre determinadas larvas de peces costeros de la zona de la Bahía de Coliumo.

De un muestreo efectuado en agosto y septiembre de 1981, se obtuvieron cinco formas larvales de peces parasitadas pertenecientes a *Gobiesox marmoratus*, *Ophiogobius jenynsi* y otras tres no identificadas. Los parásitos se atribuyeron a representantes de Caligidae y responden a estadios de copepoditos y de chalimus.

Finalmente, se discuten algunos alcances relacionados con probables consecuencias ecológicas derivadas de la presencia de los parásitos registrados en las larvas de peces colectadas.

ABSTRACT

Qualitative information on the presence of developmental stages of parasite-copepods on fish larvae from the coastal zone of Coliumo Bay (Chile) is presented.

From samples collected during August and September in 1981, five types of fish larvae were found to be parasitized. They were *Gobiesox marmoratus*, *Ophiogobius jenynsi* and three unidentified species. Parasites were considered as Caligidae representatives corresponding to both copepodids and chalimus stages.

Considerations regarding probable ecological consequences derived from the presence of parasites recorded on the collected fish larvae are discussed.

INTRODUCCION

La sobrevivencia de los estados tempranos de vida de los peces sería de crucial importancia en la mantención del tamaño de la población adulta. Las larvas de peces tienden a ser susceptibles a daños debido a su delicada naturaleza, especialmente por su delgado integumento, y ha habido algunos reportes de la sensibilidad de las mismas por heridas infligidas por predadores y parásitos (Hickey, 1979).

Los efectos que ciertos parásitos puedan tener sobre larvas de peces, son variados. Así Marak (1960) encontró que el parasitismo de *Caligus* sp. aparentemente no suprimió la alimentación de las larvas de *Gadus morhua*, *Melanogrammus aeglefinus* y *Pollachius virens*. Por otro lado, Rosenthal (1967) reportó que el copépodo *Caligus rapax*, y que las larvas del copépodo parásito *Lernaeocera* sp. atacaron y mataron larvas de arenque cuando los copépodos fueron ofrecidos como alimento en plancton natural. Novotny y Mahnken

(1971), hallaron que juveniles del salmón rosado, *Oncorhynchus gorbuscha*, fueron perforados por un isópodo marino, *Rocinella belli-ceps pugettensis*, el cual fue ofrecido como alimento. Las pequeñas pero profundas perforaciones penetraron considerablemente en la pared del cuerpo y los juveniles murieron en un lapso de minutos. Información de esta naturaleza, en lo que se refiere a especies chilenas, aún no está disponible en la literatura.

Wilson (1905) entregó un detallado estudio de aspectos de la historia natural de los copépodos caligoideos norteamericanos. En él se explican los mecanismos por los cuales los estados larvales se fijan ya sea a huéspedes intermediarios o definitivos, y de cómo ellos van creciendo y modificándose a través de sucesivas etapas de desarrollo hasta llegar a la etapa adulta. Wooten et al. (1982) resumen a su vez la secuencia de desarrollo de Caligidae, tomando como ejemplo a *Caligus salmo-*

*Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano. Departamento de Biología y Tecnología del Mar. Casilla 127 - Talcahuano, Chile.

nis. En diferentes trabajos con caligoideos en aguas chilenas (e.g. Stuardo y Fagetti, 1961a, b; Castro y Baeza, 1981) se hace mención en forma exclusiva a formas adultas presentes sobre peces marinos. Poco se sabe de su historia natural y de los efectos que puedan causar a otros organismos.

El propósito del presente trabajo es el de entregar información, de carácter eminentemente cualitativa, de la presencia de larvas de copépodos caligoideos sobre ciertas larvas de peces costeros de la zona de la Bahía de Coliumo (36°32'S; 72°57'W), Chile.

MATERIALES Y METODOS

El material utilizado provino de la colección de muestras planctónicas superficiales semanales efectuadas durante los meses de agosto y septiembre de 1981 en la Bahía de Coliumo. Se utilizó una red cónica simple de 40 cm de diámetro de boca y 365 μ m de abertura de malla. Las muestras se tomaron mediante arrastre de 10 min. de duración a velocidades de 2 a 3 nudos aproximadamente, cubriendo más o menos la capa de los 0 a los 5 metros de profundidad. Ellas fueron fijadas inmediatamente en formalina al 5%, neutralizada con bórax. Las muestras fueron separadas en el laboratorio, donde se procedió al análisis de las larvas infestadas.

RESULTADOS

Durante el muestreo efectuado, fueron detectadas cinco formas larvales con parásitos sobre la superficie corporal. Sólo pudieron

ser identificadas dos de ellas: *Gobiesox marmoratus* y *Ophiogobius jenynsi*. Las otras tres se entregan con los nombres Tipo A, B y C. En razón a la ausencia de descripciones de fases de desarrollo de copépodos caligoideos chilenos, los parásitos sólo pueden ser atribuidos a representantes de algún género de Caligidae, dada su similitud con formas del mismo género presentes en otras latitudes (e.g. Lewis 1963; Kabata 1972).

Se detalla a continuación las observaciones realizadas:

Gobiesox marmoratus (Figura 1)

Las larvas de esta especie son muy abundantes en la zona de muestreo. Estas resultaron ser las más numerosamente representadas por individuos parasitados. En las figuras 1a y b se ilustran dos ejemplares con algunos estados juveniles de copépodos adheridos. Éstos fueron hallados sobre los costados de la larva, en posición preanal o epianal, en o bajo la línea media lateral. Sólo ocasionalmente fueron hallados ejemplares por arriba de la línea media o en la región postanal. Nunca fueron encontrados al nivel de las aletas pectorales o en la región cefálica. En algunas larvas de talla mayor se observó ciertos levantamientos del tegumento de la larva (fig. 2b) en los puntos donde se halló un parásito adherido. Normalmente se encontró un solo juvenil de copépodo en cada larva, sin embargo en algunos casos, especialmente en ejemplares más grandes, fueron hallados dos, tres, y en un caso, cuatro.

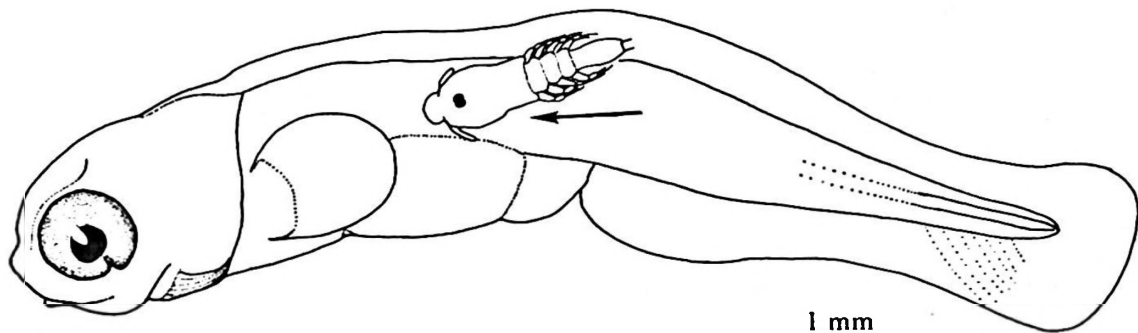


Figura 1a. Larva de *Gobiesox marmoratus*. La flecha indica la posición del copépodo parásito. Se ha omitido la pigmentación de la larva del pez.

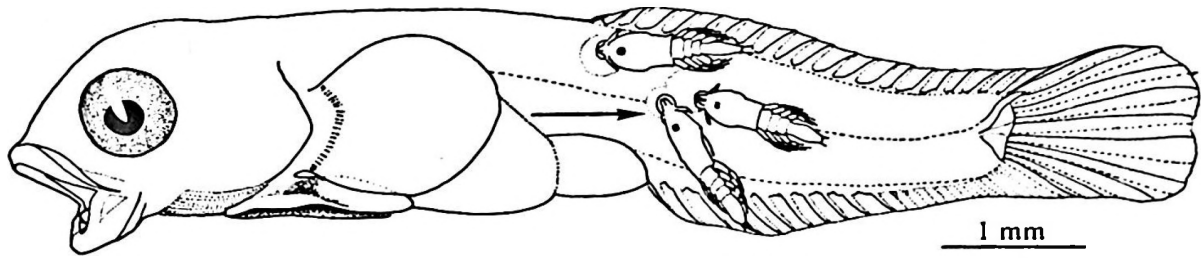
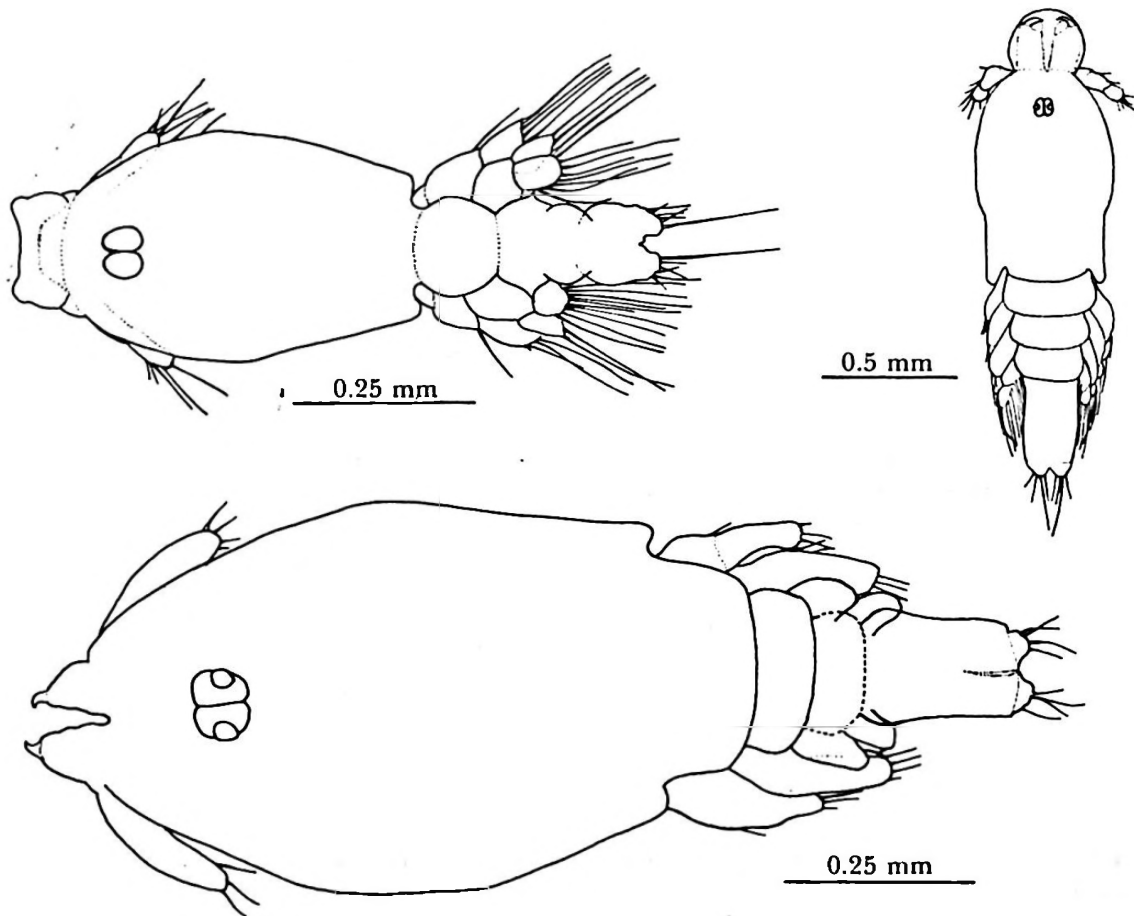


Figura 1b. Larva de *Gobiesox marmoratus*. Indicaciones igual que 1a.

En las figuras 1c, d y e se muestran algunos de los estadios de desarrollo de los copépodos que fueron observados sobre la especie en cuestión, correspondiendo principalmente a copepoditos, ya que sólo se hallan adheridos por medio de la segunda antena y aún no presentan filamento rostral. La presencia de parásitos fue detectada du-

rante los dos meses en que se efectuó el plan de muestreo. Dada la cantidad de ejemplares infestados que fue hallada, cuando se observó parasitismo, en algunas muestras es posible determinar un valor de incidencia parasitaria con cierta confiabilidad, asumiendo a éste valores que oscilaron entre 3,8 y 15,2%.



Figuras c, d, y e. Diferentes estadios de desarrollo de *Caligidae* encontrados en larvas de *G. marmoratus*.

Ophiogobius jenynsi (Figura 2)

Fueron recolectados sólo tres larvas parasitadas de esta especie. Los copépodos corresponden en este caso a estados de chalimus, con un filamento rostral claramente desarrollado (fig. 2b), que estaban adheridos principalmente en la región cefálica. Específicamente

fueron hallados sobre la membrana que une los rayos branquiostegos, y en la superficie cefálico ventral sobre la sínfisis del cleitro.

En razón al bajo número de larvas infestadas halladas, lo mismo vale para los casos subsiguientes, se prefirió no calcular un valor de incidencia parasitaria.

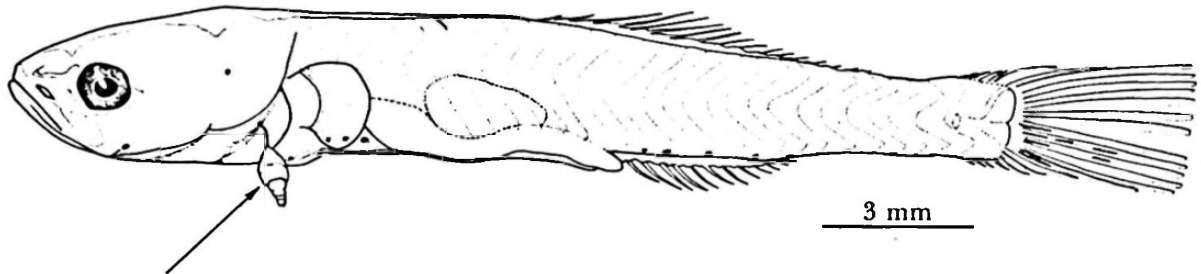


Figura 2a. Larva de *Ophiogobius jenynsi*. Indicaciones igual que 1a.

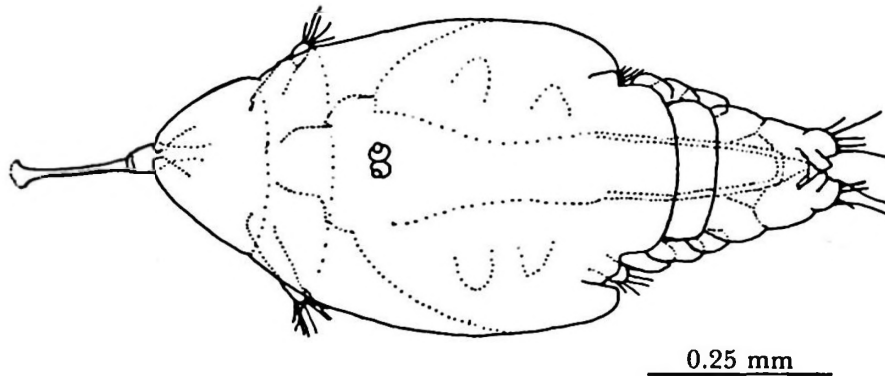


Figura b. Estadio "Chalimus" de copépodo *Caligidae* encontrado sobre la larva de *O. jenynsi* mostrada en 2a.

Larvas Tipo A (Figura 3)

Se reunió alrededor de 25 larvas, identificándose sólo copepoditos entre los estadios de

desarrollo adheridos. Todos ellos fueron observados en posición ventral, adosados a la superficie intestinal.

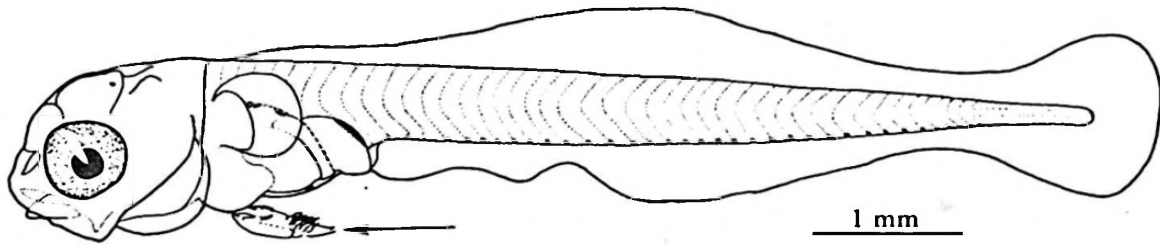


Figura 3a. Larva de tipo A. Indicaciones igual que 1a.

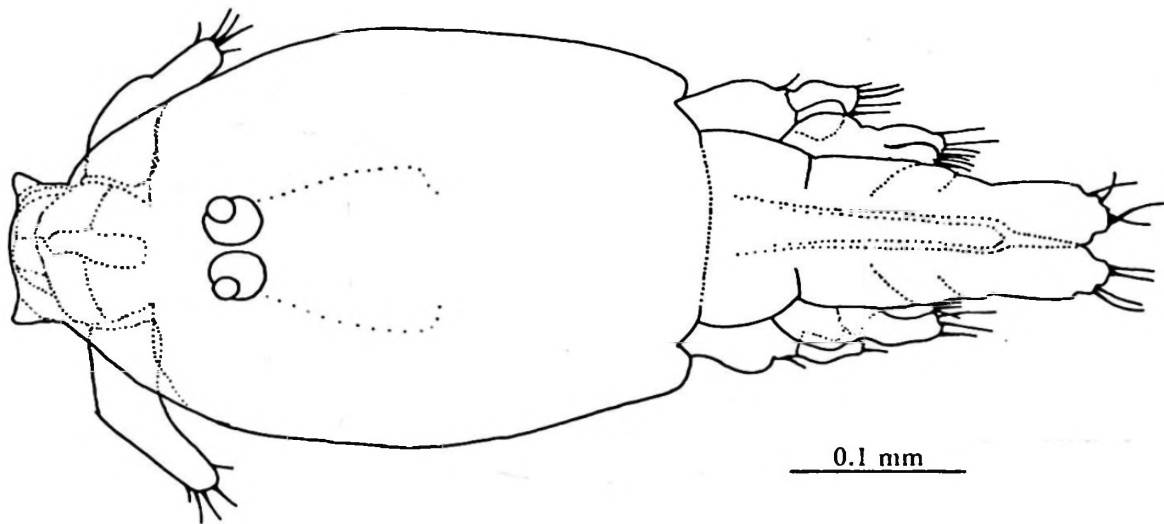


Figura b. Estadio "Copepodito" de Caligidae parásito en larva tipo A.

Larvas Tipo B (Figura 4)

Representada por un solo ejemplar. Este se hallaba parasitado por un individuo en esta-

do de chalimus de gran tamaño, el cual estaba adherido sobre la superficie occipital de la región cefálica.

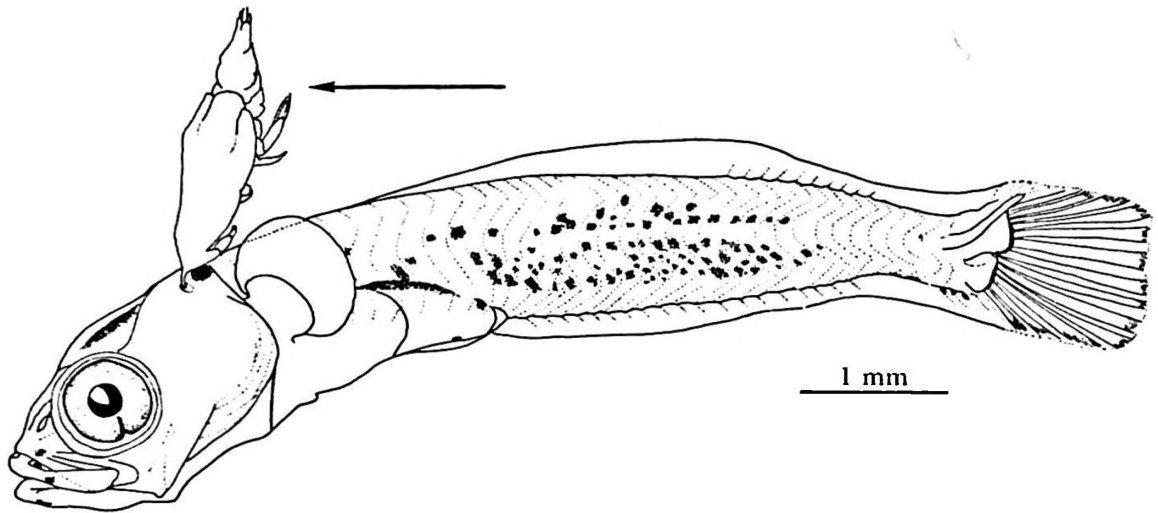


Figura 4a. Larva tipo B. Indicaciones igual que en 1a.

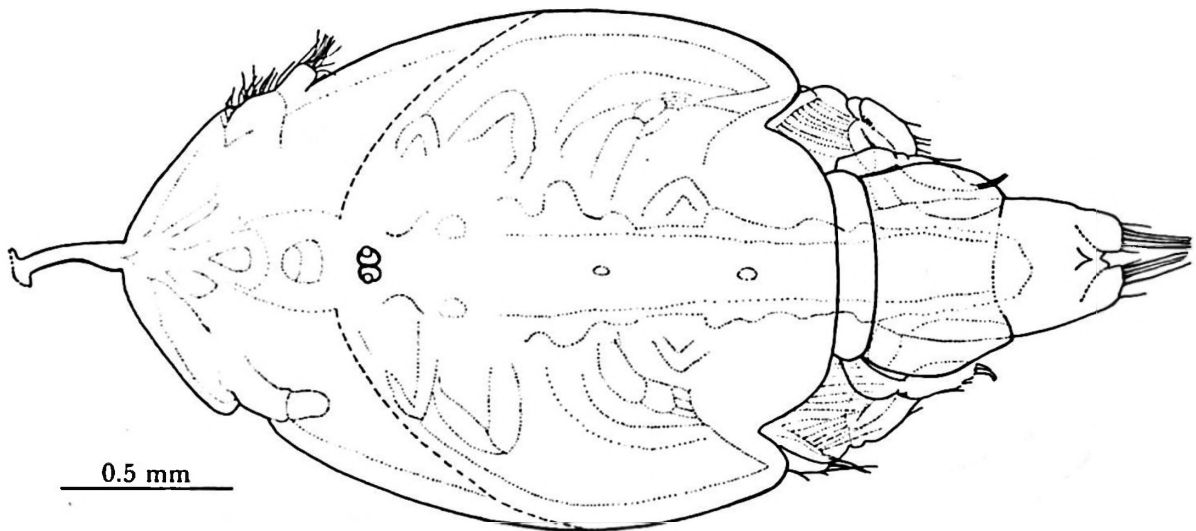


Figura b. Estadio "Chalimus" de Caligidae encontrada sobre larva tipo B.

Larvas Tipo C (Figura 5)

También fue detectado solamente un ejemplar con parásitos. Este corresponde a un

copepodito del mismo tipo que fue hallado en los casos anteriores, y que estaba sujeto al tegumento en la zona de la sínfisis del cleitro, en posición ventral.

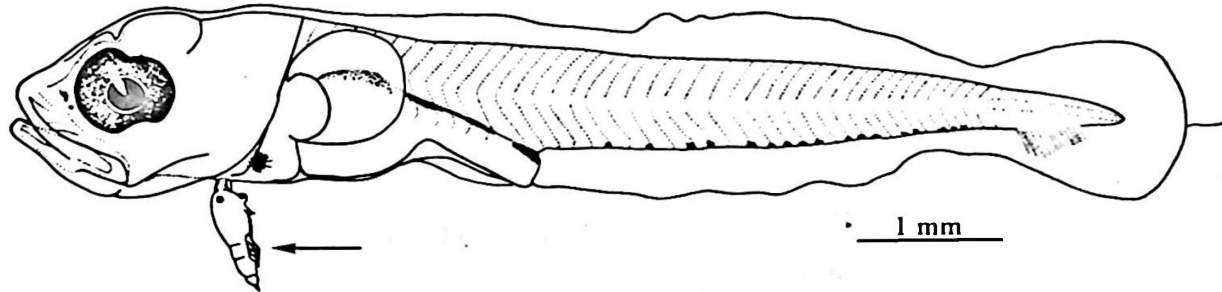


Figura 5a. Larva tipo C. Indicaciones igual que 1a.

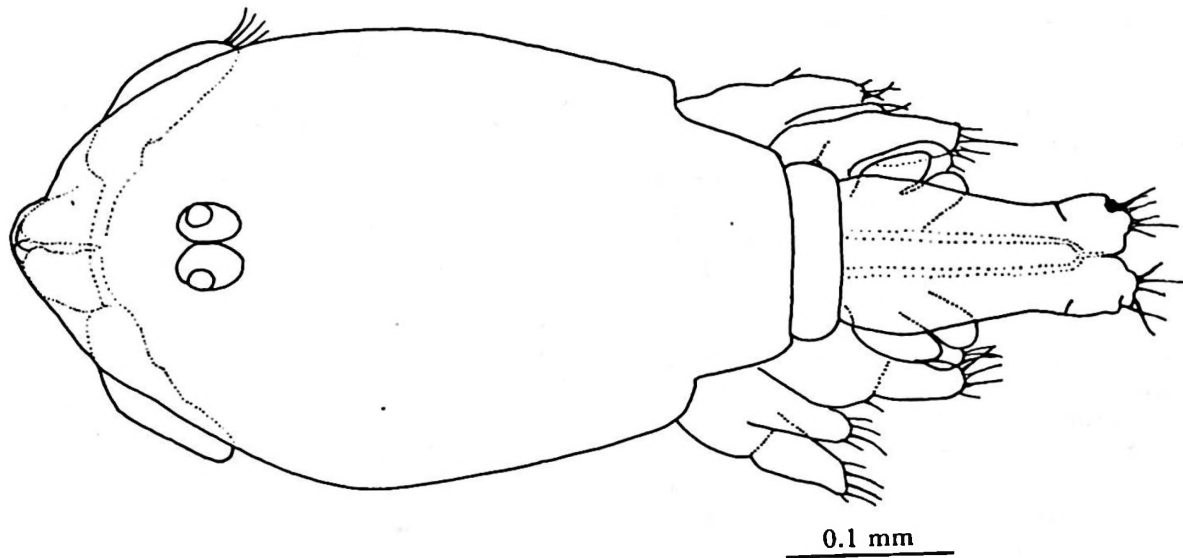


Figura b. Estadio "Copepodito" de Caligidae encontrado en larva tipo C.

DISCUSION

Los presentes reportes son difíciles de relacionar con la sobrevivencia en la naturaleza. Si bien es cierto que en los registros de infestación de caligoideos sobre larvas de peces no se halla un efecto letal evidente, al menos se insinúa la posibilidad de daño indirecto. Rosenthal (1967) señaló que ejemplares de *Caligus rapax* no produjeron efectos adversos considerable sobre la actividad natatoria del arenque *Clupea harengus*. Pero a la vez observó que la alimentación llegó a ser más difícil, incrementándose el número de intentos fallidos de ingestión de partículas, en comparación con lo observado en larvas normales. Hickey (1979) sugiere que las larvas serían más sensibles a daños en los estados más tempranos de desarrollo, especialmente si éstas resultan debilitadas por falta de alimento. Pero a la vez plantea la posibilidad de que aun larvas tempranas deberían sobrevivir al tipo de daño como aquel provocado por pequeñas formas de copépodos ramoneadores. En los copepoditos de los caligoideos se puede apreciar ya un considerable número de adaptaciones, tanto morfológicas como de comportamiento, destinadas a facilitar la adhesión sobre un huésped. Así las segundas antenas han llegado a ser más bien órganos prehensibles en vez de locomotores, como ocurre en etapas previas de desarrollo (Wilson, 1905), los que son agitados constantemente en un movimiento de rastrilleo en la evidente actitud de engancharlos en algo. Una vez adherido, ocurre la formación de la larva chalimus, que por medio de un filamento rostral se mantiene unido al huésped. Posteriormente viene la fase adulta. Pocas referencias pueden ser halladas respecto a la situación de si este desarrollo se puede efectuar en forma viable sólo en un huésped o en varios.

Considerando las revisiones de copépodos, parásitos presentes en aguas chilenas, podemos apreciar que no existe reportes de caligoideos sobre *Gobiosox* ni tampoco sobre *Ophiogobius* que permitan suponer que esta infestación forma parte de un sistema hospede-

dador-huésped que funcione desde la etapa larval. Más bien esta situación podría ser atribuida a una incidencia ocasional provocada por el comportamiento peculiar de los copepoditos de este grupo. Por lo tanto es probable que éstos provengan de formas adultas de copépodos parásitos y que se hallan en diversas especies de peces, siendo las larvas sólo huéspedes intermediarios accidentales. Se requeriría efectuar algunas descripciones larvales para precisar con qué especies estamos tratando.

LITERATURA CITADA

- CASTRO, R.; H. BAEZA. 1981 *Lepeophtheirus dissimulatus* Wilson, 1905 and *Lepeophtheirus zbignewi* (Copepoda: Caliginae) new species parasites of inshore fishes from the Pacific coast of Chile, South America. *Bulletin of Marine Science*. 31 (2): 318-328.
- HICKEY, G.M. 1979. Survival of fish larvae after injury. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 37 : 1-17.
- LEWIS, A.G. 1963. Life history of the caligid copepod *Lepeophtheirus dissimulatus* Wilson, 1905 (Crustacea: Caligoida). *Pacific Science*. 17 : 192-242.
- MARAK, R.R. 1960. Foods habits of larval cod, haddock, and coalfish in the Gulf of Marine and Georges Bank area. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*. 25 : 147-157.
- NOVOTNY, A.J.; V.W. MAHNKEN. 1971. Predation on juvenile Pacific salmon by a marine isopod, *Rocinnella belligera* pugettensis (Crustacea: Isopoda). *Fishery Bulletin, National Marine Fishery Service, U.S.* 25 : 147-157.
- ROSENTHAL, H. 1967. Parasites in larvae of the herring (*Clupea harengus* L.) fed with wild plankton. *Marine Biology*. 1 : 10-15.
- STUARDO, J.; E. FAGETTI. 1961. Copépodos parásitos chilenos I. Una lista de especies conocidas y descripción de tres especies nuevas. *Revista Chilena de Historia Natural*. 55 : 55-82.
- FAGETTI, E.; J. STUARDO. 1961. Copépodos parásitos chilenos III. *Gayana, Zoología*. 3 : 1-14.
- KABATA, Z. 1972. Developmental stages of *Caligus clemensi* (Copepoda: Caligidae). *Sarsia* 63 : 169-176.
- WILSON, CH. B. 1905. North American parasitic copepods belonging to the Family Caligidae. Pt. 1, The Caliginae. *Proceedings of the United States National Museum*. 28 : 479-672.
- WOOTEN, R., J.M. SMITH, E.A. NEEDHAM. 1982. Aspects of the parasitic copepods *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* on farmed salmonids, and their treatment. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*. 81B : 185-197.

DISTRIBUCION VERTICAL Y COMPOSICION DE LAS AGRUPACIONES DE ICTIOPLANCTON Y ZOOPLANCTON DE INVERTEBRADOS EN EL PACIFICO TROPICAL ORIENTAL

VERTICAL DISTRIBUTION AND COMPOSITION OF ICHTHYOPLANKTON AND INVERTEBRATE ZOOPLANKTON ASSEMBLAGES IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC

V.J. Loeb¹ and J.A. Nichols^{2*}

RESUMEN

Se describe la composición y distribución vertical del ictioplancton y zooplancton de invertebrados del estrato 0-100 m. en la región NW del Pacífico Tropical Oriental, usando datos de 23 muestras de neuston y 166 muestras estratificadas de redes tipo "bongo". La máxima abundancia del zooplancton de invertebrados (número x 10 m^{-2}) se presenta durante el día en la zona inferior del estrato de mezcla (~ 40 m; definido por XBT) y en la zona superior del estrato de mezcla durante la noche; se presentan también altas concentraciones (número x 1000 m^{-3}) en el neuston tanto en el día como en la noche. La máxima abundancia y diversidad de ictioplancton (número de taxa) se presenta en la parte superior de la termoclina, encontrándose la mayoría de los individuos y especies por debajo de la profundidad de máxima abundancia de los taxa principales de zooplancton de invertebrados. La distribución del ictioplancton de profundidad y la dominancia numérica de las especies que son "habitantes de profundidad" en su fase larval y migradores activos para alimentarse en la superficie en su fase adulta, son únicas y características de esta región y distinguen la fauna de peces del Pacífico Tropical Oriental de aquella del giro central del Pacífico Norte. La estructura del conjunto de peces del Pacífico Tropical Oriental puede ser el resultado en parte de las altas concentraciones de zooplancton observadas en el estrato superficial, el cual provee: (a) de alimento abundante para los adultos migradores activos; y (b) intensa competencia trófica con, y/o predación sobre las larvas del hábitat somero. Las distribuciones de las larvas de peces de hábitat profundo puede también ser resultado en parte de la extrema heterogeneidad en la estructura térmica del estrato de mezcla a través de la región del Pacífico Tropical Oriental.

ABSTRACT

The composition and vertical distribution of ichthyoplankton and invertebrate zooplankton of the upper 100 m of the northwest eastern tropical Pacific have been described using data from 23 neuston and 166 stratified bongo samples. Maximum invertebrate zooplankton abundance (numbers 10 m^{-2}) occurs at the bottom of the mixed layer (~ 40 m; defined by XBT casts) by day, and in the upper mixed layer at night; high concentrations (numbers x 1000 m^{-3}) also occur in the neuston layer both day and night. Maximum ichthyoplankton abundance and diversity (numbers of taxa) occur in the upper thermocline, and most individuals and species occur below the depths of maximum abundance of major invertebrate zooplankton taxa. The deep ichthyoplankton distribution and numerical dominance by species which are "deep living" as larvae and actively migrating "surface" feeders as adults are unique, and distinguish the eastern tropical Pacific fish fauna from that of the North Pacific central gyre. Structure of the eastern tropical Pacific fish assemblage may result in part from high surface layer zooplankton concentrations which provide (a) abundant food for actively migrating adults; and (b) intense food competition with and/or predation upon shallow-living larvae. The deep larval fish distributions may also result in part from extreme heterogeneity in mixed layer thermal structure across the eastern tropical Pacific area.

INTRODUCTION

The eastern tropical Pacific ("ETP") is one of eight major Pacific Ocean ecosystems (McGowan, 1974, 1977). It differs from the

others in its hydrographic complexity. Circulation is zonal rather than gyral, and horizontal and vertical mixing are regionally and seasonally variable. Other unique features of

*¹Moss Landing Marine Laboratories, P.O. Box 223, Moss Landing, California, 95039, U.S.A.

²University of California San Diego, D-009, La Jolla, California, 92093, U.S.A.

the area include a permanent shallow thermocline, widespread regional upwelling, divergence-convergence ridge systems, and a thick, extensive and regionally shallow oxygen minimum zone (Brandhorst, 1958; Wooster and Cromwell, 1958; Wyrki, 1965, 1966, 1967; Tsuchiya, 1968, 1974). Because of the circulation system and extensive upwelling, near-surface nutrient concentrations are high, and support high levels of primary productivity and zooplankton standing stocks throughout the year (Holmes *et al.*, 1957; Reid, 1962; Blackburn *et al.*, 1970; Koblentz-Mishke *et al.*, 1970; Reid *et al.*, 1978).

Despite the hydrographic complexity, the ETP supports distinctive recurring assemblages of zooplankton and fish species, many of which are endemic (Bieri, 1959; Brinton, 1962; Ebeling, 1962, 1967; McGowan, 1974; Barnett, 1975). The distinctive nature of these assemblages is believed to be maintained by high productivity levels, predictability of physical properties, and recirculation of water due to counter current and eddy systems (Ebeling, 1967; McGowan, 1974). Additionally, the oxygen minimum zone may restrict some species horizontal distributions within the area (Ebeling, 1962, 1967; Johnson, 1974; Johnson and Glodek, 1975).

There is much information concerning the biology of the ETP (e.g., primary productivity [Owen and Zeitzschel, 1970]; phytoplankton and zooplankton [Blackburn *et al.*, 1970; Longhurst, 1976]; microzooplankton [Beers and Stewart, 1971]; ichthyoplankton [Ahlstrom, 1971, 1972]; mesopelagic fishes [Robinson, 1973]). Much of this information resulted from the 1967-68 EASTROPAC cruises which are based (as are prior works) on broad-scale sampling surveys, or are restricted to inshore areas. No previous work represents replicated sampling within any one locale.

The present study presents a detailed analysis of zooplankton and ichthyoplankton composition and vertical distribution based on 23 neuston samples and 166 stratified bongo samples collected in one area centered around 13°N, 130°W in the offshore northern portion of the ETP (Figure 1). Here we present vertical distribution information on 17 invertebrate zooplankton categories and 60 larval fish taxa, and compare our results with other work on ETP plankton and fish

assemblages. We also compare the distributions and compositions of these assemblages with those in the North Pacific central gyre ecosystem. We then consider factors possibly influencing overall structure of the ETP pelagic community.

METHODS

Zooplankton samples were collected near 13°N, 130°W (Figure 1) during two cruises conducted by Ocean Minerals Company of Mountain View, California. Forty-three of the 46 sampling sites were within 75 km of this coordinate; the other three were ~ 200 km to the southwest. Twenty-three surface layer (neuston) samples were collected from 7-27 March 1981 using a neuston sampler (mouth area 0.30 m²); fitted with 333 µm mesh net and a General Oceanics flowmeter. Tows lasted 15 min. at ~ 1 kt., and filtered the upper ~ 0.25 m of water; mean volume filtered was ~ 115 m³ per tow. Depth-stratified samples were collected at 23 stations from August 27-September 14, 1980 using open 505 µm mesh bongo nets (0.396 m² mouth area for each net; Scripps Institution of Oceanography, 1966). Volume filtered by each net was estimated using a calibrated flowmeter attached to the frame, and averaged ~ 450 m³. Target sample depth intervals were 0-25 m, 25-50 m, 50-75 m and 75-100 m. Nets were quickly lowered to the desired depth interval (as judged by wire angle and length of wire out), fished horizontally for 15 min. at ~ 2-3 kt., and then retrieved as quickly as possible to minimize in-transit filtration. The actual depths sampled (Figure 2) were monitored by a Marinc time/depth recorder fixed to the frame. These tows provided fairly good coverage of all depths except the upper 10 m of the 0-25 m stratum. Mixed-layer depth (~ 40 m) was determined from XBTs dropped at each bongo-net tow station. Samples were preserved with buffered 10% formalin in sea water.

Sample processing was done by Marine Environmental Consultants (MEC), Solana Beach, California. All fishes and fish eggs were sorted from 23 neuston samples and from 166 bongo samples (one sample = catch of one net on a bongo frame). Larval fishes were identified to the lowest taxon possible and enumerated by P. Jahn (MEC)

and V.J. Loeb. Invertebrate zooplankton samples were diluted to standard 100, 250 or 500 ml volumes, stirred and 5, 10 or 20 ml aliquots (depending on zooplankton concentrations), were pipetted out to provide subsamples for analysis. The major zooplankton components in these subsamples were identified and enumerated; the numbers were multiplied by appropriate factors to provide sample abundance estimates. A total of 23 invertebrate zooplankton taxa were identified. Data from all neuston samples, and 162 of the bongo samples were used for analyses.

The zooplankton and ichthyoplankton data are handled in two ways. (1) Abun-

dances of invertebrate zooplankton taxa and the larval fish category (pooled species) are based on values from individual neuston samples, and on averaged values from paired bongo samples at each station. In six cases, data from only one bongo net were utilized. This approach is used to reduce possible errors resulting from non-replicated subsamples. These abundances are expressed as mean numbers under 10 m² sea surface area (Smith and Richardson, 1979) to permit comparisons between concentrations in shallow (i.e., 25 cm deep) neuston and more vertically extensive (i.e., 25 m) bongo tows, and to provide estimates

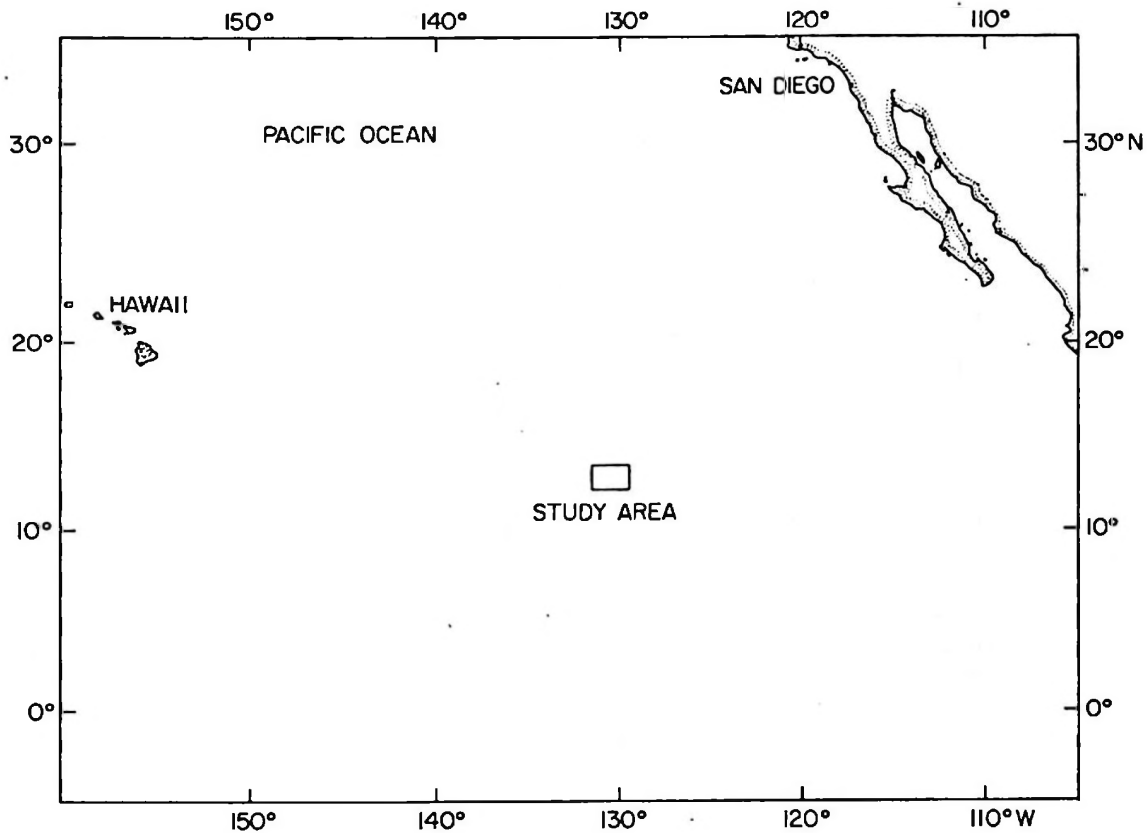


Figure 1. Eastern tropical Pacific sampling area.

of total 0-100 m abundances. The conversion is (numbers per 1000 m³) x (0.0025) for neuston samples, and x (0.25) for bongo samples. (2) Larval fish species abundances are based on values from individual neuston and bongo samples, because the larvae were not subsampled. Species abundances are expressed as mean numbers per 1000 m³ water filtered to provide a format comparable to that used in previous ichthyoplankton as-

semblage analyses (Loeb, 1979-1980a, b). Larval fish diversity is expressed as mean numbers of fish taxa per tow, and as total numbers of fish taxa taken by day and by night within each depth interval.

In both approaches, day and night data are treated separately; tows taken between 1 h before sunrise and 1 h after sunset are considered "day" samples.

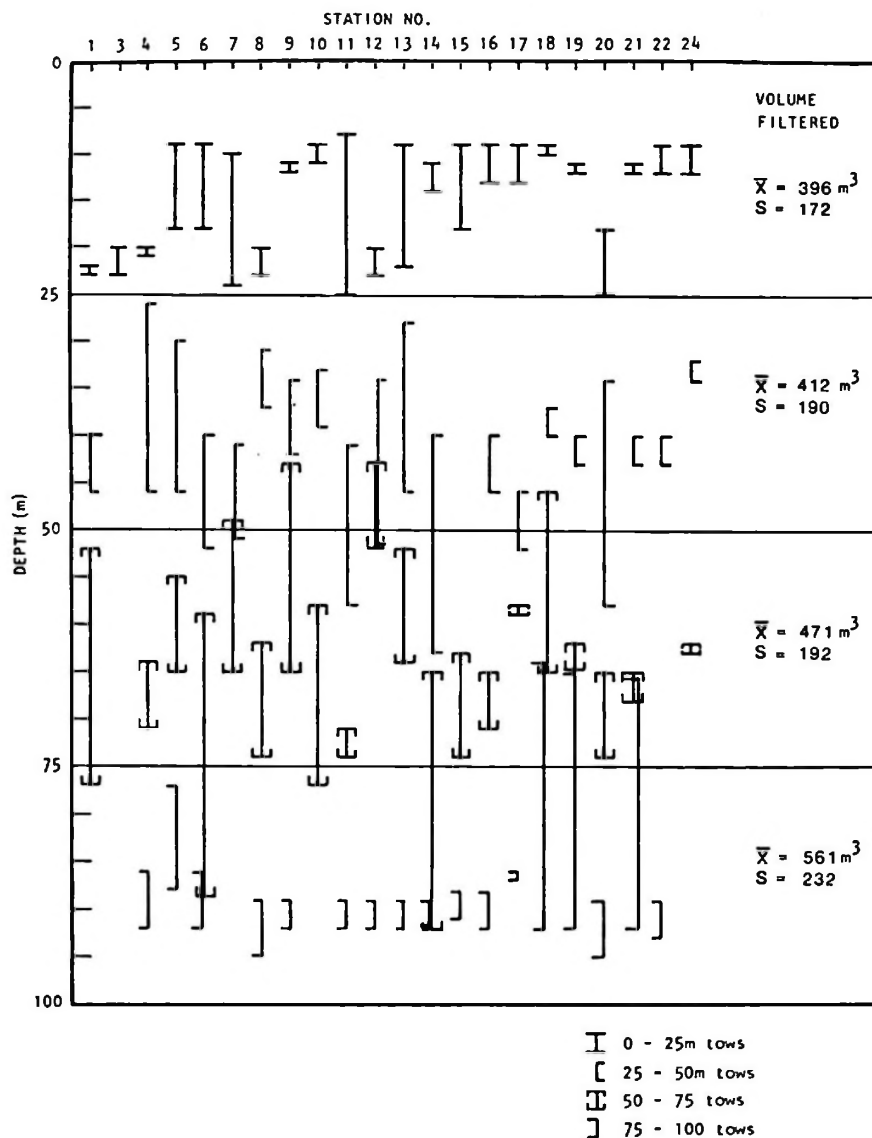


Figure 2. Depth intervals sampled and mean water volume filtered by bongo net tows within four 25 m strata in the eastern tropical Pacific. Actual sample depths monitored by a time-depth recorder fixed to the net frame.

Statistical Analyses

Sample variability due to patchiness within each depth interval is described by an index of dispersion (S^2/\bar{x}) tested against an expected Chi-Square distribution (Pielou, 1977); we consider that $P \leq 0.05$ indicates "significant" aggregation, and $P > 0.05$ implies "randomness". Significance of day-night and between-interval differences in abundance and diversity are determined with Z tests (two-tailed) on sample means and standard deviations (Dixon and Massey, 1969).

Within and between-interval comparisons of ichthyoplankton and zooplankton taxonomic composition are made using Percent Similarity Indices (PSIs; Whittaker, 1975). PSI values compare two taxonomic lists based on relative proportions of individual taxa within each list, and may range from 0 (no taxa in common) to 100 (all taxa and their proportions are identical). PSIs are strongly influenced by abundant taxa. We define as "high" all $PSI > 80$, as "moderate" $60-80$, and as "low" $PSI < 60$. Simpson's diversity index, calculated from individual taxon proportions ($\lambda = \sum Pi^2$) is used here in conjunction with PSI values to show day-night and between-interval differences in larval fish species dominance (Whittaker, 1975). High diversity values indicate dominance by one or a few species; low values indicate more equitable species abundances.

Kolmogorov-Smirnov (K-S) tests (Conover, 1971) are based on the maximum differences between cumulative percent curves for two sets of data. They are used here to identify significant day-night and between-taxon differences in depth distributions based on taxon proportions within each depth interval.

Comparisons of rank order of abundance of taxa between sets of data are made using Kendall's tau and rank difference correlation tests (Tate and Clelland, 1957); both provide correlation coefficients which are measures of similarity between orders of rankings within two data sets.

Data and Sampling Considerations

Although collected during different seasons and with different mesh sizes, neuston and bongo tow data are treated together here to provide generalized abundance and composition information of the surface layer

relative to the rest of the upper 100 m. Seasonal changes in zooplankton and ichthyoplankton abundances in the eastern tropical Pacific are minor; winter abundances of both are 2X the summer value (Blackburn *et al.*, 1970; Ahlstrom, 1972). The smaller neuston net mesh size could increase surface abundance estimates by a factor of ~ 1.6 (see Lenarz, 1972). However, increased avoidance by larger or more agile forms, and erratic depth sampling associated with neuston nets, may cause decreased surface abundance values relative to the bongo samples. Consequently, direct comparisons between the neuston and bongo data sets must be interpreted with caution.

There were varying degrees of overlap in depths sampled by some of the 25-50 m, 50-75 m, and 75-100 m tows (Figure 2); this probably will reduce the significance of differences between abundances and compositions of plankton assemblages within these depth intervals.

Use of open nets in stratified depth sampling may allow significant contamination of deep samples by shallow-living organisms. Although nets were lowered and retrieved quickly to minimize contamination, mean flow volumes (Figure 2) at 50-75 m and 75-100 m were 19% and 42% larger, respectively, than at 0-25 m. These larger volumes may have resulted from depth-related differences in currents or sampling gear characteristics, and/or in-transit filtration. The occasional presence of surface-dwelling larval fish species (i.e., exocoetids and no-meids), and shallow-living species (i.e., *Cyclothone* spp. and *Diplophos taenia*) in deeper samples probably indicates contamination. However, such individuals contributed $< 0.4\%$ of total 50-75 m and 75-100 m larvae, suggesting that such contamination is not a major problem. In-transit filtration will most strongly affect ichthyoplankton abundance and diversity estimates of 75-100 m samples, but is probably less important than the sampling overlap in deep intervals. Zooplankton abundance estimates for both 50-75 m and 75-100 m intervals may be more affected by in-transit filtration than those of ichthyoplankton due to surface layer zooplankton abundance peaks.

Despite these sampling problems, significant between-interval and day-night within-interval differences occur in abundance and composition of both ichthyoplankton and in-

vertebrate zooplankton assemblages. This indicates that patterns of vertical structure within these assemblages are quite pronounced.

RESULTS

Overall Composition of the Zooplankton

Zooplankton of the upper 100 m were numerically dominated by six invertebrate categories: copepods, chaetognaths, euphausiids, siphonophores, larvaceans and amphipods (Table 1). Together, these taxa include 88% of captured individuals. They generally dominated zooplankton assem-

blages within each 25 m depth interval, and included 84-92% of individual zooplankters in each interval, both day and night samples. Larval fishes ranked seventh in overall abundance (2% of total individuals). Pteropods, ostracods, thaliaceans, and decapods (ranks 8-11) were also common zooplankters in each depth interval, both day and night. At night, mysids were the second most abundant taxon in the neuston layer (15% of individuals); they were rare or absent at all other depths. Copepods were consistently the most abundant category both day and night, and contributed 40-71% of total individuals within all five depth intervals. Ranks and percentages of other taxa varied with depth and time of day (Figure 3).

TABLE 1

Plankton categories collected in the upper 100 m of the eastern tropical Pacific. Total day and night abundances are mean numbers of individuals per 10 m² sea surface from pooled bongo and neuston tow data.

Overall Rank	Taxon	Total Abundance		Abundance				Night:
		N ^o 10 m ⁻²	%	Day N ^o 10 m ⁻²	%	Night N ^o 10 m ⁻²	%	Day Ratio
1	Copepod	14,233	51.45	16,021	54.94	12,445	47.57	0.78
2	Chaetognath	4,400	15.91	5,129	17.59	3,671	14.03	0.72
3	Euphausiid	2,196	7.94	775	2.66	3,617	13.82	4.67
4	Siphonophore	1,549	5.60	1,582	5.43	1,515	5.79	0.96
5	Larvacean	1,226	4.43	1,377	4.72	1,075	4.11	0.78
6	Amphipod	923	3.34	1,327	4.55	519	1.98	0.39
7	Larval fish	608	2.20	529	1.81	687	2.62	1.30
8	Pteropod	522	1.89	511	1.75	533	2.04	1.04
9	Ostracod	492	1.77	427	1.46	556	2.12	1.30
10	Thaliacean	485	1.75	597	2.05	373	1.42	0.62
11	Decapod	350	1.27	266	0.91	434	1.66	1.63
12	Crustacean larva	206	0.74	192	0.66	220	0.84	1.15
13	Cephalopod	140	0.51	84	0.29	197	0.75	2.35
14	Heteropod	132	0.48	139	0.48	126	0.48	0.91
15	Medusa	76	0.27	91	0.31	60	0.23	0.66
16	Polychaete	64	0.23	81	0.28	47	0.18	0.58
17	Mysid	40	0.14	1.1		79	0.30	71.82
18	Echinoderm	16	0.06	22	0.08	11	0.04	0.50
19	Gastropod	2		4	0.01			
20	Cladocera	1.8		1.5		2.2		1.47
21	Turbellaria	0.2		0.1		0.4		4.0
22	Nudibranch	0.14		0.06		0.22		3.67
23	Ctenophore	0.03		0.06				
24	Salp	0.02		0.05				
Total zooplankton:				29,156		26,168		0.90

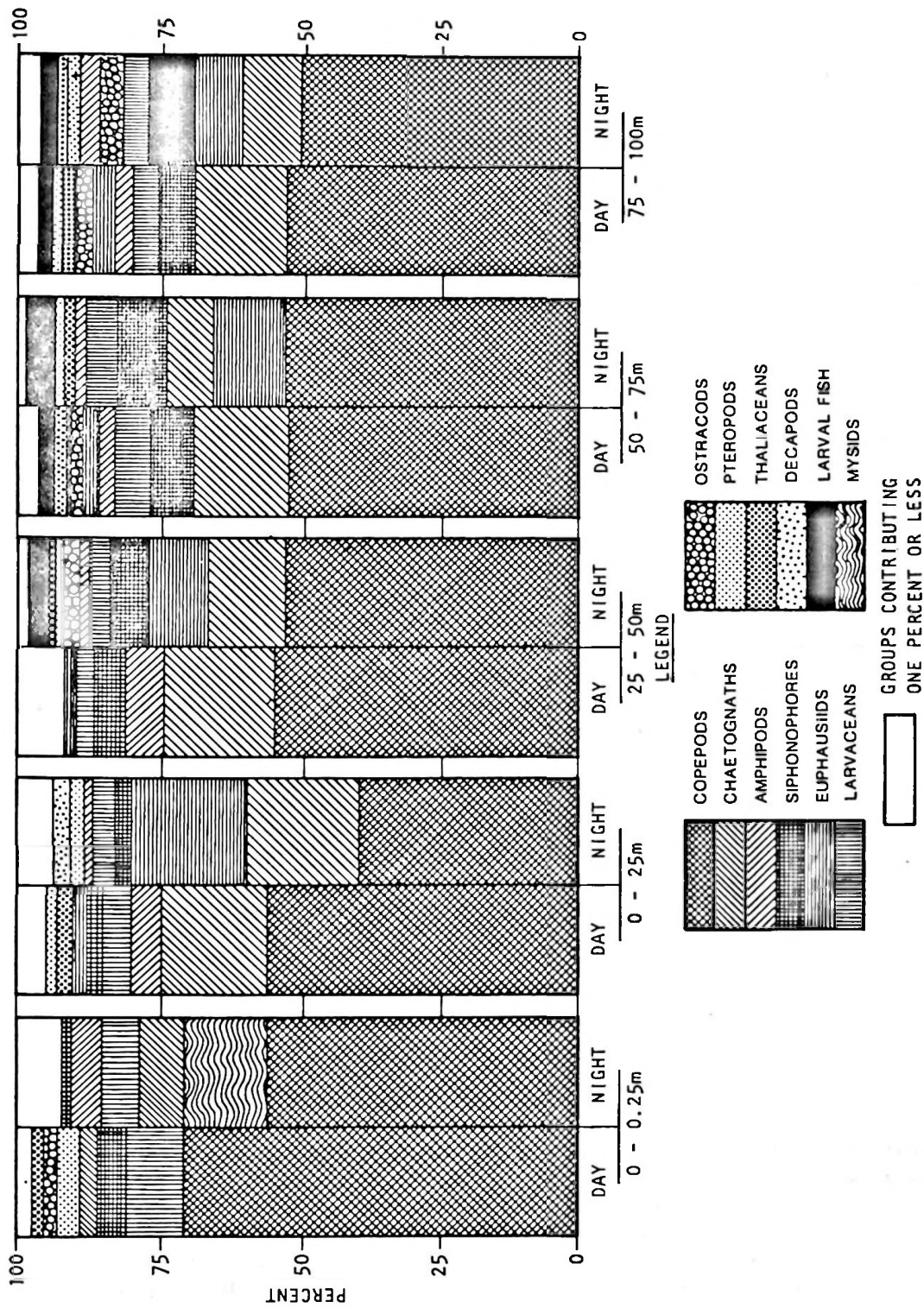


Figure 3. Relative proportions of major zooplankton taxonomic categories collected in day and night samples of the neuston layer, and four 25 m depth intervals in the eastern tropical Pacific.

Vertical Distribution and Abundance of the Invertebrate Zooplankton

Day and night vertical distributions of invertebrate zooplankton are presented in Figure 4. Tow-to-tow abundances varied widely within each depth interval, and standard deviations are large (Table 2). Index of dispersion values (S^2/\bar{x}) based on concentrations are also large, and indicate a high degree of aggregation or patchiness within each depth interval. The most extreme patchiness occurred at night within the neuston layer and 0-25 m interval. The most even distributions occurred at 75-100 m during day, and 25-50 m at night.

Despite sample variability, statistically significant ($P < 0.001$) increases in abundance occurred within the neuston layer at night, and at 25-50 m during the day. Moderate

night vs day abundance increases occurred at 0-25 m, and minimal decreases occurred at 50-75 m and 75-100 m (Table 2).

Mean zooplankton concentrations (numbers 1000 m^{-3}) in the neuston layer were 1.8-2.7 times larger by day, and 5.7-10.8 times larger by night than those in deeper intervals. However, zooplankton numbers per 10 m^2 sea surface area represented in this 0.25 m layer were minimal compared to those in the 25 m intervals (Table 2). At most, 2% of total invertebrate individuals were present in the neuston layer at night. Maximum day zooplankton abundance ($> 32\%$) occurred at 25-50 m in association with the bottom of the mixed layer ($\sim 40\text{ m}$), and maximum night abundance ($> 36\%$) was at 0-25 m. Total 0-100 m day abundance was 10% higher than night abundance, but the difference was not significant.

TABLE 2

Day and night abundance estimates for invertebrate zooplankton collected in five depth intervals in the eastern tropical Pacific. Abundances expressed as means and standard deviations of numbers of zooplankton (23 categories combined) per 10 m^2 sea surface area, and percent of total 0-100 m zooplankton represented in each depth interval. N = numbers of single neuston samples and paired bongo net tows used for abundance estimates. Significance of day-night abundance differences based on Z tests (two-tailed).

Depth Interval (m)	Day				Night				Night: Day Ratio	Significance Level
	N	\bar{X}	S	%	N	\bar{X}	S	%		
0-0.25	14	164	120	0.6	9	540	228	2.1	3.3	$P < 0.001$
0-25	15	5960	4111	20.8	8	9368	7020	36.8	1.6	N.S.
25-50	14	9253	3218	32.3	7	5117	1568	20.1	0.6	$P < 0.001$
50-75	12	7250	3131	25.3	8	5437	2450	21.3	0.7	N.S.
75-100	11	6000	2284	21.0	6	5019	3204	19.7	0.8	N.S.
Total		28,627				25,481			0.9	

Vertical Distribution and Abundance of Invertebrate Zooplankton Categories

Marked differences in day-night and between-interval abundances occur among various zooplankton taxa (Table 3). Copepods, chaetognaths, larvaceans, amphipods, decapods, medusae, and mysids had significantly higher ($P < 0.01$) night than day abundances in the neuston layer. Night abundances were significantly lower ($P < 0.05$) than day abundances at 25-50 m for

copepods, chaetognaths and amphipods, at 50-75 m for chaetognaths, and at 75-100 m for chaetognaths and decapods. Euphausiids had higher night vs. day abundances in all 25-m intervals ($P < 0.05$). Additionally, marked day-night differences occurred in total 0-100 m abundances of several taxa (Table 1): night $>$ day for euphausiids (4.7 X), mysids (7.2 X), cephalopods (2.4 X), and decapods (1.6 X); day $>$ night (2.6 X) for amphipods.

TABLE 3.

Day and night distributions of 17 zooplankton taxa in five depth intervals in the eastern tropical Pacific. Abundances expressed as percent of total day and of total night abundance within each depth interval. Asterisks indicate significantly larger day or night values based on Z test comparisons of abundance within each depth interval: *P ≤ 0.05; **P ≤ 0.01; ***P ≤ 0.001.

Taxon	Day/ Night	Percent of Total				
		0-0.25 m	0-25 m	25-50 m	50-75 m	75-100 m
Copepod	D	0.7	21.0	33.5***	24.7	20.1
	N	2.4***	30.6	22.5	23.3	21.2
Chaetognath	D	0.1	21.4	34.9***	24.6**	19.0*
	N	1.1***	51.1	19.5	13.3	15.0
Euphausiid	D	—	21.2	28.5	27.2	23.1
	N	0.1***	52.3**	14.4*	20.4***	12.9*
Siphonophore	D	0.5	12.1	28.6	33.7	25.1
	N	0.8	20.7	25.0	29.2	24.3
Larvacean	D	1.2	22.6	21.7*	36.0	18.5
	N	3.1**	36.3	15.1	25.0	20.6
Amphipod	D	0.02	25.3	36.3**	14.8	23.6
	N	5.7**	24.8	13.6	20.6	35.3
Larval Fish	D	0.04**	3.5	24.4	43.6	28.4
	N	0.01	8.8***	25.2	39.1	26.9
Pteropod	D	1.4	22.6	27.5	25.7	22.9
	N	1.0	48.6	15.1	15.6	19.6
Thaliacean	D	0.5	29.7	22.2	21.7	25.8
	N	1.1	23.3	22.6	28.0	24.9
Ostracod	D	0.9	0.6	22.5	26.6	49.4
	N	0.02	4.0	41.7	14.6	39.6
Decapod	D	0.2	28.8	22.9*	22.7	25.5**
	N	1.2***	83.1	4.9	6.6	4.2
Medusa	D	1.0	15.6	32.2	24.1	27.1
	N	15.0***	32.2	18.1	13.8	21.0
Crustacean Larva	D	0.2	15.9	42.1	30.3	11.4
	N	0.3	44.6	12.7	17.9	24.4
Cephalopod	D	—	22.0	33.9	22.8	21.3
	N	0.2	15.7	7.4	47.1	29.7
Heteropod	D	0.01	21.6	31.4	26.6	20.4
	N	—	54.1	0.8	29.7	15.4
Polychaete	D	0.02	26.4	22.4	24.7	26.5
	N	4.9	41.9	—	36.6	16.6
Mysid	D	3.7	—	96.3	—	—
	N	100**	—	—	—	—

In several cases, marked day-night abundance differences were associated with changes in vertical distributions. Maximum daytime copepod and chaetognath abundances were at 25-50 m; at night, maximum abundances of copepods, chaetognaths, and euphausiids occurred at 0-25 m. The abun-

dance shifts of these three dominant taxa are responsible to a great extent for the substantial day-night differences in total zooplankton distribution (Figure 4). Vertical distribution changes of chaetognaths and euphausiids are reflected in significant day-night differences in their proportions

within depth intervals (Table 3; K-S test, $P < 0.05$ in both cases). Decapods, medusae, heteropods, crustacean larvae, cephalopods, and mysids also had significantly different day and night vertical profiles (K-S tests, $P < 0.05$ in all cases). These differences were (except for cephalopods) due to larger proportions within the upper 25 m at night than during the day. Such distribution shifts suggest diel vertical migrations.

Vertical Distribution and Abundance of the Ichthyoplankton

Unlike many zooplankton taxa, larval fishes were relatively rare in the shallower depths: abundances were insignificant in the neuston (0.02% of total larvae), and only

6.5% of total larvae occurred at 0-25 m. Most larvae ($> 66\%$) were caught below the mixed layer with maximum abundance ($> 39\%$) at 50-75 m within the upper thermocline (Figure 5).

Ichthyoplankton abundances estimates varied widely (4-21 fold) among day and night tows within each interval (Figure 5). Resulting large indices of dispersion indicate significant ($P < 0.01$) horizontal and vertical patchiness throughout the upper 100 m.

Day-night ichthyoplankton catch differences were minor. Overall 0-100 m night: day abundance ratio was 1.3:1 (Table 4). Within the neuston, mean abundances were significantly larger ($P < 0.05$) during day than night. Night abundance estimates exceeded day values for all four deeper inter-

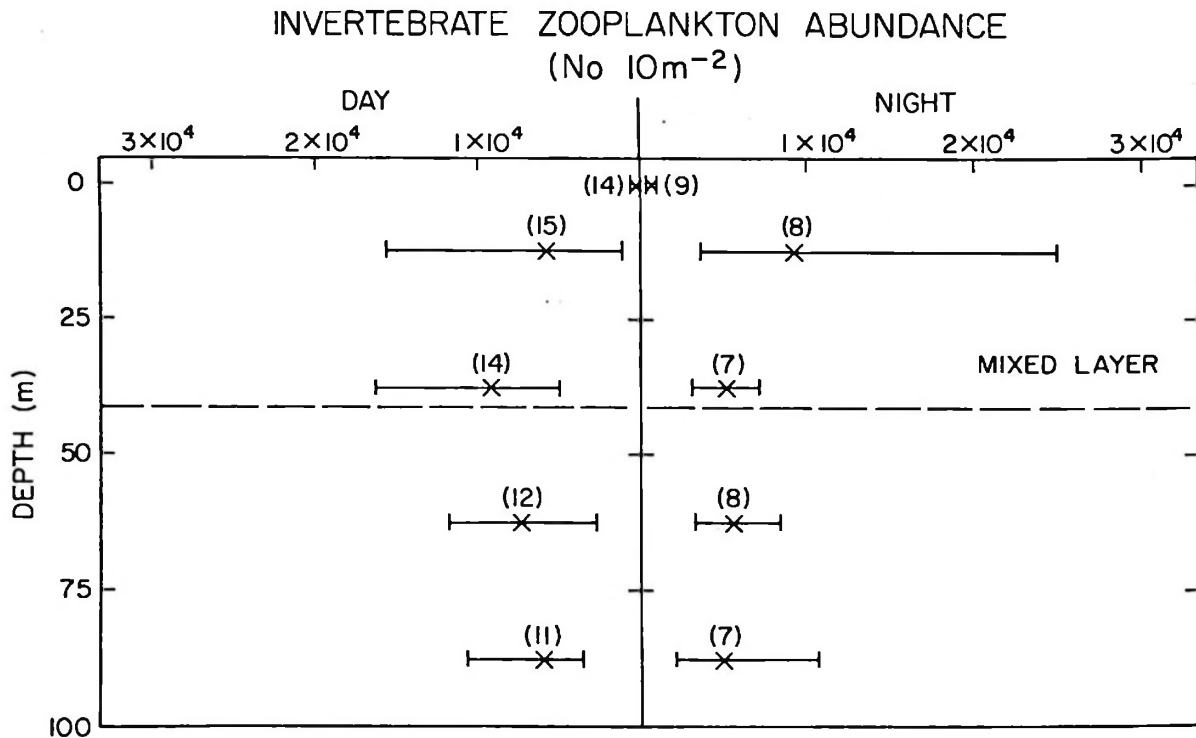


Figure 4. Day and night vertical distribution of invertebrate zooplankton as mean (\bar{x}) and range (horizontal line) of numbers per 10m^2 sea surface area. (N) is number of tows represented.

vals, but the difference was significant ($P < 0.05$) only at 0-25 m. Unlike many of the other zooplankton categories (Table 3), there were no marked day-night differences in proportions of the total ichthyoplankton between depth intervals (i.e., no obvious

overall diel migration). However, individual species did show significant diel changes in abundance and proportions within each depth interval, possibly resulting from diel changes in net avoidance and/or vertical migration.

TABLE 4.

Day and night abundance estimates for larval fishes collected in five depth intervals in the eastern tropical Pacific. Abundances expressed as means and standard deviations of numbers per 10 m^2 sea surface area, and percent of total 0-100 m larval fishes represented in each depth interval. N = numbers of single neuston samples, and paired bongo net tows used for abundance estimates. Significance of day-night abundance differences based on Z test (two-tailed).

Depth Interval (m)	Day				Night				Night: Day Ratio	Significance Level
	N	\bar{X}	S	%	N	\bar{X}	S	%		
0- 0.25	14	0.20	0.12	0.04	9	0.08	0.10	0.01	0.4	$P < 0.05$
0- 25	15	18.6	14.6	3.5	8	60.4	46.2	8.8	3.2	$P < 0.05$
25- 50	14	129.2	98.0	24.4	7	173.0	142.6	25.2	1.3	N.S.
50- 75	12	230.2	180.7	43.5	8	269.0	128.6	39.1	1.2	N.S.
75-100	11	150.4	63.0	28.5	7	184.8	114.4	26.9	1.2	N.S.
Total Larvae		528.6				687.3			1.3	

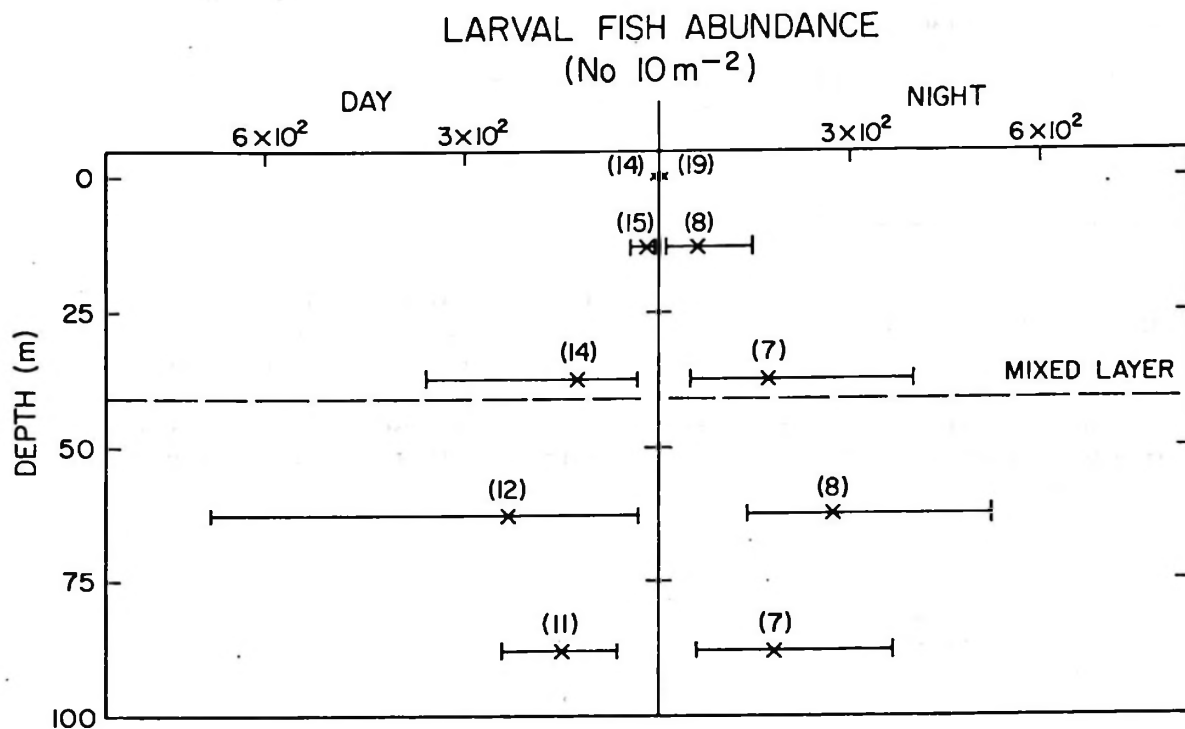


Figure 5. Vertical distribution of ichthyoplankton as mean (x) and range (horizontal line) of numbers per 10 m^2 sea surface area. (N) is number of tows represented.

Larval fishes comprised only 2% of the total 0-100 m zooplankton assemblage (Table 1). However, due to differences between ichthyoplankton and invertebrate zooplankton vertical distributions, the relative importance of ichthyoplankton varied with depth (Table 5). Larval fishes contributed 0-0.5% of the zooplankton in neuston samples, and 0.07 to 2.8% in 0-25 m tows.

The relative abundance of larval fishes at the three deeper intervals was greater; proportions ranged from 0.20 to 6.5% (day), and from 0.53 to 13.7% (night) of total zooplankton per tow. Highest mean percentages (3.1 and 4.7%) occurred at the 50-75 m depth of maximum ichthyoplankton abundance. Here, larval fishes were the fifth most abundant taxon.

TABLE 5.

Relative abundance of ichthyoplankton within total zooplankton (23 taxa combined) in upper 100 m of the eastern tropical Pacific. Abundance relations are as ranges and means of ichthyoplankton percentage contribution to zooplankton caught in day and night tows within five depth intervals, and as overall relative rank of mean ichthyoplankton abundance. Rank difference correlation coefficients (R.D. Corr.) for each depth interval (calculated from individual neuston sample and mean bongo tow rankings of total invertebrate zooplankton and ichthyoplankton abundances) indicate spatial and temporal relationships between these two plankton categories.

Depth Interval (m)	Day Percent of Total			R.D. Corr.	Night Percent of Total			R.D. Corr.
	Range	Mean	Rank		Range	Mean	Rank	
0- 0.25	0.00-0.46%	0.15%	12	+0.09	0.00- 0.04%	0.01%	17	+0.15
0- 25	0.12-1.0	0.31	12	+0.51	0.07- 2.8	0.6	9	-0.69
25- 50	0.20-4.7	1.4	9	+0.02	0.78- 9.5	3.3	6	+0.25
50- 75	0.42-6.5	3.1	5	+0.57	1.6 -13.7	4.7	5	-0.60
75-100	1.2 -5.0	2.5	9	+0.44	0.53- 7.1	3.4	8	-0.09
Overall 0-100		1.8%	8			2.6%	6	

Ichthyoplankton Composition

Neuston ichthyoplankton (232 larvae, 23 samples) included 12 taxa (Table 6), all but one of which (*Oxyphorhamphus micropterus*) were also represented in bongo samples.

Epipelagic forms dominated: flying fishes (Exocoetidae) were the most abundant (76.8%); two epipelagic stromatioid families (Nomeidae; Coryphaenidae) contributed 13.2%. Five mesopelagic families contributed only 10% of total neuston larvae.

TABLE 6.

Composition and abundance of ichthyoplankton collected in 23 neuston tows in the eastern tropical Pacific. Abundances of each taxon expressed as means and standard deviations of numbers per 1000 m³ by day and night, and as total numbers per 1000³ based on mean of day and night values. The percent contribution by each taxon to the total ichthyoplankton is also provided.

Taxon	Total Abundance N° 1000 m ⁻³	Percent of Total	Day		Night	
			\bar{x}	(S)	\bar{x}	(S)
Gonostomatidae						
<i>Cyclothone</i> spp.	0.4	0.7			0.8	(2.3)
<i>Diplophos</i> spp.	0.4	4.4			4.8	(11.9)
<i>Vinciguerria lucetia</i>	0.4	0.7			0.8	(2.3)
Astronesthidae						
Unid. Astronesthid	0.4	0.7			0.8	(2.3)
Ceratioid fishes						
Unid. Ceratioid	0.5	0.9	1.0	(2.6)		
Exocoetidae						
<i>Cypselurus</i> sp.	24.6	45.0	46.4	(33.9)	2.7	(5.7)
<i>Oxyphorhamphus micropterus</i>	16.4	30.0	29.1	(22.3)	3.6	(7.1)
Unid. Exocoetids	1.0	1.8				
Coryphaenidae						
<i>Coryphaena</i> sp.	0.8	1.5	0.7	(2.7)	1.0	(2.7)
Chiasmodontidae						
Unid. Chiasmodontid	0.9	1.6			1.8	(3.6)
Gempylidae						
<i>Gempylus serpens</i>	0.5	0.9			1.0	(3.0)
Nomeidae						
<i>Cubiceps paucerradiatus</i>	6.4	11.7			12.8	(35.8)
Unidentified Larvae			4.4		1.8	
Total Larvae			77.7		33.6	
Number of Samples			14		9	

Ichthyoplankton collected in bongo samples (45,221 larvae, 166 samples) included 59 taxa (26 families and three higher categories; Table 7). In contrast to the neuston, mesopelagic fishes dominated, with over 95% of the larvae coming from the mesopelagic families Gonostomatidae (78.3%) and Myctophidae (16.6%). The eight next most abundant families were the mesopelagic Scopelarchidae (1.2%), Paralepididae (1.0%), Bathylagidae (0.9%), Idiacanthidae (0.7%), Bregmacerotidae

(0.3%), Melamphaeidae (0.2%), Gempylidae (0.1%), plus the epipelagic Scombridae (tunas; 0.1%). Larvae of the remaining 16 families and three higher taxa contributed only 0.7% of the total.

Overall species diversity (total numbers of species) was low and numerical dominance by a few species was high. Four species contributed 91% of all larvae (*Vinciguerria lucetia*, *Diogenichthys laternatus*, *Symbolophorus evermanni* and *Diaphus pacificus* [?]). *Vinciguerria lucetia* dominated (77% of total) and

Larval fishes comprised only 2% of the total 0-100 m zooplankton assemblage (Table 1). However, due to differences between ichthyoplankton and invertebrate zooplankton vertical distributions, the relative importance of ichthyoplankton varied with depth (Table 5). Larval fishes contributed 0-0.5% of the zooplankton in neuston samples, and 0.07 to 2.8% in 0-25 m tows.

The relative abundance of larval fishes at the three deeper intervals was greater; proportions ranged from 0.20 to 6.5% (day), and from 0.53 to 13.7% (night) of total zooplankton per tow. Highest mean percentages (3.1 and 4.7%) occurred at the 50-75 m depth of maximum ichthyoplankton abundance. Here, larval fishes were the fifth most abundant taxon.

TABLE 5.

Relative abundance of ichthyoplankton within total zooplankton (23 taxa combined) in upper 100 m of the eastern tropical Pacific. Abundance relations are as ranges and means of ichthyoplankton percentage contribution to zooplankton caught in day and night tows within five depth intervals, and as overall relative rank of mean ichthyoplankton abundance. Rank difference correlation coefficients (R.D. Corr.) for each depth interval (calculated from individual neuston sample and mean bongo tow rankings of total invertebrate zooplankton and ichthyoplankton abundances) indicate spatial and temporal relationships between these two plankton categories.

Depth Interval (m)	Day Percent of Total			R.D. Corr.	Night Percent of Total			R.D. Corr.
	Range	Mean	Rank		Range	Mean	Rank	
0- 0.25	0.00-0.46%	0.15%	12	+0.09	0.00- 0.04%	0.01%	17	+0.15
0- 25	0.12-1.0	0.31	12	+0.51	0.07- 2.8	0.6	9	-0.69
25- 50	0.20-4.7	1.4	9	+0.02	0.78- 9.5	3.3	6	+0.25
50- 75	0.42-6.5	3.1	5	+0.57	1.6 -13.7	4.7	5	-0.60
75-100	1.2 -5.0	2.5	9	+0.44	0.53- 7.1	3.4	8	-0.09
Overall 0-100		1.8%	8			2.6%	6	

Ichthyoplankton Composition

Neuston ichthyoplankton (232 larvae, 23 samples) included 12 taxa (Table 6), all but one of which (*Oxyphorhamphus micropterus*) were also represented in bongo samples.

Epipelagic forms dominated: flying fishes (Exocoetidae) were the most abundant (76.8%); two epipelagic stromatioid families (Nomeidae; Coryphaenidae) contributed 13.2%. Five mesopelagic families contributed only 10% of total neuston larvae.

TABLE 6.

Composition and abundance of ichthyoplankton collected in 23 neuston tows in the eastern tropical Pacific. Abundances of each taxon expressed as means and standard deviations of numbers per 1000 m³ by day and night, and as total numbers per 1000³ based on mean of day and night values. The percent contribution by each taxon to the total ichthyoplankton is also provided.

Taxon	Total Abundance N° 1000 m ⁻³	Percent of Total	Day		Night	
			\bar{x}	(S)	\bar{x}	(S)
Gonostomatidae						
<i>Cyclothone</i> spp.	0.4	0.7			0.8	(2.3)
<i>Diplophos</i> spp.	0.4	4.4			4.8	(11.9)
<i>Vinciguerria lucetia</i>	0.4	0.7			0.8	(2.3)
Astronesthidae						
Unid. Astronesthid	0.4	0.7			0.8	(2.3)
Ceratioid fishes						
Unid. Ceratioid	0.5	0.9	1.0	(2.6)		
Exocoetidae						
<i>Cypselurus</i> sp.	24.6	45.0	46.4	(33.9)	2.7	(5.7)
<i>Oxyphorhamphus micropterus</i>	16.4	30.0	29.1	(22.3)	3.6	(7.1)
Unid. Exocoetids	1.0	1.8				
Coryphaenidae						
<i>Coryphaena</i> sp.	0.8	1.5	0.7	(2.7)	1.0	(2.7)
Chiasmodontidae						
Unid. Chiasmodontid	0.9	1.6			1.8	(3.6)
Gempylidae						
<i>Gempylus serpens</i>	0.5	0.9			1.0	(3.0)
Nomeidae						
<i>Cubiceps paucerradiatus</i>	6.4	11.7			12.8	(35.8)
Unidentified Larvae			4.4		1.8	
Total Larvae			77.7		33.6	
Number of Samples			14		9	

Ichthyoplankton collected in bongo samples (45,221 larvae, 166 samples) included 59 taxa (26 families and three higher categories; Table 7). In contrast to the neuston, mesopelagic fishes dominated, with over 95% of the larvae coming from the mesopelagic families Gonostomatidae (78.3%) and Myctophidae (16.6%). The eight next most abundant families were the mesopelagic Scopelarchidae (1.2%), Paralepididae (1.0%), Bathylagidae (0.9%), Idiacanthidae (0.7%), Bregmacerotidae

(0.3%), Melamphaeidae (0.2%), Gempylidae (0.1%), plus the epipelagic Scombridae (tunas; 0.1%). Larvae of the remaining 16 families and three higher taxa contributed only 0.7% of the total.

Overall species diversity (total numbers of species) was low and numerical dominance by a few species was high. Four species contributed 91% of all larvae (*Vinciguerria lucetia*, *Diogenichthys laternatus*, *Symbolophorus evermanni* and *Diaphus pacificus* [?]). *Vinciguerria lucetia* dominated (77% of total) and

TABLE 7

Taxon	Total Abundance N° 1000 m ⁻³	Percent of Total	0-25 m				25-50 m				50-75 m				75-100 m			
			Day		Night		Day		Night		Day		Night		Day		Night	
			\bar{x}	(S)	\bar{x}	(S)	\bar{x}	(S)	\bar{x}	(S)	\bar{x}	(S)	\bar{x}	(S)	\bar{x}	(S)	\bar{x}	(S)
BATHYLAGIDAE																		
<i>Bathylagus virgatus</i>	30.8	0.90			0.4	1.7			2.0	6.6			22.9	(42.5)	16.4	(30.8)		
GONOSTOMATIDAE																		
<i>Gonostoma</i> spp.	19.7	0.85	10.5	(12.6)	12.4	(15.6)	2.8	(3.4)	1.9	(3.2)	2.7	(3.4)	1.7	(2.4)	2.1	(3.0)		
<i>Diplophus tenuis</i>	8.5	0.37	4.6	(4.7)	6.5	(8.0)	1.6	(2.5)	0.8	(1.3)	1.1	(1.2)	1.2	(2.8)	0.1	(0.5)		
<i>Vinciguerra</i> sp.	1780.8	77.10	40.8	(54.5)	199.9	(188.5)	467.2	(394.9)	574.1	(515.2)	614.9	(643.3)	850.2	(556.8)	522.2	(395.0)		
STERNOPTYCHIDAE																		
<i>Argyrops</i> sp.	0.2														0.4	(1.6)		
STOMATOID FISHES																		
Unid. Stomatoids	1.5	0.06			0.2	(0.7)	0.4	(0.9)	1.0	(2.0)	0.4	(1.1)	0.2	(0.8)	0.1	0.5	0.7	1.9
ASTRONESTHIDAE																		
Unid. Astronesthid	0.2													0.1	(0.7)	0.2	0.7	
IDIACANTHIDAE																		
<i>Idiacanthus</i> sp.	16.0	0.69			0.7	(2.8)			3.0	(9.0)	0.4	(1.0)	14.4	20.8	15.5	26.4		
MELANOSTOMIATIDAE																		
<i>Balophthalmus filifer</i>	4.0	0.17			2.6	(4.9)	2.6	(4.9)	2.6	(5.5)	1.5	(2.6)	0.7	(1.0)	0.6	1.1	0.1	0.3
<i>Eutoniscus</i> sp.	0.05				0.1	(0.7)												
Unid. melanostomiatid	0.2																	
CHLOROPHTHALMIDAE																		
Unid. Chlorophthalmid	0.06																	0.1
PARALEPIDIDAE																		
Type A	2.8	0.12			1.4	(4.8)	1.4	(4.8)	1.5	(2.3)	0.7	(2.4)	0.6	(1.1)	0.6	(2.8)	1.0	(2.5)
Type B	5.6	0.24	0.3	(1.6)	0.3	(0.7)	0.3	(1.1)	1.6	(3.1)	2.2	(4.0)	4.1	(4.7)	1.3	(2.6)	1.2	(1.8)
<i>Sternomodus macrurus</i>	12.5	0.54			1.7	(3.4)	1.7	(3.4)	7.5	(5.9)	4.8	(5.4)	6.6	(7.2)	1.8	(2.5)	2.1	(1.9)
Unid. Paralepidids	1.9	0.08			0.6	(1.6)			0.7	(1.3)	0.3	(1.0)	1.5	(1.8)	0.2	(0.7)	0.5	(0.8)
EVERMANNELLIDAE																		
Unid. Evermannellid	0.05				0.1	(0.5)												
SCOPELARCHIDAE																		
<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	27.5	1.18			0.3	(0.8)	0.4	(1.3)	8.8	(21.3)	7.6	(11.4)	25.4	(22.5)	12.1	(11.7)		
NOTOSUDIDAE																		
Unid. Notosudid	0.1				0.2	(0.6)												
MYCTOPHIDAE																		
S.F. LAMPANICTINE																		
<i>Belimichthys</i> sp.	3.1	0.13	2.1	(4.5)	1.7	(3.2)	1.6	(5.1)	0.4	(1.0)	0.4	(0.9)	0.1	(0.3)			1.6	(4.6)
<i>Geraiscopus</i> sp.	1.9	0.08	0.1	(0.4)	0.3	(0.9)			1.8	(6.5)							14.2	(17.0)
<i>Diaphus</i> (prob. <i>parvicus</i>)	58.4	2.53	0.4	(1.0)	1.1	(1.8)	22.2	(29.1)	19.5	(19.4)	26.7	(48.0)	27.7	(19.0)	5.0	(6.0)	1.9	(3.4)
<i>Lampargyreus idonigra</i>	3.7	0.16			0.2	(0.6)			0.2	(0.6)	1.8	(4.2)	1.5	(4.2)	2.2	(2.4)	0.6	(2.4)
<i>L. ornata</i>	2.4	0.10			2.3	(6.9)	2.3	(6.9)	0.6	(0.8)	1.0	(2.6)	0.2	(0.7)	0.3	(0.8)	0.6	(2.4)
<i>L. parvicus</i>	7.2	0.31	1.2	(3.0)	0.8	(1.9)	2.8	(3.7)	2.9	(3.2)	2.6	(4.0)	1.7	(1.9)	1.2	(3.0)	1.2	(1.5)
<i>Lampargyreus</i> spp.	2.4	0.16			0.1	(0.4)	0.3	(1.1)					1.2	(1.8)			3.5	(8.9)
S.F. MYCTOPHINAE																		
<i>Brachyura</i> sp.	0.2																	
<i>Diogenichthys laemata</i>	184.3	7.98	1.2	(2.6)	0.9	(2.8)	0.4	(1.2)	1.0	(2.3)	56.3	(164.8)	45.6	(93.1)	177.7	(125.0)	86.7	(66.6)
<i>Goniichthys uniusculus</i>	3.8	0.16			0.1	(0.5)	0.1	(0.3)	1.7	(4.2)	1.8	(3.7)	2.2	(4.0)	1.9	(2.7)	7.8	(6.4)
<i>Hypophthalmus atratum</i>	5.5	0.28			0.1	(0.3)	4.3	(6.6)	1.9	(3.6)	12.0	(13.8)	13.7	(12.5)	9.2	(10.5)	5.0	(6.9)
<i>H. prasinum</i>	23.0	1.00			0.7	(1.4)	2.2	(4.1)	1.5	(5.0)	0.1	(0.6)	0.2	(0.7)	1.8	(2.6)	1.7	(2.6)
<i>Myciophthalmus aurokermatum</i>	7.2	0.31															0.1	(0.5)
<i>M. nidulatum</i>	0.2																	
<i>Myciophthalmus</i> spp.	0.3	0.01			0.2	(0.9)	1.1	(2.9)	3.0	(7.5)	34.1	(41.2)	26.8	(30.0)	53.5	(51.1)	0.3	(0.9)
<i>Synalopichthys covrennisi</i>	78.8	3.41			0.5	(1.0)	0.2	(0.9)	0.2	(0.6)							39.0	(52.6)

was also the most abundant species both day and night within all 25 m intervals (Table 8). *Diogenichthys laternatus* was second in overall abundance (8%); *S. evermanni* and *D. pacificus* (?) were third (3.4%) and fourth (2.5%), respectively. *Scopelarchoides nicholsi* and *Hygophum proximum* (ranks 5 and 6) each constituted 1% of total larvae. A number of other species, although rare relative to total ichthyoplankton, were abundant within one or more depth intervals (Table 8).

Diversity increased with depth, with

greatest numbers of taxa represented at 75-100 m at night (Table 9). These diversity increases are associated with increased volume filtered with depth (Figure 2), and could result from in-transit contamination. However, neither day nor night samples within each interval yielded significant correlations between volume filtered and larval diversity (rank difference correlation coefficients [-0.19 — + 0.37]; $P > 0.05$ in all cases), suggesting that these diversity patterns are real. Species dominance relations

TABLE 8

Day-night abundance differences of the most abundant larval fish taxa in five depth intervals in the eastern tropical Pacific. Abundances expressed as relative rank of numbers per 1000 m³, and percentage of the total ichthyoplankton at each depth by day and by night for the six most abundant taxa in neuston samples, and the ten most abundant species in bongo samples. Significant day-night catch differences based on data provided in Tables 6 and 7 (Z test, two-tailed; only significant Z-values are indicated).

Taxon	DAY		NIGHT		Night: Day Ratio	Probability Level
	Rank	% of Total	Rank	% of Total		
0-0.25 m						
<i>Cypselurus</i> sp.	1	60.1	4	8.4	0.06	P<0.01
<i>Oxyphorhamphus micropterus</i>	2	37.4	3	11.2	0.12	P<0.01
Ceratioid fish	3	1.3				
<i>Coryphaena</i> sp.	4	0.9	7.5	3.1	2.7	
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>			1	39.9		
<i>Diplophos taenia</i>			2	15.0		
0-25 m						
<i>Vinciguerria lucetia</i>	1	62.4	1	85.6	4.9	P<0.01
<i>Cyclothone</i> spp.	2	16.2	2	5.3	1.2	
<i>Diplophos taenia</i>	3	7.0	3	2.8	1.4	
<i>Bolinichthys</i> sp.	4	3.2	5	0.7	0.8	
<i>Gempylus serpens</i>	5	2.8	4	1.5	1.9	
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	6.5	1.8	9	0.2	0.7	
<i>Diogenichthys laternatus</i>	6.5	1.8	8	0.4	0.8	
<i>Diaphus</i> sp. (prob. <i>pacificus</i>)	9	0.6	6.5	0.5	2.8	
<i>Thunnus</i> sp.	10	0.1	6.5	0.5	12.2	
<i>Coryphaena</i> sp.	8	0.8	27	0.1	0.3	
25-50 m						
<i>Vinciguerria lucetia</i>	1	90.0	1	90.8	1.2	
<i>Diaphus</i> sp. (prob. <i>pacificus</i>)	2	4.3	2	3.1	0.9	
<i>Stemonosudis macrura</i>	9.5	0.3	3	1.2	4.4	P<0.01
<i>Cyclothone</i> spp.	4.5	0.5	4	0.8	1.8	P<0.05
<i>Hygophum proximum</i>	3	0.8	8	0.3	0.4	
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	4.5	0.5	6	0.5	1.0	

Tabla 8 (continuación)

<i>Bathophilus filifer</i>	6	0.5	7	0.4	1.0	
<i>Symbolophorus evermanni</i>	14	0.2	5	0.5	2.7	
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	8	0.4	11	0.2	0.7	
<i>Diplophos taenia</i>	11.5	0.3	12.5	0.2	0.8	
50-75 m						
<i>Vinciguerria lucetia</i>	1	78.1	1	84.2	1.2	
<i>Diogenichthys laternatus</i>	2	7.0	2	4.5	0.8	
<i>Symbolophorus evermanni</i>	3	4.3	4	2.7	0.8	
<i>Diaphus</i> sp. (prob. <i>pacificus</i>)	4	3.4	3	2.7	1.0	
<i>Hygophum proximum</i>	5	1.5	5	1.4	1.1	
<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	6	1.1	6	0.8	0.9	
<i>Stemonosudis macrura</i>	7	0.6	7	0.6	1.4	
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	10.5	0.4	9	0.4	1.3	
Paralepidid type B	12	0.3	8	0.4	1.9	
<i>Bregmaceros</i> spp.	10.5	0.4	10	0.3	0.9	
75-100 m						
<i>Vinciguerria lucetia</i>	1	46.9	1	69.5	1.8	P<0.05
<i>Diogenichthys laternatus</i>	2	28.6	2	11.5	0.5	P<0.01
<i>Symbolophorus evermanni</i>	3	8.6	3	5.2	0.7	
<i>Bathylagus nigrigenys</i>	4	3.7	4	2.2	0.7	
<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	5	4.1	7	1.6	0.5	P<0.05
<i>Idiacanthus</i> sp.	6	2.3	6	1.8	0.9	
<i>Diaphus</i> sp. (prob. <i>pacificus</i>)	8	0.8	5	1.9	2.8	P=0.05
<i>Hygophum proximum</i>	7	1.5	10	0.7	0.5	
<i>Bregmaceros</i> spp.	13	0.3	9	0.9	3.4	P<0.05
<i>Lampanyctus idostigma</i>	9	0.4	16	0.2	0.9	

(Simpson's index; Table 9) reflect the relative abundance of *Vinciguerria lucetia* within each depth interval; maximum dominance occurred at 25-50 m, where this species constituted 90% of total larvae. The most equitable species abundance relations were in the neuston, and at 0-25 m and 75-100 m during the day, where *V. lucetia* was relatively less abundant (< 63% of total).

Ichthyoplankton composition and abundance relations varied with depth and time of day (Table 9). Within each depth interval, night tows generally caught more kinds of larvae than did day tows, but the difference was significant only at 0-25 m and 25-50 m (Table 9). Greatest day-night differences in composition and abundance relations occurred in the neuston. Nine neuston night tows caught 3 times as many taxa as did 14 day tows, and taxon proportions and ranked abundances changed radically from day to night (PSI = 20.5; Kendall's tau = 0.10, $P > 0.20$, indicating no agreement of taxon

ranks). These changes were associated with shifts from day dominance by exocoetid larvae (97.5%) to less pronounced night dominance by the nomeid *Cubiceps paucerradius* (39.9%), and mesopelagic fish larvae (28.1%); exocoetid larvae were relatively rare at night (25.8%) (Table 6). Moderate day-night changes in species proportions occurred at 0-25 m (PSI = 74.8), and at 75-100 m (PSI = 73.2). In both cases, there was a night increase in dominance (per Simpson's index), but no marked change in species ranked abundance (Kendall's tau, $P < 0.05$, indicating significant agreement of species ranks). At both depths, day-night changes in species proportions were due to significantly larger night catches of *Vinciguerria lucetia* (Table 8). Exclusion of *V. lucetia* from PSI calculations ("other" PSIs) for the 0-25 m and 75-100 m intervals result in increased values (79.3 and 80.0; Table 9), showing day-night similarity of proportions of other species. Species proportions and do-

minance relations were stable at 25-50 m and 50-75 m (both PSIs > 93), primarily due to relatively constant high abundances of *V. lucetia* (Table 8). Day and night species abundances, and ranks of abundance, were similar at 50-75 m, and the "other" PSI value was high (87.9; Table 9). However, at 25-50 species ranked abundance shifted markedly (Kendall's tau = 0.38, $P > 0.05$) due to a significant ($P < 0.01$) night abundance increase of the paralepidid *Stemonosudis macrura* and marked decrease of *Hygophum proximum* (Table 8), and the "other" PSI value was relatively low (72.4; Table 9).

The uniqueness of the neuston ichthyoplankton assemblage and dominance by *Vinciguerria lucetia* at greater depths are reflected in PSI values from between-depth interval comparisons of species proportions (Table 10A). The neuston assemblage bore little resemblance to that of any deeper interval; PSI comparisons between the neuston and 25 m intervals ranged from 0 to 1.1 (day), and 2.6 to 9.1 (night). PSI values for comparisons between 25 m intervals were much higher (i.e., 50.4 to 84.8 day; 72.0 to 96.3 night), and reflected similarity in the relative proportions of *V. lucetia*. Highest

TABLE 9

Comparison of diversity and composition of ichthyoplankton caught by day and night within five depth intervals in the eastern tropical Pacific. Diversity expressed as mean and standard deviation of numbers of taxa caught per tow, and as total numbers of taxa caught. Significance of day-night differences in mean numbers of taxa caught based on Z tests; species dominance expressed as Simpson's Index (λ). Day-night differences of species proportions expressed as percent similarity index (PSI) values for total species and for species other than *Vinciguerria lucetia*. Day-night differences of species rank order of abundance (10 most abundant species in bongo tows, all species in neuston tows) expressed as Kendall's Tau. Asterisks denote significant day-night differences in diversity and significant agreement of species rank order of abundance at probability levels $P < 0.05$ (*), and $P < 0.01$ (**).

Depth Interval (m)	Day				Night				Composition		
	N ^o		Total		N ^o		Total		PSI Total	PSI Other	Kendall's Tau
	Taxa/Tow \bar{X}	(S)	N ^o taxa	λ	Taxa/Tow \bar{X}	(S)	Taxa	λ			
0-0.25	2.0	(0.8)	4	0.504	1.8	(1.9)	11	0.212	20.5	20.5	0.10
0-25	4.6	(1.9)**	19	0.423	6.0	(1.5)**	27	0.737	74.8	79.3	0.60*
25-50	6.7	(3.0)**	29	0.812	9.3	(3.4)**	32	0.826	96.6	72.4	0.38
50-75	11.5	(2.7)	35	0.618	13.0	(3.3)	35	0.713	93.1	87.9	0.69**
75-100	12.9	(2.2)	33	0.313	14.2	(2.9)	39	0.500	73.2	80.0	0.69**

similarity occurred between the 25-50 m and 50-75 m intervals. Exclusion of *V. lucetia* from PSI comparisons between the 25 m intervals results in lowered values (11.6 - 66.8 day, 14.5 - 69.9 night; Table 10B) with greatest similarity of proportions of other taxa occurring between the 50-75 m and 75-100 m intervals. As suggested by these lowered PSI values, species composition and abundance relations within each interval

were unique (Table 8); ranked abundances of the ten most abundant species within each interval by day and by night were (with one exception) different from those in all other intervals (Kendall's tau test, $P > 0.05$, indicating no significant agreement of species ranked abundances). The exception was similarity of daytime species ranks at 50-75 m and 75-100 m (Kendall's tau = 0.47; $P < 0.05$).

TABLE 10

Between-depth percent similarity index (PSI) values of ichthyoplankton composition by day and night with (A), and without (B) *Vinciguerria lucetia* included in calculations.

A. Total Larvae

Depth (m)	Day				
	0-0.25	0-25	25-50	50-75	75-100
Night:					
0-0.25	X	1.1	0	0	0
0-25	9.1	X	66.2	66.4	50.8
25-50	3.5	89.0	X	84.8	50.4
50-75	2.8	86.7	96.3	X	65.0
75-100	2.6	72.0	74.2	82.4	X

B. Other Larvae (*V. lucetia* excluded)

Depth (m)	Day			
	0-25	25-50	50-75	75-100
Night:				
0-25	X	22.9	14.3	1.6
25-50	28.7	X	38.0	12.0
50-75	16.9	44.0	X	66.8
75-100	14.5	23.0	69.9	X

Day-night differences in total abundance, within-interval abundance, and vertical distributions of some of the more abundant species (Table 8) suggest significant day-night changes in net avoidance and/or vertical migration. Increased night over day abundances throughout the depth ranges of predominantly shallow-living *Vinciguerria lucetia*, *Cyclothone* spp., *Gempylus serpens*, *Thunnus* sp. and Paralepidid B probably resulted primarily from visually aided net avoidance. Significantly lower night abundance at 0-25 m ($P < 0.05$) in conjunction with a significantly shallower night distribution (K-S test, $P < 0.05$) of *Bolinichthys* sp. strongly suggests vertical migration into the undersampled 0-10 m range at night. The day increased 0-100 m abundances, and marked 75-100 m abundance peaks of deep-living *Diogenichthys laternatus*, *Symbolophorus evermanni*, *Scopelarchoides nicholsi*, and *Bathylagus nigrigenys* indicate that indivi-

duals may migrate into the upper 100 m from greater nighttime depths. Both *Stemonosudis macrura* and *Bregmaceros* spp. had substantial overall night abundance increases with concurrent changes in vertical distribution (K-S tests, $P \leq 0.01$ in both cases), possibly resulting from nocturnal upward migration and (for *S. macrura*) decreased net avoidance.

DISCUSSION

Invertebrate Zooplankton

Day-night zooplankton distribution changes appear to be primarily due to upward nocturnal migrations to 0-25 m and/or the neuston by forms which have maximum daytime abundances near the bottom of the mixed layer (~ 40 m), and by forms which undertake extensive migrations from depths > 100 m (i.e., euphausiids, decapods, and mysids). Relatively small day-night changes

occur in abundances, compositions, and proportions of zooplankton taxa at 50-75 m and 75-100 m relative to changes within the three shallower intervals (Table 2; Figure 3).

Despite evidence for upward nocturnal migration, night zooplankton abundance was 10% less than the day value. This is caused primarily by night decreases in total numbers of copepods, chaetognaths and amphipods (Table 1). Decreased night abundances of copepods, and chaetognaths occurred at 25-50 m, 50-75 m, and 75-100 m; amphipod abundances decreased at all depths except the neuston. These decreases suggest nocturnal downward migration out of the upper 100 m and/or upward migration into the undersampled 0-10 m layer by some members of these taxa.

Overall composition, vertical abundance profiles, and diel abundance variations of invertebrate zooplankton described here are apparently characteristic of much of the ETP. Longhurst (1976) described general patterns of ETP zooplankton distribution relative to physical and biological parameters, and found that various features persisted despite regional and seasonal hydrographic variations: (a) The zooplankton were abundant and diverse (predominantly copepods, chaetognaths and euphausiids) within the mixed layer and upper

thermocline (the "epiplankton"). This epiplankton was distinct from the sparser plankton below, and from a vertically migrating fraction ("interzonal species"; predominantly euphausiids and adult mesopelagic fishes) which entered the epiplankton from greater depths (i.e., 250-300 m) at night, primarily increasing its biomass (not numbers). (b) Maximum zooplankton abundance occurred within the epiplankton, and was closely associated with the bottom of the mixed layer (and with the depth of maximum primary productivity). (c) There was generally a secondary near-surface zooplankton maximum, distinct from the rest of the epiplankton. (d) Generally, nocturnal shoaling of the epiplankton was evident, but some taxa exhibited nocturnal "sinking". Because of the similarities between our observations and Longhurst's general patterns, we feel that the following description of zooplankton and ichthyoplankton assemblages at our study site may be broadly applicable to the offshore ETP.

Ichthyoplankton Distribution and Abundance Relative to Invertebrate Zooplankton

The overall vertical distributions of ichthyoplankton and invertebrate zooplankton were significantly different (Figure 6;

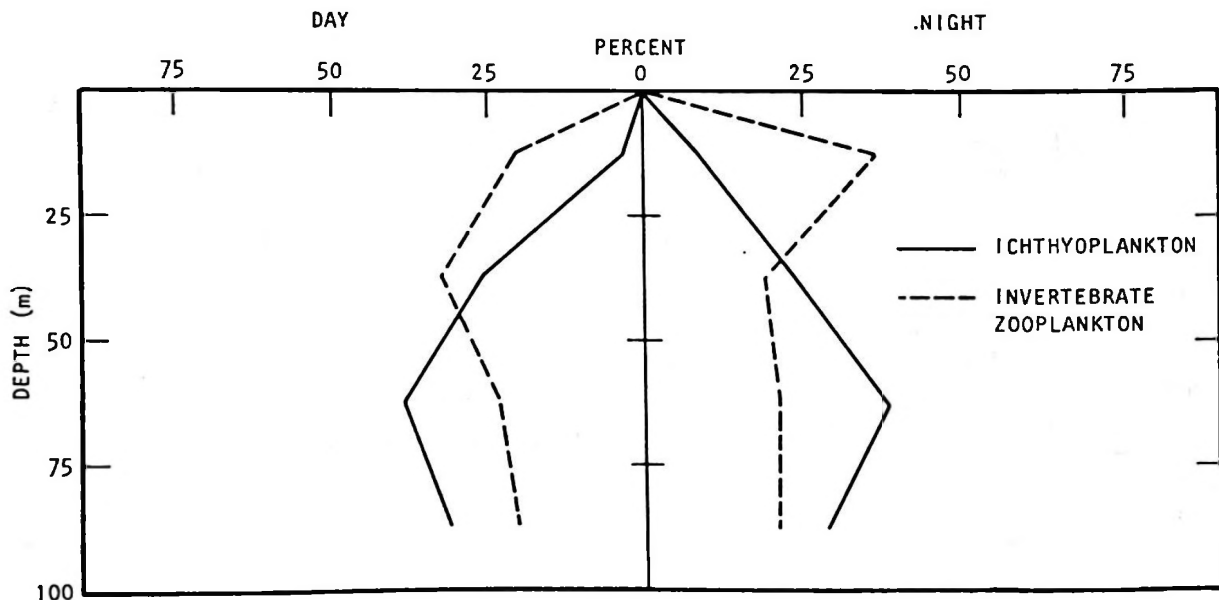


Figure 6. Vertical distribution of ichthyoplankton in relation to invertebrate zooplankton in the upper 100 m of the eastern tropical Pacific. Vertical profiles based on the proportion of total 0-100 m abundance (numbers per 10 m² sea surface area) present by day and night within each of five depth intervals.

K-S test, $P < 0.01$) both day and night. By day and night, most larval fishes were distributed below the depths of maximum zooplankton abundance. Despite these overall distributional differences, strong positive correlations (rank difference correlations $> +0.40$) occurred between zooplankton and ichthyoplankton abundance in individual day tows at 0-25 m, 50-75 m, and 75-100 m, and strong negative correlations (≤ -0.60) occurred in night tows at 0-25 m and 50-75 m (Table 5). While not significant, these correlations show trends of within-depth larval fish and zooplankton abundance relations similar to those reported from the North Pacific central gyre (Loeb, 1979). The strong positive correlations may indicate local aggregation of visually-feeding larvae and zooplankton taxa in response to increased food availability. It is possible that zooplankton concentrations and/or composition at the 25-50 m depth of maximum day abundance are not conducive to such aggregations. At night, relatively large negative correlations could result from predation on larval fish by concentrations of interzonal vertical migrators (e.g., euphausiids).

Ichthyoplankton Composition and Vertical Distribution

Our ichthyoplankton species list resembles that of EASTROPAC ichthyoplankton (Ahlstrom, 1971, 1972); however, relative abundances of dominant families differ markedly between the data sets (Table 11). These differences are in part due to differences between sampling depths of the two surveys. EASTROPAC tows were to ~ 220 m, over twice the depth range of our samples, and so yielded more deeper-living larvae (e.g., sternoptychids [Badcock and Merrett, 1976; Loeb, 1980a]).

The marked difference between ranks and proportions of gonostomatids and myctophids in the two surveys is partly due to extreme dominance by *Vinciguerria lucetia* (77.1%), and low relative abundance of *Diogenichthys laternatus* (8.0%) in our samples, vs. large numbers of *D. laternatus* (38.1% of total larvae), and relatively low abundance of *V. lucetia* (18.0%) in EASTROPAC tows. This suggests that most *D. laternatus* larvae in our area occurred below 100 m. Certainly, *D. laternatus* larvae were most abundant at 75-100 m (Table 8), and appeared to undergo

TABLE 11

The ten most abundant families of fishes and their percentage contribution to the total ichthyoplankton collected during August-September in 0-220 m tows taken on EASTROPAC II cruise (1967), and in tows within upper 100 m taken near 13°N, 130°W during August-September 1980. EASTROPAC II data from Ahlstrom (1972).

	EASTROPAC II		August-September 1980	
	Rank	%	Rank	%
Myctophidae	1	52.0	2	16.6
Gonostomatidae	2	19.7	1	78.3
Sternoptychidae	3	6.0	45.5	0.0008
Bathylagidae	4	4.8	5	0.9
Bregmacerotidae	5	2.5	7	0.3
Paralepididae	6	2.0	4	1.0
Nomeidae	7	1.2	36	0.02
Melamphaeidae	8	1.1	8	0.2
Engraulidae	9	1.1		
Idiacanthidae	10	0.6	6	0.7
Scombridae	20	0.2	10	0.09
Scopelarchidae	15	0.2	3	1.2
Gempylidae	14	0.3	9	0.1
Others		8.3		1.9

substantial upward nocturnal migration into this interval. Relative abundances of these two species may be more alike in our area than in the extensive EASTROPAC II area. Samples collected at nine EASTROPAC II stations closest to our study area (11-14°N, 119°W; Ahlstrom, 1972) contained almost equal numbers of *V. lucetia* and *D. laternatus* larvae. However, this still implies that most *D. laternatus* larvae occurred below 100 m in our area. Other myctophids which had maximum abundances at 75-100 m (*Gonichthys tenuiculus*, *Hygophum atratum*, *Myctophum nitidulum*, *Symbolophorus evermanni*) may also be more abundant at depths > 100 m, and so be under-represented in our samples. Other families which were relatively more abundant in the EASTROPAC II survey than in ours (Table 11) may also occur mostly at 100-220 m: Bathylagidae, Bregmacerotidae, Melamphaeidae and Idiacanthidae larvae all had maxima at 75-100 m in our samples.

ETP vs. North Pacific Central Gyre Fish Assemblages

Loeb (1979; 1980a, b) presented data on larval fishes collected in stratified bongo net samples taken at 28°N, 155°W within the North Pacific central gyre. Because our ETP samples are roughly analogous to those collected in the central gyre (i.e., night samples collected during August-September with bongo nets fitted with 505 µm mesh, fished at four 25 m intervals between 0-100 m, with flow volumes ~ 300 m³; mixed layer depth ~ 40 m; SIO, 1974; Loeb, 1980 a, b), direct comparisons may be made of abundances, diversities, distributions and compositions of night-caught ichthyoplankton of these two oceanic ecosystems.

Estimated total 0-100 m nighttime ETP ichthyoplankton abundance was ~ 2 X that of the central gyre. Mean concentrations at 0-25 m and 25-50 m (mixed layer) were similar (ETP values 0.78 X and 0.95 X, respectively, those in the central gyre). However, abundances at 50-75 m and 75-100 (upper thermocline) were significantly larger (4.1 X and 4.7 X; $P < < 0.001$ in both cases) than in the central gyre. Abundance profiles differ significantly (Figure 7-A; K-S test, $P < 0.01$): 70.2% of 0-100 m central gyre larvae occur-

red within the mixed layer, while 66.0% of ETP larvae were below the mixed layer. In the central gyre, 97% of the estimated 0-600 m larval fish abundance was between 0-100 m; indications are that a substantial proportion of the ETP ichthyoplankton occurs at depths > 100 m.

ETP ichthyoplankton was much less diverse than that of the central gyre: 40 central gyre bongo samples caught 83 taxa vs. 59 taxa in 166 ETP tows. In the central gyre, from 1.3-1.9X more taxa were collected within each depth interval (10 tows/interval), and in all cases, significantly more ($P < 0.05$) taxa were caught per tow than in the ETP.

Both ETP and central gyre ichthyoplankton assemblages were dominated (> 91%) by gonostomatids and myctophids, but the vertical distributions and species compositions of these families differed greatly. Both families had significantly deeper distributions in the ETP than in the central gyre (Figures 7A-B; $P < 0.01$ in both cases). The dominant central gyre gonostomatids *Cyclothone* spp. (27%), and *Vinciguerria nimbaria* (9%) had maximum abundances at 25-50 m (Loeb 1980a, b). In the ETP, shallow-living *Cyclothone* spp. larvae were rare (< 1.0% of total), and dominant *Vinciguerria lucetia* (maximum abundance at 50-75 m) occurred significantly deeper ($P < 0.01$) than its central gyre congener. In both areas, larvae of the myctophid subfamily Lampanyctinae occurred significantly shallower ($P < 0.01$) than larvae of subfamily Myctophinae. In the central gyre, larval lampanyctines outnumbered myctophines by 4:1; in the ETP, larval myctophines outnumbered lampanyctines by 4:1. Additionally, both subfamilies occurred significantly deeper in the ETP than in the central gyre (Figure 7-B; $P < 0.05$ in both cases).

Depth-related composition differences also exist between other more abundant central gyre and ETP families. Shallow-living evermannellids, apogonids, stomiatoids and notosudids were among the ten most abundant taxa collected in 0-100 m central gyre tows; they were rare or absent in ETP samples. In contrast, deep-living bathylagids, idiacanthids and scopelarchids were relatively abundant in ETP samples, but rare in central gyre samples. An exception to this trend was increased relative abundance of deep-

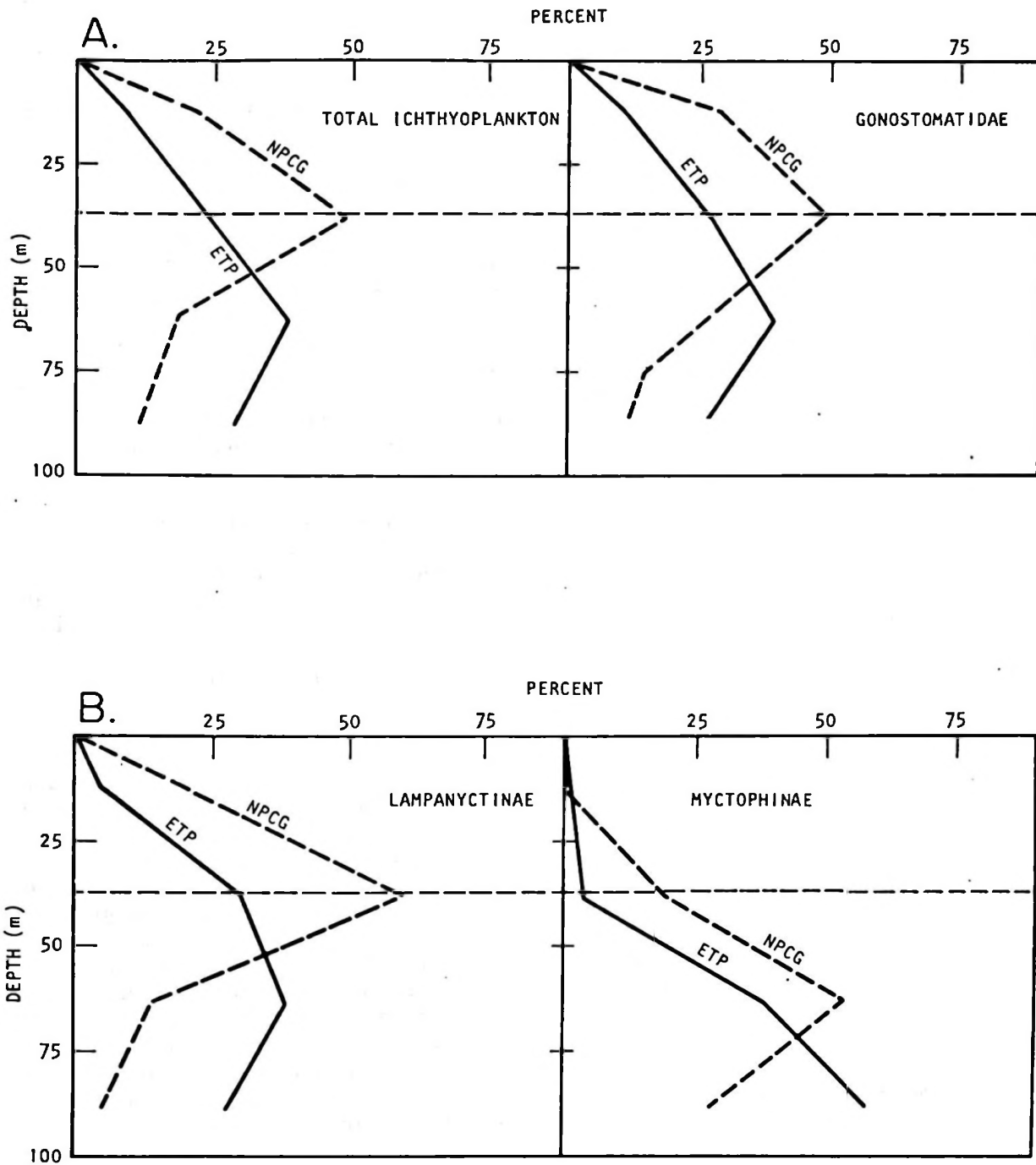


Figure 7. Nighttime vertical distribution of total ichthyoplankton and of major components of the ichthyoplankton of the eastern tropical Pacific (ETP) and North Pacific central gyre (NPCG) based on percentage of total 0-100 m nighttime abundance present within each of four 25 m depth intervals. (A) Total ichthyoplankton and Family Gonostomatidae. (B) Myctophid Sub-families Lampanyctinae and Myctophinae. Dashed line represents mixed layer depth.

living bregmacerotid larvae in the central gyre; however, as mentioned above these may have been greatly undersampled in our study (Table 11). Other exceptions were shallow-living gempylids, paralepidids, and deep-living melamphaeids, which had similar ranks and proportions in both areas.

The major differences between the ETP and central gyre ichthyoplankton composition and depth distribution imply different migratory habits of the dominant adult populations. *Cyclothone* spp., the central gyre dominants, are non-migrators; *Vinciguerria lucetia*, the ETP dominant, migrates to the upper 100 m at night (Robison, 1973). In the central gyre, myctophine myctophid adults generally migrate to the surface or mixed layer, while lampanyctine adults generally do not (Loeb 1980a). A similar situation exists in the ETP. According to Robison (1973) and Wisner (1976), adults of six of our seven myctophine species migrate to the surface at night; the exception (*Diogenichthys laternatus*) is most abundant at 50-100 m at night. In contrast to the central gyre, the adults of two of the four lampanyctine species we caught (*Lampanyctus parvicauda*, *L. omostigma*) migrate to the surface at night; the other two (*Diaphus pacificus*, *L. odostigma*) are caught at depths > 100 m. Additionally, the adult ETP mesopelagic fish assemblage described by Robison (1973; 25 families, 60 species) is mostly composed of vertical migrators. Thus, the ETP mesopelagic fish assemblage appears to be dominated by actively-migrating "near-surface" (Robison, 1973) adult forms that have deep-living larvae; the North Pacific central gyre assemblage is dominated by less actively migrating or non-migrating, deeper-living adult forms with shallow-living larvae.

Differences in ichthyoplankton abundance, diversity, composition and depth distribution, as well as differences in composition and migratory habits of dominant adult populations of the ETP and central gyre reflect fundamental differences between environmental conditions affecting both larval and adult stages in these two areas. Larger ETP ichthyoplankton abundance is associated with the high productivity of the ETP relative to the more oligotrophic central gyre (Holmes *et al.*, 1957; Reid, 1962; Blackburn *et al.*, 1970; Koblenz-Mishke, *et al.*, 1970). The 2 X higher summer (and possibly 4 X winter) ETP

abundances are in accordance with 2-8 X higher ETP zooplankton standing stock estimates (Brandhorst, 1958; Reid, 1962; McGowan and Williams, 1973). Relatively low ETP fish diversity may result from the hydrographic complexity and variability in the ETP as compared to the stability and predictability of the central gyre (Barnett, 1975; Haury, 1976; McGowan, 1977).

The differences in larval depth distributions and in migratory habits of dominant species of the ETP and central gyre fish assemblages may result from differences in (a) uniformity of surface layer parameters, and (b) zooplankton distribution and abundance between the two areas.

Surface layer conditions in the North Pacific central gyre are relatively stable and predictable. Physical, chemical and biological properties of the upper several hundred meters are laterally homogeneous across the water mass. Seasonal changes are moderate, and involve a 6-7 °C cooling and deepening of the mixed layer (40 m in summer, 110-140 m in winter; McGowan, 1977; McGowan and Hayward, 1978; McGowan and Walker, 1979).

In contrast, ETP surface layer conditions are complex and variable. Surface current direction and intensity vary regionally and seasonally. Seasonal changes in mixed layer temperatures and depths also vary considerably (Wooster and Cromwell, 1958; Wyrki, 1965, 1966, 1967; Tsuchiya, 1968, 1974). Across the ETP, the summer mixed layer ranges from 17 °C to > 29 °C, and < 10 m to > 70 m; the winter mixed layer ranges from 22 °C to > 28 °C, and from < 10 m to > 60 m (Love, 1971; 1972a, b; 1973). These within-season regional differences far exceed seasonal changes across the central gyre. In the central gyre, significant ichthyoplankton composition changes are associated with seasonal changes in mixed layer temperature and depth, and central gyre upper water column thermal structure appears to be a major factor regulating ichthyoplankton species and spatial structure (Loeb, 1980b). It is possible, therefore, that the extreme heterogeneity of mixed layer conditions across the ETP is not favorable for most larvae, and that more favorable conditions (i.e., laterally homogeneous) exist within the thermocline. Among potentially favorable physical conditions are continuous isothermal layers (i.e., 15-20 °C) and density

surfaces which could provide uniform physical environments in near-surface waters throughout most of the area to stenothermal larvae and/or early, less active (i.e., buoyancy dependent) larval stages. This may in part explain the widespread constancy of ETP ichthyoplankton species composition (Ahlstrom, 1971, 1972) despite heterogeneity of ETP surface-layer conditions.

While physical conditions in the mixed layer may affect overall ichthyoplankton depth distribution and species composition, the distribution and concentrations of invertebrate zooplankton are probably also important. Both our study and Longhurst's (1976) work indicate that an abundant invertebrate zooplankton assemblage is always present within the mixed layer, and often present within the near-surface/neuston layer of the ETP. Comparable depth stratified data do not exist which would allow direct comparisons of central gyre and ETP zooplankton vertical abundance profiles. However, 0-300 m ETP zooplankton standing stock estimates ($\sim 50\text{-}200$ ml/1000 m³; Brandhorst, 1958; Reid, 1962) are about 2-8X those for the central gyre ($\sim 21\text{-}24$ ml/1000 m³; McGowan and Williams, 1973). Most ETP zooplankton biomass (50-60%; Blackburn, 1966) is concentrated within the mixed layer, and zooplankton abundance decreases substantially at depths > 150 m (Longhurst, 1976). This very abundant, shallow zooplankton could directly affect the composition of the adult fish assemblage by providing a selective advantage to predatory fishes migrating into surface layers to feed; this would result in a fish assemblage dominated by actively migrating and surface-associated species. In the central gyre, the overall low water column productivity and only

moderately increased zooplankton biomass values in surface layers at night probably offer a selective advantage to moderate or low-energy vertical migrators and non-migrating species.

Vertical distributions of invertebrate zooplankton can also directly affect larval fish distributions through competition for food. This may favor the survival of larval forms in the upper thermocline, where food resources are relatively rich (i.e., abundances of copepod nauplii and post-nauplii, and other micrometazoans similar to those within the mixed layer; Beers and Stewart, 1971), but where potential competition for food is markedly reduced relative to the mixed layer. Additionally, nighttime predatory activities of vertical migrators concentrating within the neuston and mixed layers may also skew survival of larval fishes toward deeper waters. Mesopelagic fishes contribute much of this migratory fauna (Blackburn, *et al.*, 1970; Longhurst, 1976); the deep distribution of their larvae may generate additional selective advantage through reduced incidence of cannibalism.

Although the shallow oxygen minimum layer may restrict horizontal distributions of some fish species within the ETP (e.g., evermannellids and scopelarchids; Johnson, 1974; Johnson and Glodek, 1975), it probably does not directly affect the overall structure of the fish assemblage. We agree with Ebeling (1962, 1967) that the distinctive nature of the ETP fish assemblage is probably related to the ETP's high productivity and high hydrographic complexity, and suggest that the structure of this assemblage is in part related to the vertical distributions of productivity and hydrographic heterogeneity, and their influences on both larval and adult stages.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was funded by Ocean Minerals Company, Mountain View, California. We greatly appreciate the assistance in larval fish identification provided by H.G. Moser, Betsy Stevens and Barbara Sumida MacCall of the Southwest Fisheries Center, National Marine Fisheries Service, NOAA, La Jolla, California. Special thanks go to Eric Shulenberger (Natural History Museum of San Diego), John Wormuth (Texas A and M University) and Rick Pieper (University of Southern California) for their generous editorial assistance.

LITERATURE CITED

- AHLSTROM, E.H., 1971. Kinds and abundance of fish larvae in the eastern tropical Pacific, based on collections made on EASTROPAC I. Fishery Bulletin (U.S.) 69: 3-77.
- AHLSTROM, E.H., 1972. Kinds and abundance of fish larvae in the eastern tropical Pacific on the second multi-vessel EASTROPAC survey, and observations on the annual cycle of larval abundance. Fishery Bulletin (U.S.) 70: 1153-1242.
- BADCOCK, J. AND N.R. MERRETT, 1976. Midwater fishes in the eastern North Atlantic - I. Vertical distribution and associated biology in 30°N, 23°W, with developmental roles on certain myctophids. Progress in Oceanography. 7: 3-58.
- BARNETT, M.A., 1975. Studies on the patterns of distribution of mesopelagic fish faunal assemblages in the central Pacific and their temporal persistence in the gyres. Ph.D. dissertation, University of California, San Diego. 145 pp.
- BEERS, J.R. AND G.L. STEWART, 1971. Microplankters in the plankton communities of the upper waters of the eastern tropical Pacific. Deep-Sea Research. 18: 861-883.
- BIERI, R., 1959. The distribution of planktonic chaetognaths in the Pacific and their relationship to water masses. Limnology and Oceanography. 4: 1-28.
- BLACKBURN, M., 1966. Biological oceanography of the eastern tropical Pacific: Summary of existing information. United States Fish and Wildlife Service Special Scientific Report-Fisheries. 540: 1-18.
- BLACKBURN, M., R.M. LAURS, R.W. OWEN AND B. ZEISEL, 1970. Seasonal and areal changes in standing stocks of phytoplankton, zooplankton and micronekton in the eastern tropical Pacific. Marine Biology. 7: 14-31.
- BRANDHORST, W., 1958. Thermocline topography, zooplankton, standing crop, and mechanisms of fertilization in the eastern tropical Pacific. Journal du Conseil Permanent International Pour L'Exploration de la Mer. 24: 16-31.
- BRINTON, E.A., 1962. The distribution of Pacific euphausiids. Bulletin of the Scripps Institution at Oceanography. 8: 51-270.
- CONOVER, W.J., 1971. Practical Nonparametric Statistics. J. Wiley and Sons, New York, 462 pp.
- DIXON, W.J. AND F.J. MASSEY, 1969. Introduction to Statistical Analysis. McGraw-Hill, New York. 638 pp.
- EBELING, A.W., 1962. Melamphaidae. I. Systematics and zoogeography of the species in the bathypelagic fish genus *Melamphaes* Guenther. Dana Report. 58. 164 pp.
- EBELING, A.W., 1967. Zoogeography of tropical deep-sea animals. Studies in Tropical Oceanography, Miami. 5: 593-613.
- HAURY, L. R., 1976. A comparison of zooplankton patterns in the California Current and North Pacific central gyre. Marine Biology, 37, 159-167.
- HOLMES, E.W., M.B. SCHAEFER AND B.M. SCHIMADA, 1957. Primary production, chlorophyll and zooplankton volumes in the eastern tropical Pacific Ocean. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission. 2: 129-169.

- JOHNSON, R.K., 1974. A revision of the alepisaurid family Scopelarchidae (Pisces, Myctophiformes). Fieldiana: Zoology. 66: 249 pp.
- JOHNSON, R.K. AND G.S. GLODEK, 1975. Two new species of *Evermannella* from the Pacific Ocean, with notes on other midwater species endemic to the Pacific central or the Pacific equatorial water masses. Copeia 1975: 716-730.
- KOBLENZ-MISHKE, O.J., V.V. VOLKOVINSKY AND J.B. KABANOVA, 1970. Plankton primary production of the world ocean. In: W.S. Wooster (editor) Scientific Exploration of the South Pacific: 183-193. National Academy of Science, Washington, District of Columbia.
- LENARZ, W.H., 1972. Mesh retention of larvae of *Sardinops caerulea* and *Engraulis mordax* by plankton nets. Fishery Bulletin (U.S.) 70: 839-848.
- LOEB, V.J., 1979. Larval fishes in the zooplankton community of the North Pacific central gyre. Marine Biology. 53: 173-191.
- LOEB, V.J., 1980a. Vertical distribution and development of larval fishes in the North Pacific central gyre during summer. Fishery Bulletin (U.S.) 77: 777-793.
- LOEB, V.J., 1980b. Patterns of spatial and species abundance within the larval fish assemblage of the North Pacific central gyre during late summer. Marine Biology. 60: 189-200.
- LONGHURST, A.R., 1976. Interactions between zooplankton and phytoplankton profiles in the eastern tropical Pacific Ocean. Deep-Sea Research. 23: 729-754.
- LOVE, C.M., 1971. EASTROPAC Atlas. 3. Physical oceanographic and meteorological data from principal participating ships. First and second monitor cruises, April-July 1967. United States National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. Circular 330.
- LOVE, C.M., 1972a. EASTROPAC Atlas. 1. Physical oceanographic and meteorological data from principal participating ships. First survey cruise, February-March 1967. United States National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. Circular 330.
- LOVE, C.M., 1972b. EASTROPAC Atlas. 5. Physical oceanographic and meteorological data from principal participating ships. Second survey cruise, August-September 1967. United States National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. Circular 330.
- LOVE, C.M., 1973. EASTROPAC Atlas. 7. Physical oceanographic and meteorological data from principal participating ships, and oceanographic third and fourth monitor cruises. October 1967-January 1968. United States National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. Circular 330.
- MCGOWAN, J.A., 1974. The nature of oceanic ecosystems. In: C.B. Miller, (editor). The Biology of the Oceanic Pacific. Oregon State University Press, Corvallis: 9-28.
- MCGOWAN, J.A., 1977. What regulates pelagic community structure in the Pacific? In: N.R. Andersen and B.J. Zahuranec (editors). Oceanic Sound Scattering Prediction. Plenum Press, New York: 423-443.
- MCGOWAN, J.A. AND T.L. HAYWARD, 1978. Mixing and oceanic productivity. Deep-Sea Research. 25: 771-793.
- MCGOWAN, J.A. AND P.W. WALKER, 1979. Structure in the copepod community of the central North Pacific central gyre. Ecological Monographs. 49: 195-226.
- MCGOWAN, J.A. AND P.M. WILLIAMS, 1973. Oceanic habitat differences in the North Pacific. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 12: 187-217.
- OWEN, R.W. AND B. ZEITZSCHEL, 1970. Phytoplankton production: Seasonal change in the oceanic eastern tropical Pacific. Marine Biology. 7: 32-36.
- PIELOU, E.C., 1977. Mathematical Ecology. J. Wiley and Sons, New York, 385 pp.
- REID, J.L., 1962. On circulation, phosphate-phosphorus content and zooplankton volumes in the upper part of the Pacific Ocean. Limnology and Oceanography. 7: 287-306.
- REID, J.L., E. BRINTON, A. FLEMINGER, E.L. VENRICK AND J.A. MCGOWAN, 1978. Ocean circulation and marine life. In: Charnock and G.E.R. Deacon (editors). Advances in Oceanography, Plenum Press, New York: 65-130.
- ROBISON, B.H., 1973. Distribution and ecology of midwater fishes of the eastern North Pacific Ocean. Ph.D. dissertation, Stanford University. 175 pp.
- SCRIPPS INSTITUTION OF OCEANOGRAPHY, 1966. A new opening-closing paired zooplankton net. SIO Ref. 66-23. 56 pp. (Copies available from National Technical Information Service Reference A D-645633, Department of Commerce, Springfield, Virginia, U.S.A. 22181).
- SCRIPPS INSTITUTION OF OCEANOGRAPHY, 1974. Data Report, Physical chemical and biological data. Climax I Expedition, 19-28 September 1968. Scripps Institution of Oceanography Reference. 74-20. 41 pp. (Copies available from Technical Publications Office, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, U.S.A. 92093).
- SMITH, P.E. AND S.L. RICHARDSON, 1979. Standard techniques for pelagic fish egg and larva surveys. Food and Agriculture Organization Technical Paper 175. 100 pp.
- TATE, M.W. AND R.C. CLELLAND, 1957. Nonparametric and Shortcut Statistics in the Social, Biological and Medical Sciences. Interstate Printers and Publishers, Incorporated, Danville, Illinois, U.S.A. 171 pp.
- TSUCHIYA, M., 1968. Upper waters of the intertropical Pacific Ocean. The Johns Hopkins Oceanographic Studies. 4. 50 pp.
- TSUCHIYA, M., 1974. Variation of the surface geostrophic flow in the eastern intertropical Pacific Ocean. Fishery Bulletin (U.S.) 72: 1075-1086.
- WHITTAKER, R.H., 1975. Communities and Ecosystems. MacMillan Publishing Company, New York. 385 pp.
- WISNER, R.L., 1976. The taxonomy and distribution of lanternfishes (Family Myctophidae) of the eastern Pacific Ocean. United States Navy Ocean Research and Development Activity Report. 3. 229 pp.

WOOSTER, W.S. AND T. CROMWELL, 1958. An Oceanographic description of the eastern tropical Pacific. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*. 7: 169-282.

WYRTKI, K., 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission*. 9: 271-304.

WYRTKI, K., 1966. Oceanography of the eastern equatorial Pacific. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 4: 33-68.

WYRTKI, K., 1967. Circulation and water masses in the eastern tropical Pacific Ocean. *International Journal of Oceanology and Limnology*. 1: 117-147.

FITOPLANCTON DEL PACIFICO COLOMBIANO COMO INDICADOR DE MASAS DE AGUA (ERFEN IV)

PHYTOPLANKTON FROM THE COLOMBIAN PACIFIC AS INDICATOR OF WATER MASSES

Francisco Alberto Castillo González*

RESUMEN

Sesenta y dos (62) especies de diatomeas pennadas, y ochenta y cinco (85) de dinoflagelados encontrados en el Pacífico colombiano (triángulo estudiado), indican que son especies pertenecientes a un fitoplancton oceánico. Las especies de dinoflagelados más frecuentes son: *Ornithocercus thumii*, *Ceratium breve* var *parallellum*, *C. breve* var *schmidtii*, *C. tripos* var *atlanticum*. Las diatomeas más frecuentes fueron *Coscinodiscus kurzii*, *C. gigas*, *C. argus* o *perforatus*, *C. radiatus*, *Planktoniella sol*.

ABSTRACT

Sixty two (62) species of pennate diatoms and eighty five (85) species of dinoflagellates found in the Colombian Pacific Ocean (Triangle studied) show that they are species belonging to an oceanic type of phytoplankton. The ranks of salinity (‰) and temperature (°C) inside which the species were found, are given. The more common species of dinoflagellates are: *Ornithocercus thumii*, *Ceratium breve* var *parallellum*, *C. breve* var *schmidtii*, *C. tripos* var *atlanticum*, *C. massiliense* var *armatum*, *Peridiniopsis asymmetrica*. The diatoms were represented by *Coscinodiscus kurzii*, *C. gigas*, *C. argus* o *perforatus*, *C. radiatus*, *Planktoniella sol*.

INTRODUCCION

El Niño es un fenómeno oceanográfico que posiblemente afecta los intereses colombianos. Por esta razón es importante conocer sus características como es la de estudiar los organismos planctónicos que relacionados con los parámetros físicos pueden contribuir a su estudio para un mejor aprovechamiento de los recursos marinos, tales como la pesca.

Este proyecto ERFEN IV que ejecuta el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional por parte de Colombia, ha visto la necesidad de determinar los factores de este fenómeno logrando importantes resultados para beneficio de los países afectados por El Niño. Desafortunadamente, en vista de la brecha existente en la falta de un complejo conocimiento de la sistemática del fitoplancton del área del Pacífico Colombiano, este trabajo tuvo que comenzar a partir de este punto.

METODOLOGIA

Durante los meses de noviembre y diciembre de 1978, se tomaron muestras en 5 niveles (0-10-20-40-70 metros) en un área triangular (Figura 1) comprometido por parte

de Colombia ante el "ERFEN", donde se realizó arrastres superficiales con una red cónica de nylon de 64 mm de poro, a un tercio de máquina, durante 10 minutos, fijándose posteriormente con formalina al 5%, las muestras fueron identificadas cualitativamente y cuantitativamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

El fitoplancton analizado corresponde en su mayoría a organismos dinoflagelados ya que fueron encontradas 86 especies y 6.825 individuos entre variedades y especies; mientras que las diatomeas se encontraron 60 especies y 48.547 individuos.

La presencia en el 25% de las células de dinoflagelados, de los cuernos antiapicales recortados, es debido posiblemente a que estos individuos se encontraron en un cuerpo de agua que no es propio de ellos aunque la temperatura no señaló nada anormal.

La presencia de gran variedad de especies del género *Ceratium* indica la influencia de aguas oceánicas de características cálidas como lo expresan *Ceratium inflatum*, *C. massiliense* var *massiliense* y *C. deflexum*; mientras

* Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Apartado Aéreo 3975. Cartagena, Bolívar COLOMBIA

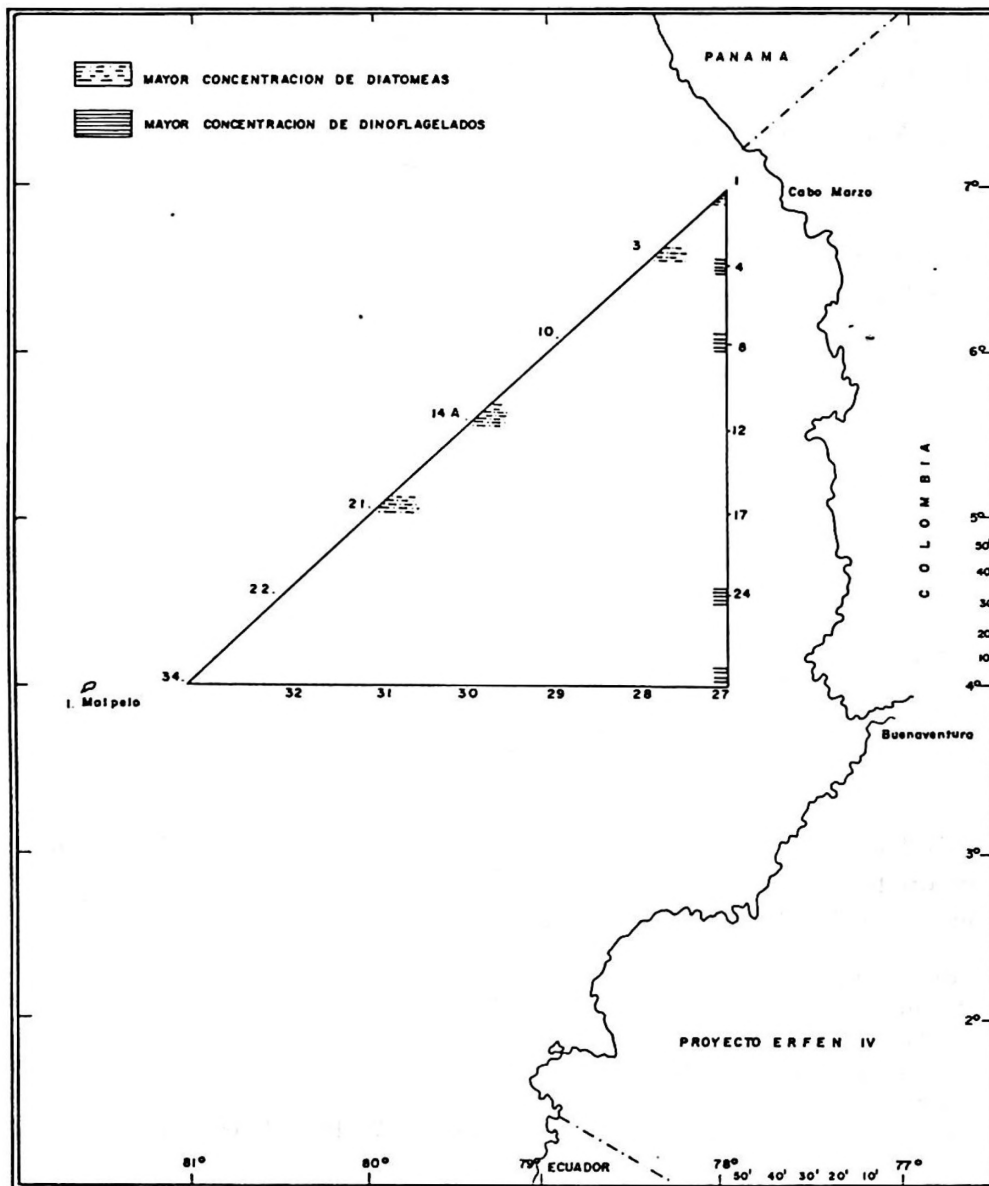


FIGURA No. 1

Figura 1. Estaciones de muestreo (1 al 34) del Proyecto ERFEN IV - COLOMBIA durante noviembre y diciembre de 1978. Se indican las zonas de mayor concentración de diatomeas y dinoflagelados.

que las especies de *Ceratium tripos* var *atlanticum*, *C. trichoceros*, *C. boehmii* o *kofoidii*, *C. vultur* var *japonicum* cf *robustum*, *C. breve* var *parallellum*, *C. pentagonum* var *subrobustum*, son propias de aguas cálidas y costeras.

La estación 24 abajo de Cabo Corrientes presentó una mezcla de 3 masas de agua. Una masa de agua oceánica profunda, caracterizada por la presencia de dinoflagelados considerados oligofóticos como *Ceratium horridum* var *temme*. Una masa de agua nerítica o litoral caracterizada por la presencia de

algunas células de diatomeas como *Thalassionema nitzschioides* y *Diphoneis* cf *bombus*. Una tercera masa superficial oceánica representada por formas flageladas como *Ceratocorys horrida*. Se podría pensar que hasta la superficie se trata de una sola masa de agua, con un tenue límite de transición con aguas oceánicas inferiores.

La estación 8 frente a Cabo Corrientes y a la profundidad de 40 metros, presentó especies de diatomeas como *Bacteriastrum* spp, *Guinardia* sp, *Skeletonema* sp, *Rhizosolenia stol-*

terfothii, *Leptocylindrus danicus*, *Dytilum brightwellii*, *Stephanopyxis cf turris* y *Pseudoenotia do-liolus*, que indican la presencia de una masa de agua influenciada por aportes de aguas continentales, pues estas especies son propias de agua neríticas.

La estación 3 a la profundidad de 70 metros al Norte del triángulo, presentó una altísima concentración de *Coscinodiscus argus* o *perforatus* (16.00-19.00 cel/litro) indicando una masa de agua rica en nutrientes que favorecen este floramiento.

La estación 1 (30 millas más al Norte) presentó también una alta concentración de esta especie, pero acompañada de una concentración considerable de formas de *Ceratium* que por sus características son propias de aguas oceánicas frías. Teniendo en cuenta que las estaciones contiguas (8 y 4) no presentaron estas características, pensamos que la proce-

dencia de la masa de agua en cuestión venga del Norte. El estudio de isotermas, isohalinas y de gráficas del batitermógrafo ayudarán a esclarecer este fenómeno. Por configuración de la costa Pacífica Centro Americana, se llega a pensar que posiblemente tiene procedencia noroeste.

La diversidad más alta fue para *Coscinodiscus kurzii*, *Coscinodiscus gramii*, *Ornithocercus thumii*, (Tablas 1 y 2) en las estaciones 1, 3, 4, 8, 10, 12, 17, 21, 22, 24, 27, 32 y 34. Según Ramón Margalef la diversidad del fitoplancton suele ser entre 1 y 2.5 en aguas neríticas y siendo especialmente baja en áreas de afloramiento, lo cual confirma la diversidad encontrada para el área estudiada de 1.0 posiblemente debido al afloramiento que existe en las estaciones 1 y 3. Ahora la dominancia de una o pocas especies hacen de la comunidad planctónica que sea baja en la diversidad.

TABLA 1

Número de individuos y diversidad de las especies encontradas en las diferentes estaciones

ESTACION DIATOMEAS	NUMERO DE INDIVIDUOS																DIVERSIDAD (H)			
	1	2	4	8	10	12	14A	17	21	22	24	27	28	29	30	31		32	34	
<i>Coscinodiscus kurzii</i>	18	22	19	7	-	4	-	-	-	25	5	-	-	-	-	-	-	2	4	1.0
<i>Coscinodiscus gramii</i>	-	-	2	-	-	4	-	-	-	-	8	9	-	-	-	-	-	-	-	1.0
<i>Coscinodiscus argus</i> o <i>perforatus</i>	-	800	4	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1.0
<i>Actinocyclus</i> sp.	50	140	23	19	-	8	-	2	-	-	-	335	7	13	12	-	8	-	-	0.2
<i>Planktaniello</i> sol.	2	30	-	4	14	3	58	10	-	150	184	5	4	1	38	5	-	13	-	0.1
Diatomeas centricas (?)	3	66	1	17	-	166	-	120	-	-	-	132	-	-	-	-	8	-	1	0.1
<i>Skeletonema costatum</i>	-	-	8	2	2	1	153	-	-	-	3	42	605	-	-	-	-	-	-	0.1

DISTRIBUCION DE LA MATERIA ORGANICA, CARBONO ORGANICO, NITROGENO ORGANICO Y FOSFORO TOTAL EN LOS SEDIMENTOS RECIENTES DE LA BAHIA DE CONCEPCION

DISTRIBUTION OF THE ORGANIC MATTER, ORGANIC CARBON, ORGANIC NITROGEN AND TOTAL PHOSPHORUS IN RECENT SEDIMENTS OF CONCEPCION BAY

Anny Rudolph¹, Ramón Ahumada² y Sergio Hernández¹

RESUMEN

La costa donde se ubica la Bahía de Concepción presenta durante parte de la primavera, verano y comienzos de otoño, condiciones meteorológicas favorables a la surgencia (Ahumada y Chuecas, 1979). Durante este periodo se ha detectado altos valores en biomasa del fitoplancton, *i.e.*, $50 \text{ mg Cl}_2 \text{ m}^{-3}$ (Ahumada *et al.*, 1983), una biomasa de zooplancton de $2.700 \text{ ml}/1000 \text{ m}^3$ de agua filtrada (Troncoso, comunicación personal) y una alta producción secundaria del bentos, materia orgánica de $45 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para una de las especies dominantes (Carrasco y Arcos, 1980).

Existen antecedentes para creer que el afloramiento de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales juega un rol relevante en la sobreproducción de materia orgánica de la bahía y parte importante de ésta producción se incorpora a los sedimentos blandos, creando un ambiente reductor (Falke, 1950; Ahumada y Arcos, 1976 y Ahumada *et al.*, 1983).

El presente trabajo entrega rangos y valores del contenido de materia orgánica, carbón orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total de los sedimentos superficiales de la Bahía de Concepción. Además presenta la distribución espacial de los parámetros estudiados.

SUMMARY

Meteorological conditions during spring, summer and early autumn in the coastal zone of Concepción Bay, are favorable for upwelling. During this period, high values of phytoplankton and zooplankton biomass and a high secondary production rate in the benthos have been reported, for Concepción Bay.

There are some evidences suggesting that upwelled Equatorial Subsurface waters may be a principal factor for a surplus of organic matter production inside the bay. An important part of this surplus production sinks to the bottom where it overlays the soft sediment, producing a reducing environment.

This paper reports concentration data of organic matter, organic carbon, organic nitrogen and total phosphorus in samples from recently deposited sediments in the Concepción Bay. The concentration values of organic carbon are high (*i.e.*, 3.5% in the central part of the Bay) when compared with values for other coastal zones (*i.e.*, 2.0% in the Guayaquil Gulf). However there are lower than those of Walvis Bay in south west Africa (*i.e.*, 25.0% of organic carbon). The spatial distribution of the studied parameters show that: 1) there is an active autogenic process of remineralization within the bay, and 2) the organic pollution has a reduced and localized effect.

INTRODUCCION

Las bajas concentraciones de oxígeno son comunes en las aguas de fondo de fiordos o áreas semicerradas, donde el flujo de agua es restringido (Richards, 1965). Sin embargo,

existen zonas costeras abiertas, donde las condiciones anóxicas son producidas por aguas subsuperficiales que son llevadas a la superficie por procesos de surgencias (Bron-

¹Departamento de Química, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano, Casilla 127, Talcahuano, Chile.

²Departamento de Biología y Tecnología del Mar, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano, Casilla 127, Talcahuano, Chile.

gersma-Sanders, 1957). La condición de baja concentración de oxígeno de las aguas subsuperficiales, se produce por el efecto combinado de la demanda de oxígeno de la materia orgánica particulada en procesos de sedimentación y oxidación y por el tiempo de residencia de las aguas bajo superficie (Richards, 1977; Deuser, 1975).

La Bahía de Concepción (36°40' Lat. S; 73°02' Long. W) presenta dos aspectos interesantes en relación a la producción y oxidación de la materia orgánica.

- a) En los meses de primavera, verano y comienzo de otoño, los vientos dominantes (*i.e.*, viento del sur) son favorables a la surgencia. Durante éste período, los eventos de surgencia se desarrollan en la zona costera adyacente, detectándose una intrusión de aguas con un mínimo de oxígeno al interior de la Bahía (Ahumada y Chuecas, 1979). Además la biomasa fitoplanctónica del área ("Standing crop" 50 mg Cl_a m⁻³), durante este período, es un orden de magnitud mayor que los valores citados por Smith (1968) para las zonas de afloramiento. Existen algunos antecedentes que permiten sugerir que parte importante de la materia orgánica producida en la zona adyacente, como en la Bahía, sedimenta y se incorpora a un proceso de descomposición en condiciones anóxicas.
- b) Durante el invierno, cesa la surgencia y la columna de agua presenta condiciones de buena oxigenación. Sin embargo, los sedimentos mantienen las condiciones anóxicas (Ahumada *et al.*, en prensa) las que pueden ser modificadas en los primeros centímetros de sedimentos por componentes de la macro-infauna en la Bahía (*i.e.*, *Nephtys ferruginea*, Hartman, 1940).

La alta concentración de materia orgánica (*i.e.*, 16%) y la presencia de sulfuros en los sedimentos de la Bahía de Concepción fue informada inicialmente por Falke (1950). Posteriormente Gallardo *et al.*, (1972) reconoce el ambiente reductor que se produce en los sedimentos y Ahumada y Arcos (1976) determinan que las causas de la mortandad de organismos marinos sería la deficiencia de oxígeno en la columna de agua y la presencia de sulfuros (condición anóxica de oxidación de la materia orgánica) en los sedimentos. A pesar de la existencia de estas condiciones poco adecuadas para la vida de los organis-

mos en los sedimentos, Carrasco y Arcos (1980) han detectado una alta productividad secundaria de 45 gm⁻² año⁻¹ peso seco libre de ceniza para *Paraprionospio pinnata*, una especie de poliqueto dominante en el bentos de la Bahía de Concepción.

Este trabajo analiza la distribución espacial de la materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total, en los sedimentos superficiales de la Bahía de Concepción, como una forma de reconocer las zonas de sedimentación orgánica en la Bahía y establece relaciones químicas entre estos parámetros.

MATERIALES Y METODOS

El muestreo de sedimentos se realizó en 26 estaciones de la Bahía de Concepción (Figura 1) durante los días 9 y 10 de julio de 1982.

Las muestras fueron obtenidas de los primeros 20 cm. de sedimentos con una draga tipo Van Veen, posteriormente secadas a 60°C durante 12 horas y tamizadas en 35 mesh, (*i.e.*, 0.45 mm).

El contenido de materia orgánica en los sedimentos fue determinado en base seca a 110°C e ignición a 500°C en una mufla (Byers *et al.*, 1978). El resultado, fue expresado como porcentaje de materia orgánica total de la muestra.

El contenido de carbono orgánico de las muestras, fue determinado por el método de oxidación húmeda (Gaudette *et al.*, 1974) y los resultados expresados como μ -moles de carbono/gramo de sedimento. Recientemente, Rodier and Khalil (1982) comunican que los resultados obtenidos por el método de oxidación húmeda son un 20% menores que los resultados obtenidos de la determinación hecha por un analizador CHN (*i.e.*, método de oxidación seca).

El contenido de nitrógeno orgánico de las muestras fue obtenido aplicando el método de Kjeldhal modificado por Branstreet (Walton, 1970), y expresado por μ -moles de nitrógeno/gramo de sedimentos.

El contenido de fósforo de las muestras se determinó por el método colorimétrico (Strickland y Parsons, 1972) previa digestión de la muestra con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno. Posteriormente la muestra fue diluida 100 veces para su lectura a 885 nm. Los resultados fueron expresados en μ -moles de fósforo/gramo de sedimento.

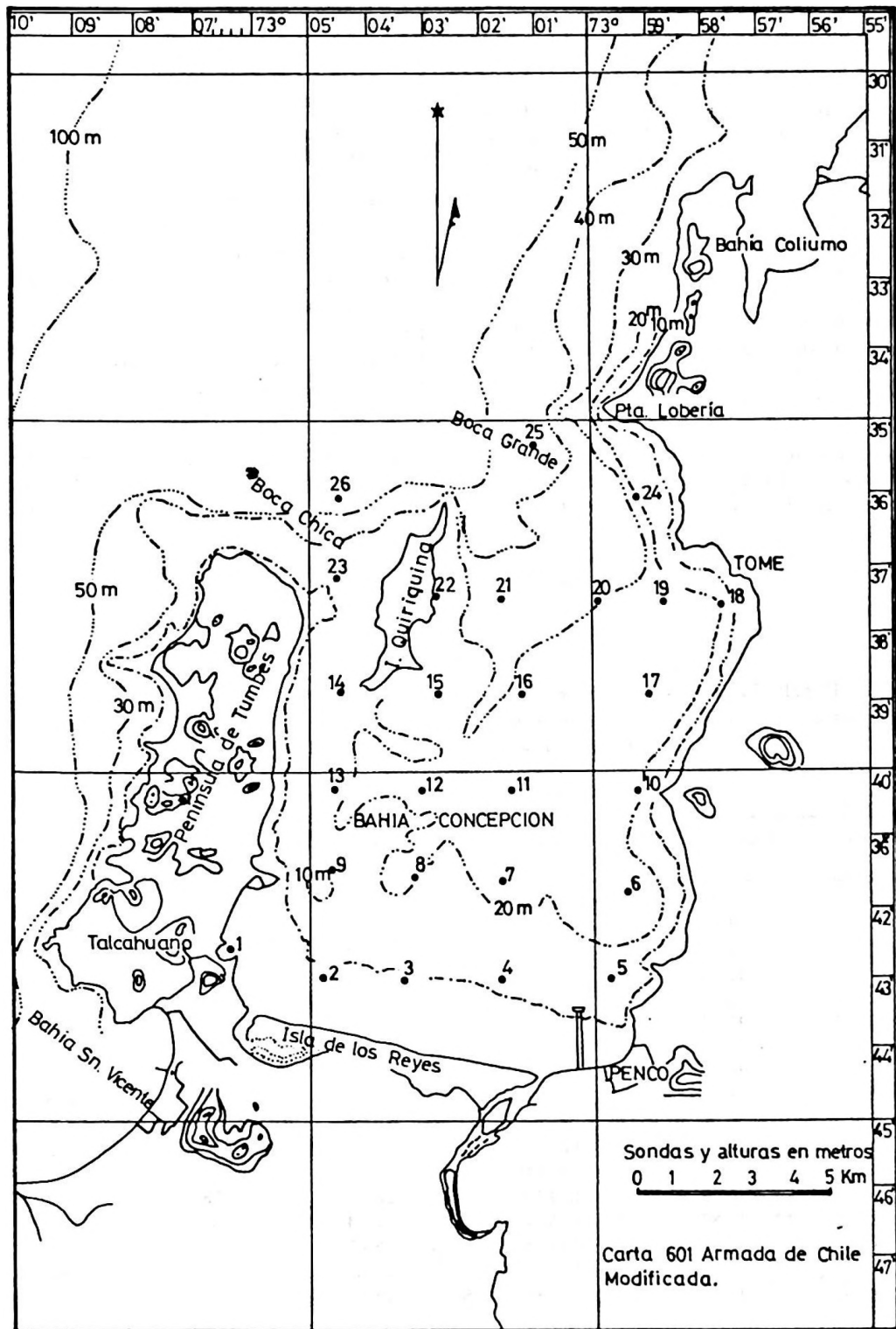


Figura 1. Ubicación de estaciones para el muestreo de sedimentos, en la Bahía de Concepción.

RESULTADOS

Las muestras de sedimento analizadas presentan rangos de 1.16% a 16.17% de materia orgánica; 116,7 a 3.467,0 $\mu\text{mol-C/g}$ para carbono orgánico; 42,9 a 385,7 $\mu\text{mol-N/g}$ para nitrógeno y 44,9 a 369,9 $\mu\text{mol-P/g}$ para fósforo total (Tabla I).

En la distribución espacial de la materia orgánica (Figura 2), carbono orgánico (Figura 3), nitrógeno orgánico (Figura 4) y fósforo total (Figura 5), de los sedimentos, se observa que los valores más altos se encuentran en los sedimentos finos, arcillosos y de color negro que se ubican en la zona central de la Bahía. Estos valores disminuyen a medida que los sedimentos se hacen arenosos, hacia las zonas externas de la Bahía.

La Estación 1 que corresponde a la zona del Puerto de Talcahuano, difiere del com-

portamiento general en los parámetros estudiados, ya que siendo una zona costera, presenta valores altos de materia orgánica 15.16%, carbono orgánico 3.467,0 $\mu\text{mol C/g}$, nitrógeno orgánico 321,7 $\mu\text{mol N/g}$ y fósforo total 369,9 $\mu\text{mol P/g}$ (Tabla I).

La Tabla II muestra las relaciones entre carbono, nitrógeno y fósforo en las muestras analizadas de la Bahía de Concepción. Estas muestras básicamente pueden separarse por su aspecto físico en dos grupos: a) fango negro y b) mezcla arena fango (Yañez, 1971) lo que se refleja en su contenido de carbón, nitrógeno y fósforo.

Los elementos que sufren mayores cambios durante la diagénesis del sedimento son el carbón orgánico, cuya distribución en superficie se indica en la Figura 3, el nitrógeno

TABLA I

Resultado de análisis para materia orgánica en %, carbono orgánico ($\mu\text{mol-C/g}$), nitrógeno orgánico ($\mu\text{mol-N/g}$) y fósforo total ($\mu\text{mol-P/g}$) para sedimentos obtenidos en la Bahía de Concepción (Julio 1982)

Estación	Mat. Org. %	C. Org. ($\mu\text{-mol/g}$)	C. Org. ($\mu\text{-mol/g}$)	P. Total ($\mu\text{-mol/g}$)	Tipo de fondos
1	15.16	3.467,0	321.7	369.9	Fango Negro
2	1.62	200,0	42.9	127,3	Arena-fango
3	1.56	308,3	42.9	197,4	Arena-fango
4	12.02	2.200,0	142.9	107.7	Fango negro
5	12.77	2.008,0	257.1	220,3	Fango negro
6	15.17	2.908,0	264.3	220.7	Fango negro
7	15.62	2.942,0	214.3	184.0	Fango negro
8	13.48	3.067,0	114.3	125.6	Fango negro
9	12.91	2.175,0	214.3	265.1	Fango Negro
10	2,20	467,0	121.4	44,9	Arena-fango
11	15.67	3.033,0	264.3	206,7	Fango negro
12	15,95	2.908,0	250,0	216,5	Fango negro
13	16,17	2.942,0	285,7	183,6	Fango negro
14	10,87	2.458,0	221,4	380,8	Fango negro
15	14,94	2.717,0	285,7	221,5	Fango negro
16	14,74	2.908,0	228,6	146,0	Fango negro
17	14,00	2.908,0	214,3	222,3	Fango negro
18	9,03	1.333,0	200,0	161,5	Arena fango
19	14,59	2.617,0	307,0	206,7	Fango negro
20	14,11	2.808,0	321,4	201,1	Fango negro
21	15,67	3.325,0	385,7	220,7	Fango negro
22					Grava
23	1,16	116,7	42,9	83,2	Arena fango
24					Grava
25	5,35	900,0	92,9	181,1	Arena fango
26	11,82	2.000,0	237,5	213,7	Arena fango

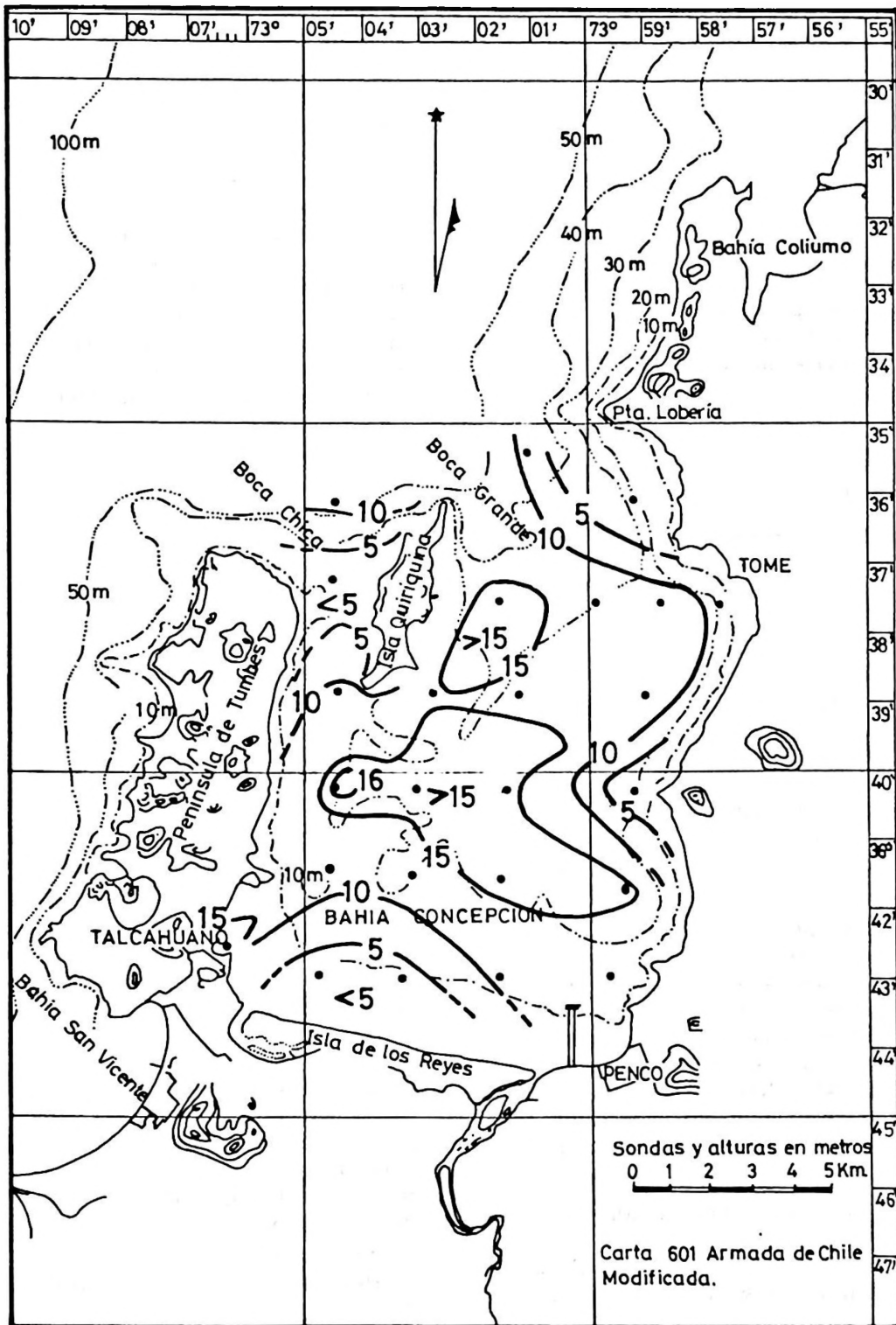


Figura 2. Distribución espacial de la materia orgánica en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción, expresada como porcentaje (g de materia orgánica/100 g de sedimento).

orgánico en Figura 4, y el fósforo total indicado en Figura 5. En la Bahía de Concepción observamos que la distribución de estos parámetros en la superficie del sedimento es coincidente con la distribución de la materia orgánica.

TABLA II
Relaciones entre carbono, nitrógeno
y fósforo para los sedimentos
superficiales de la Bahía
Concepción (Julio 1982)

RELACION	C	N	:	P
Fango Negro	14,01	1,23		1
Mezcla Arena Fango	5,36	0,93		1

DISCUSION

La Bahía de Concepción corresponde a una Bahía anóxica, según la clasificación de Simoneit (1978), ya que las aguas adyacentes al sedimento presentan bajas concentraciones de oxígeno durante la mayor parte del año y el sedimento es anóxico, incluso cuando la columna de agua presenta una buena oxigenación.

La época de primavera-verano y comienzos de otoño, corresponde a un período donde los vientos son favorables a la surgencia, durante este período es común observar coloraciones de las aguas, y disminución a cero en las concentraciones de nutrientes en superficie (*i.e.*, NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}), además de un mínimo de oxígeno en la columna de agua cercana al fondo, hasta aproximadamente los 20 metros de profundidad.

La alta productividad observada en la zona fótica (*i.e.*, MOP con valores de $3,5 \text{ g C m}^{-3}$ (Acuña, Comunicación personal)) hace presumir una alta tasa de acumulación de sedimentos biogénicos, que al no ser aprovechados por el pelagos, se depositarían en el fondo de la Bahía (Yañez, 1971).

Los niveles de concentración de materia orgánica encontrados en los sedimentos de la bahía (Figura 2) son excepcionalmente altos y reflejarían una alta productividad. Por otra

parte, su distribución muestra una mayor acumulación en los sedimentos en el centro de la Bahía de Concepción, lo que está de acuerdo con la caracterización granulométrica realizada por Yañez (1971) y el modelo de circulación de las aguas, propuesto por Ahumada y Chuecas (1979).

La diagénesis de los sedimentos depende de numerosos factores que se encuentran inter-relacionados, haciendo difícil atribuir algún cambio a un factor simple y único (Price, 1976). Entre estos factores se encuentran la tasa de acumulación de sedimento, la cantidad y composición de la materia orgánica y los agentes modificadores de ésta, como son los microorganismos y la biomasa metazoaria de los sedimentos.

Carbón orgánico

La materia orgánica de los sedimentos de la Bahía de Concepción presenta un contenido promedio de carbón orgánico de 20%, y da una proporción de 5:1, entre materia orgánica y carbono. Sin embargo, Jackson (1964), postula que la materia orgánica contiene aproximadamente un 50% de carbono, con una relación de 2:1, (Redfield *et al.*, 1963).

Las diferencias entre la relación materia orgánica/carbono orgánico observada (5:1) y la relación esperada (2:1) según Jackson (1964) podría deberse:

- i) Al método utilizado para determinar materia orgánica (pérdida por ignición). Este método incluye fracciones de materia orgánica refractaria y formas condensadas de carbono de tipo humus y humatos que no son en su totalidad estimados como carbón orgánico. Además de algunos compuestos inorgánicos volátiles como carbonatos minerales, sales de amonio, algunos grupos hidroxilos y agua, que son fuertemente absorbidos por coloides minerales (Jackson, 1964) y que pueden producir un error positivo en la estimación (Mook and Hoskin, 1982).
- ii) Pérdida de carbono orgánico durante la descomposición de los sedimentos por disminución en la concentración de sustancias orgánicas menos estables, como aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos, los cuales con los ácidos húmicos y fúlvicos, comprenden el total de constituyentes orgánicos activos en sedimentos. Los compuestos orgánicos experimentan reaccio-

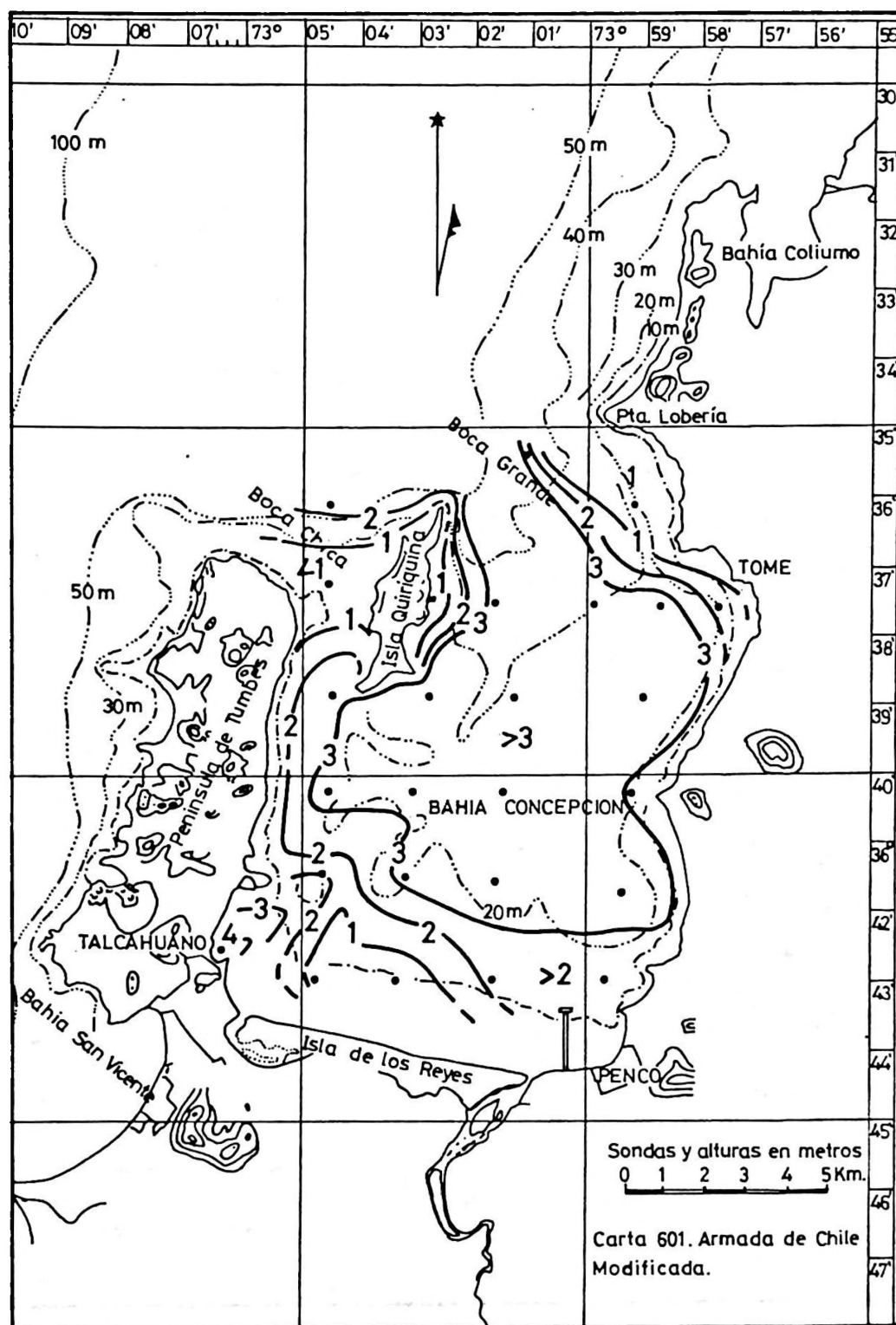


Figura 3. Distribución espacial de carbón orgánico en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción expresados en porcentaje.

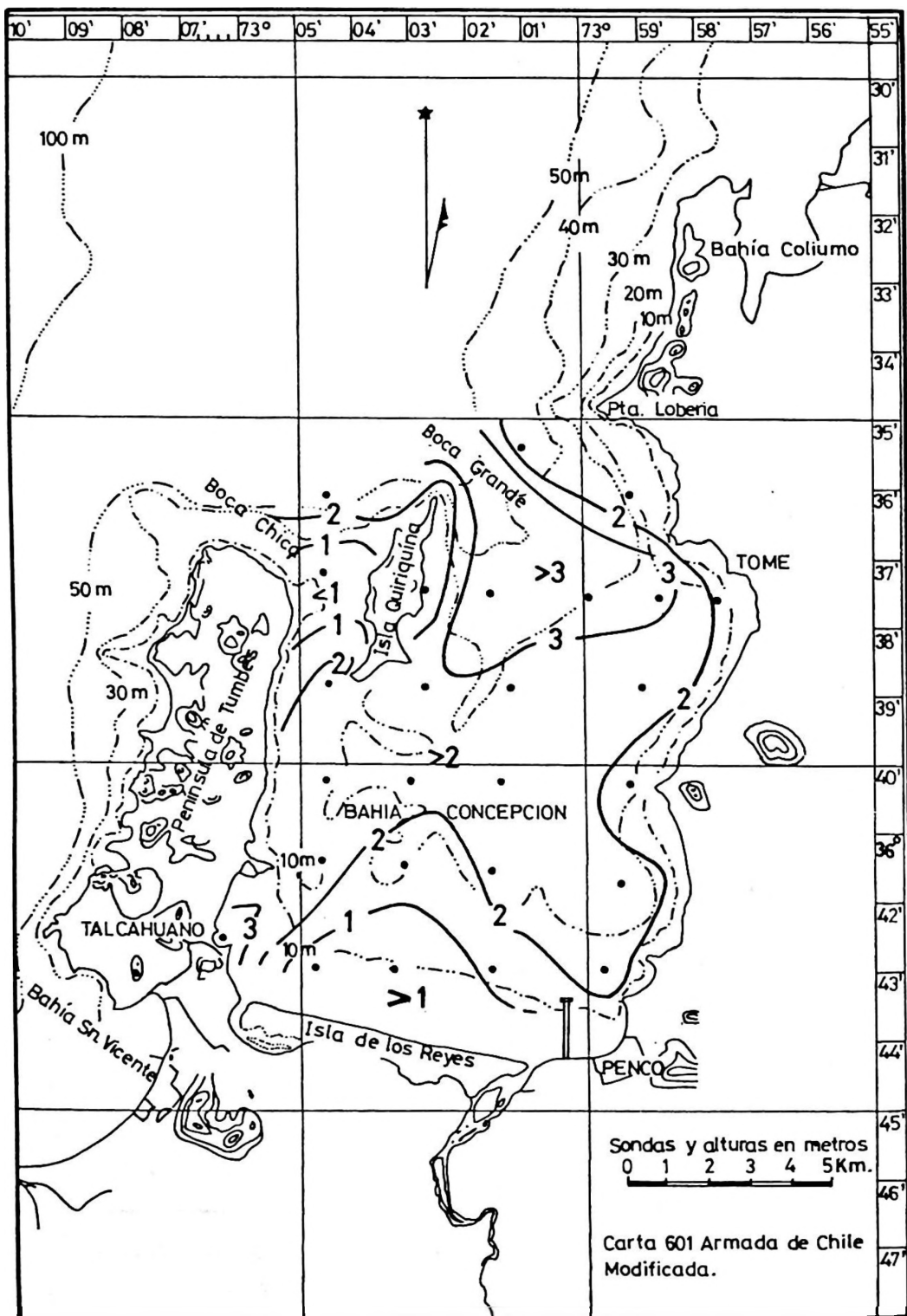


Figura 4. Distribución espacial de nitrógeno orgánico en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción, expresado en $\mu\text{mol-N/g}$ sedimentos $\times 10^2$.

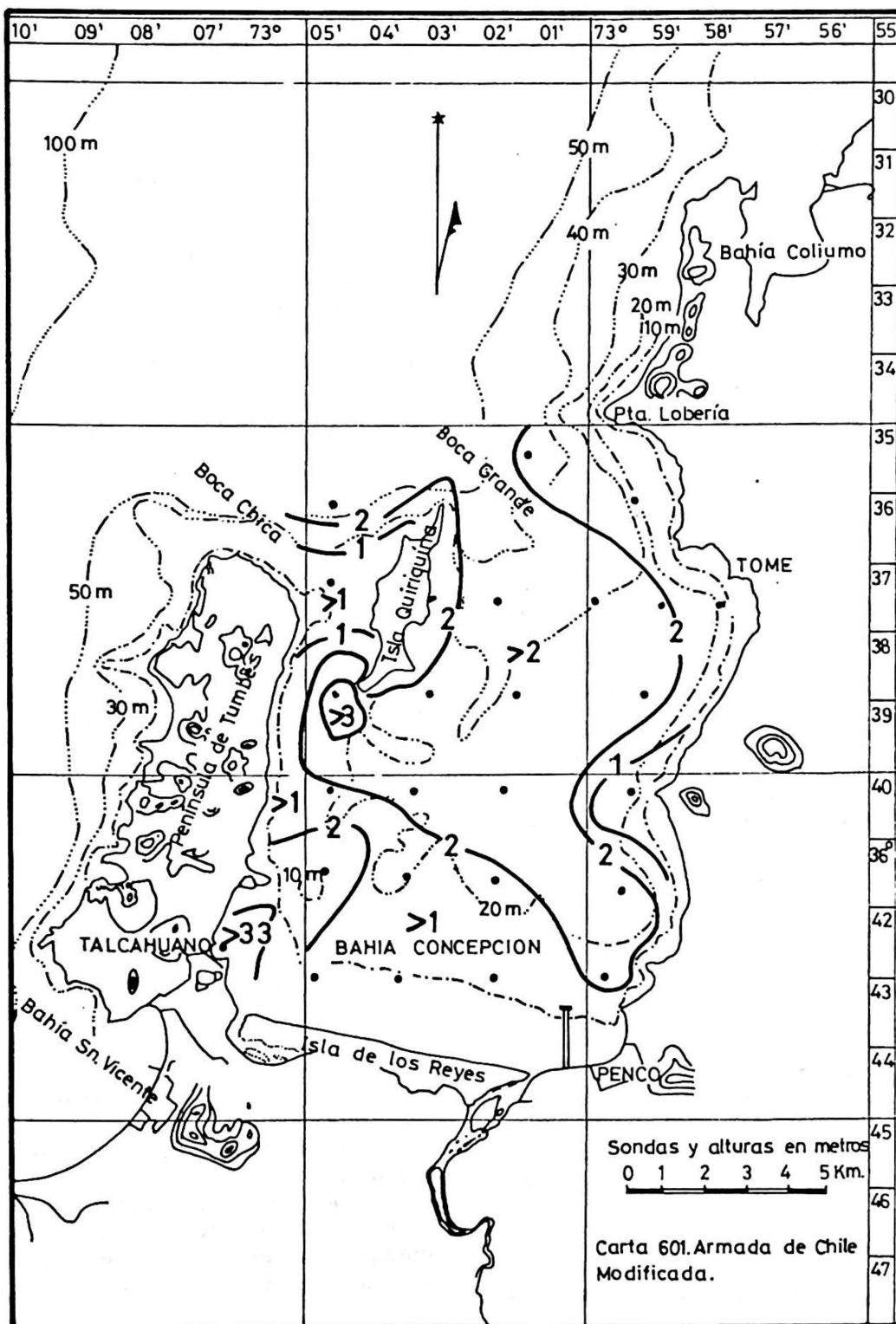


Figura 5. Distribución espacial de fósforo total en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción, expresados en $\mu\text{mol-P/g sedimentos} \times 10^2$.

nes tales como eliminación de grupos funcionales por deaminación, descarboxilación y condensación. Además, de reacciones de isomerización, despolimerización, ciertas oxidaciones intermoleculares y reacciones de reducción, la mayoría de las cuales son irreversibles (Price, 1976).

Producto de la diagénesis del sedimento el carbón orgánico pasa al agua intersticial donde está normalmente presente a la forma de CO_2 aq y H_2CO_3 aq Price (1976). En los sedimentos de la parte central de la Bahía de Concepción, donde existe un alto porcentaje de materia orgánica (*i.e.*, > de 15%) y condiciones permanentemente anóxicas, las reacciones de fermentación deberían producir además de HCO_3^- aq, concentraciones medibles de CH_4 .

Nitrógeno orgánico.

Los compuestos derivados de proteínas, juegan un papel fundamental en la producción de nitrógeno, durante la diagénesis de los sedimentos. Las reacciones de deaminación de la materia orgánica nitrogenada, se producen en presencia o ausencia de oxígeno. En ausencia de oxígeno el amoníaco se acumula en el agua intersticial, en cambio, con la presencia de oxígeno se oxida a nitritos y nitratos (Richards, 1977). Se ha observado valores mayores de $5 \mu\text{mol-N-NH}_4^+ \text{ l}^{-1}$ en el agua cercana al fondo de la Bahía de Concepción debido a la activa diagénesis y a la ausencia de oxígeno.

Fósforo total.

La forma más estable del fósforo en el agua intersticial de los sedimentos marinos es el ortofosfato y se sabe que el fósforo disuelto en el agua intersticial proviene de la descomposición de la materia orgánica (Redfield, *et al.*, 1963; Richards, 1977). Se ha observado valores superiores a $4 \mu\text{mol-de P-PO}_4^{3-} \text{ l}^{-1}$ en la columna de agua cercana al fondo de la Bahía, lo que estaría indicando una activa diagénesis del sedimento.

Relaciones C : N : P.

El modelo más simple de los componentes de la materia orgánica fue dado por Redfield (1958) e indica una relación C : N : P = 106 : 16 : 1. Los sedimentos ricos en materia orgánica de la Bahía de Concepción presentan una relación de 14,01 : 1,23 : 1,00 (Tabla II). Esto podría indicar que:

a) La tasa de degradación microbial de la

materia orgánica es muy alta por tratarse de aguas de poca profundidad.

b) Durante el proceso de sedimentación la materia orgánica particulada es oxidada y degradada rápidamente en la columna de agua en presencia de oxígeno. En cambio, en condiciones subóxicas y anóxicas, el proceso de oxidación es más lento. En condiciones subóxicas los agentes oxidantes de la materia orgánica de los sedimentos podrían ser MnO_2 , HNO_3 , Fe_2O_3 o FeOOH (Frölich, 1979) y en estas condiciones el carbono orgánico es liberado como CO_2 , el nitrógeno como N_2 y/o NH_3 y el fósforo acumulado en el agua intersticial como fosfato. El sedimento rico en materia orgánica da lugar a un medio anóxico, en el cual la acción oxidante de los sulfatos sobre la materia orgánica conduce a la formación de productos de bajo peso molecular como CO_2 , H_2S , NH_3 y H_3PO_4 . Estos sedimentos pueden experimentar reacciones de fermentación, donde se producen reacciones de doble descomposición y los productos de la reacción debería ser CO_2 y CH_4 (Fenchel, 1969; Richards, 1977).

Estos procesos hacen disminuir en un orden de magnitud la relación C : N en el sedimento además de permitir que las sustancias puedan migrar a la superficie del sedimento, y/o pasar al agua intersticial (Fonselius, 1969).

La Estación I que está ubicada en la cabeza de la bahía, cerca del Puerto de Talcahuano, presenta un comportamiento diferente. El sedimento es muy fino y corresponde a fango reductor con fuerte olor a sulfuros, con valores altos de materia orgánica (*i.e.* > 15%), carbón orgánico (*i.e.* de $3.467,0 \mu\text{mol-C/g}$) nitrógeno orgánico (*i.e.* $32,7 \mu\text{mol-N/g}$) y fósforo (*i.e.* $369,9 \mu\text{mol-P/g}$) lo que parece indicar que soporta un activo proceso de eutrofización. Sin embargo, estas condiciones comparadas con la distribución general en la bahía, indicarían que la contaminación producida por los efluentes de la ciudad de Talcahuano y las faenas portuarias esta restringida a un área muy localizada.

CONCLUSIONES

1. La Bahía de Concepción presenta un alto contenido de materia orgánica, carbón orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total en sus sedimentos. Los valores absolutos de materia orgánica y carbón orgánico si-

- túan a la Bahía de Concepción como un área costera con altas concentraciones, (*i.e.*, las concentraciones máximas de carbón orgánico encontrado por Rowe (1977) en el Golfo de Guayaquil fue menos de 1% en la plataforma continental y menos de 2% en el estuario). Sin embargo, si se compara con el máximo excepcional costero conocido, (*i.e.*, Walvis Bay con 25% de carbón orgánico (Calbert, 1976)), aparece como un punto medio.
- Las altas concentraciones y la distribución espacial de los componentes químicos estudiados en la Bahía, insinúan activos procesos autogénicos de remineralización natural. Los aportes de materia orgánica serían el resultado de una sobreproducción del proceso de surgencia.
 - Los procesos de contaminación orgánica producida por los efluentes de la ciudad de Talcahuano y la actividad portuaria, se traducen en procesos de eutrofización que afectan a los sedimentos en forma localizada y focal. Esta misma situación puede apreciarse en el vertedero de la marisma de Rocuant, ubicada en la cabeza de la Bahía (Isla de los Reyes).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Dirección de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DIUC) y forma parte de los resultados del Proyecto N° 177182.

Nuestros agradecimientos a los Señores Victorino Martínez M. y Alejandro Costa F., por la obtención de muestras, al Dr. Eduardo Tarifeño S., por la lectura crítica del manuscrito, así como también a la Sra. Nelly Faúndez y Srta. Eliana Figueroa A., por la transcripción dactilográfica.

REFERENCIAS

- AHUMADA, R y D. ARCOS. 1976. Descripción de un fenómeno de varada y mortandad de peces en la Bahía de Concepción, Chile. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur*, 5: 101-111.
- AHUMADA, R. y L. CHUECAS. 1979. Algunas condiciones hidrográficas estacionales de la Bahía de Concepción y áreas adyacentes. *Gayana Miscelánea* 8: 1-56.
- AHUMADA, R. A. RUDOLPH y V. MARTÍNEZ. 1983. Circulation and fertility of waters in Concepción Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol 16: 95-105.
- AHUMADA, R. MORALES, A. RUDOLPH y P. MATRAI. 1984. Efectos del Afloramiento Costero en la diagénesis temprana de los sedimentos de la Bahía de Concepción, Chile. *Bol. Soc. Biol. Concepción*, 55; (En prensa).
- BRONGERSMA-SANDERS, M. 1957. Mass mortality in the sea., pp 941-1010. *In: J. Hedgpeth (ed.), Treatise on Marine Ecology and Paleocology*. Memoir 67. Geol. Soc. América. Washington.
- BYERSCHIL, C.E.L. MILLS and P.L. STEWARD. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia* 58(1): 43-47.
- CALVERT, S.E. 1976. Mineralogy and geochemistry of near shore sediments, pp 187-271. *In: J.P. Riley and R. Chester (ed.), Chemical Oceanography* 2 nd. ed., V. 6 Academic Press, London.
- CARRASCO, F. y D. ARCOS. 1980. Estimación de la producción secundaria de *Paraprinospio pinnata* (Espinidae Polichaeta), frente a la Bahía de Concepción Chile. *Bolm. Inst. Oceanogr.*; S. Paulo 29(2): 245-248.
- DEUSER, G.W. 1975. Reducing Environments, pp 1-35. *In: J.P. Riley and G. Skirrow (ed.), Chemical Oceanography*, 2 nd. ed., V. 3. Academic Press, London.
- FAULKE, H. 1950. Das Fischsterben in der Bucht von Concepción (MittelChile). *Senckenbergiana*. 31: 57-77.
- FONSELIUS, S.H. 1969 Hydrography of the Baltic deep basins III. Fishery Board of Sweden, Series Hydrography, Report nr 23: 1-97.
- FRÖELICH P., P. KLINKHAMMER, L. BENDER, N. LUEDIKE, G. HEATH, D. CULLING, P. DAUPHIN, D. HAMMOND, B. HARTMAN, V. MAYNARD. 1979. Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the eastern Equatorial Atlantic: suboxic diagenesis. *Geochim. Cosmochim. Acta* 43(7): 1075-1089.
- FENCHEL, T. 1969. The ecology of marine microbenthos IV. Structure and function of the benthic ecosystem, its chemical and physical factors and the microfauna communities with special reference to the ciliated protozoa. *Ophelia* 6: 2-182.
- GALLARDO, A., G. CASTILLO y A. YAÑEZ. 1972. Algunas consideraciones preliminares sobre la ecología bentónica de los fondos sublitorales blandos en la Bahía de Concepción. *Bol. Soc. Biol. de Concepción*. 46: 169-190.
- GAUDETTE, H., N. FLIGHT, L. TONER and D. FOLGER. 1974. An inexpensive titration methods for the determination of organic carbon in recent sediments. *Jour. Sed. Petrology*. 44(1): 249-253.

- JACKSON, M.L. 1964. Análisis químico de suelos. Editorial Omega, S.A. Barcelona. 662 pp.
- MOOK, D. and CH. HOSKIN. 1982. Organic determination by ignition: Caution advised. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 15: 697-699.
- PRICE, B. 1976 Chemical diagenesis in sediments, pp 1-51. *In*: J.P. Riley and R. Chester (ed), *Chemical Oceanography* 2nd. ed., v.6. Academic Press, London.
- REDFIELD, A.C. 1958. The biological control of chemical factors in the environments. *Amer. Sci.*, 46: 205-221.
- REDFIELD, A.C., B.H. KETCHUM and F.A. RICHARDS. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater, pp 26-77. *In*: M.N. Hill ed.), *The Sea*, vol 2. Interscience Publishers, New York.
- RICHARDS, F.A. 1965 Anoxic Versus Oxidic environments. 201-217 pp. *In*: J.P. Riley and G. Skirrow (eds), *Chemical oceanography* v.1 Academic Press, London.
- RICHARDS, F.A. 1977. Marine Areas of Anomalous Chemistry Resulting from Oxygen Deficiencies. 197-128 pp. *In*: Neil R. Andersen and Bernard J. Zahuranec. (eds) *Oceanic Sound Scattering prediction*. *Mar Science* 5. Plenum Press. New York.
- RODIER, L. and M.M. KHALIL. 1982. Fatty Acids in Recent Sediments in the St. Lawrence Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 15: 473-482.
- ROWE, T. GILBERT, T. 1977. Los ciclos del nitrógeno y carbono en los sedimentos del Golfo de Guayaquil. *CUEA Newsletter* 7(1): 31-42.
- SIMONEIT, B. 1978. The organic chemistry of marine sediments, pp 234-311. *In*: J.P. Riley and R. Chester (ed.), *Chemical Oceanography*. 2nd. ed., v.7. Academic Press, London.
- SMITH, R.L. 1968. Upwelling, pp 11-46. *In*: H.B. Barnes (ed.), *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, G. Allen and Unwin Ltd., London.
- STRICKLAND J.D.H. and T.R. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd.*, Canada. 167, 2 nd. Edition, 310 pp.
- WALTON, H.F. 1970. Principios y métodos de análisis químico. Editorial Reverte Mexicana, S.A. México D.F. 225 pp.
- YAÑEZ, A. 1971. Estudio prospectivo cuali y cuantitativo de la macrofauna bentónica del sublitoral de la Bahía de Concepción-Chile. Tesis para optar al título de Licenciado en Biología, Universidad de Concepción, Departamento de Zoología, 373 pp.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Los trabajos, escritos en idioma español o inglés deberán ser enviados al Editor en cuádruplicado (original y tres copias).

El texto, incluyendo referencias bibliográficas, tablas, notas al pie de página y leyendas de figuras, deberá ser escrito a máquina a doble espacio, en hojas tamaño carta (21,5 por 28 cm.) con un margen de 2,5 cm por lado.

Numere correlativamente todas las páginas del manuscrito y coloque en la esquina superior derecha de cada hoja el apellido de los autores; en caso de múltiple autoría, se utilizará la forma *et al.* a continuación del primer autor.

Se sugiere que el manuscrito conste de las siguientes secciones:

a. Portada, b. Resumen y Abstract, c. Introducción, d. Materiales y Métodos, e. Resultados, f. Discusión, g. Agradecimientos (opcional), h) Literatura citada, i. Tablas y figuras.

Comience en hoja separada cada una de las siguientes secciones:

a) Portada, b) Resumen y Abstract, c) Texto, incluyendo Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Agradecimientos, d) Literatura citada, e) Notas al pie de página, f) Leyendas de figuras, g) Cada una de las Tablas.

Portada. La portada debe incluir el título del trabajo, nombre completo de los autores, institución en que se efectuó el trabajo seguido de su dirección postal, y nueva afiliación institucional si es que corresponde. Proporcione también en la portada un encabezamiento de página (título acortado) de no más de 50 caracteres, incluyendo espacios y una lista de no más de cinco palabras clave (key words) que no estén contenidas en el título del trabajo. Si el trabajo se presenta en español al título debe seguir su traducción al inglés.

Resumen y Abstract. Todo trabajo deberá contar con un Resumen en español y uno en inglés. Este último debe presentar una descripción detallada del problema, los objetivos del trabajo, los métodos usados, los resultados y las principales conclusiones de la investigación que se describe, sin necesidad de hacer referencia al resto del trabajo.

Texto. El texto debe incluir: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Literatura citada.

En su manuscrito subraye sólo los nombres científicos (Género, subgénero, especie y subespecie).

Los nombres científicos deberán escribirse completos, incluyendo el nombre de su descriptor, al menos la primera vez que se mencionan en el texto.

Deberá evitarse el uso de abreviaturas no aceptadas internacionalmente, pero si son usadas, su significado debe ser explicado en el texto al ser usadas por primera vez.

Las unidades utilizadas deben ajustarse al International System of Units (SI)

Las referencias se indicarán en el texto por el apellido del autor, seguido del año de publicación. Si son dos los autores, se separarán por el signo &. Si son más de dos autores, se utilizará el apellido del primero seguido de *et al.* Si un mismo autor tiene varios trabajos en el mismo año se indicará cada uno con letras a, b, c, etc., después del año (e.g. Jones, 1981; Jones & Brown, 1976; Palmer *et al.*, 1977; Smith, 1982a, 1982b).

Cite solamente trabajos publicados o en prensa. En este último caso, indique en la lista de Literatura Citada el nombre del autor o autores, las palabras "en prensa" entre paréntesis, la cita del título y la revista. Incluya en el texto entre paréntesis, o en una nota al pie de página, no en Literatura Citada, cualquier mención a "manuscritos en preparación", "comunicación personal". Las comunicaciones personales se citarán en el texto, señalando el o los autores, seguido entre paréntesis por "comunicación personal" indicando, si es posible, año de la comunicación.

Literatura Citada. En la sección Literatura Citada, anote solamente los trabajos citados en el texto, ordenados por orden alfabético de apellidos. Iniciales y apellido de los autores irán en mayúscula.

La cita de artículos de revistas debe seguir el siguiente orden: apellido del autor; coma; iniciales del o los nombres; punto; año de publicación; punto; título del artículo; punto; nombre completo de la revista; coma; volumen en números árabes subrayados, número de fascículo entre paréntesis; dos puntos; primera y última página del artículo separadas por un guión; punto. (e.g. PAINE, R.T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist*, 103 (929): 91-93). Si la cita tiene más de un autor, a partir del segundo la inicial del nombre precede al apellido, y los autores irán separados por coma. Separe el último autor de esa cita del anterior por medio del signo &.

La cita de libros lleva el siguiente orden: Apellido del autor, coma, inicial del autor (seguido de la expresión ed. si se trata de editor); punto; año de publicación; punto; título; punto; número de la edición del libro (sólo a partir de la segunda edición); coma; Editorial; coma; ciudad de publicación; punto; páginas; punto.

Si se refiere a capítulo de un libro use el siguiente ejemplo: BIDDER, A.M. 1966. Feeding and digestion in Cephalopods. En: Physiology of Mollusca. 2: 97-124. K.M. Wilburn and C.M. Younge (ed.). Academic Press, New York.

Tablas y figuras. Los gráficos, mapas, dibujos de línea y fotografías que se incluyan en el texto deben denominarse "figuras", y se abreviarán como Fig. en el texto. Las figuras se enumerarán en forma correlativa con números árabes. Cada figura debe ir acompañada por un título y una leyenda explicativa. Las leyendas de todas las figuras deberán escribirse en una misma hoja bajo el título "Leyendas de figuras". Cada leyenda debe describir la figura con suficiente detalle como para que ella sea comprensible sin referencia al texto.

Las tablas se enumerarán en forma correlativa con números árabes. Cada tabla debe tener un título, seguido de una leyenda que describa la tabla con suficiente detalle como para que ella sea comprensible sin referencia al texto. El encabezamiento de cada columna debe expresar claramente su contenido y la unidad.

Las ilustraciones pueden ser dibujos originales o fotografías de muy buena calidad en papel brillante. Los dibujos originales deberán hacerse con tinta china en papel de buena calidad. El tamaño de los gráficos y de las letras y símbolos debe calcularse de manera que, una vez reducidos a un ancho de columna (7 cm) o doble columna, mantengan su legibilidad.

Cada copia del manuscrito deberá acompañarse de una copia de las Tablas y Figuras, cada una de las cuales no debe exceder 21,5 x 28 cm (hoja tamaño carta).

Se imprimirán sólo fotografías en blanco y negro. Gastos de impresión de fotografías en colores serán por cuenta de los autores, pero se aceptarán excepcionalmente.

Pruebas de imprenta y Apartados. Los autores recibirán una prueba de imprenta que deberán devolver corregida de inmediato. Estas correcciones se referirán sólo a errores de composición.

El autor recibirá gratuitamente 50 (cincuenta) apartados de su trabajo. Un número mayor debe cancelarlos anticipadamente. La cantidad adicional debe ser indicada al devolver la prueba de imprenta.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Manuscripts written either in Spanish or English should be sent to the Chief Editor in one original and three copies.

Text, including literature cited, tables, foot-page notes and figure captions, should be typewritten, double-spaced on sheets of approximately 21.5 × 28 cm with a margin of 2.5 cm.

Manuscript's pages should be numbered correlatively with the author's name in the upper-right corner; in case of several authors use the form "et al." after the first author's name.

It is suggested that submitted papers should have the following sections:

- a. Title page.
- b. Abstract and Resumen and viceversa.
- c. Introduction.
- d. Material and Methods.
- e. Results.
- f. Discussion.
- g. Acknowledgments (optional).
- h. Literature cited.
- i. Tables and Figures.

Start on a separate page each of the following sections: a) Title page; b) Abstract and Resumen; c) Text, including Introduction, Material and Methods, Results, Discussion and Acknowledgments; d) Literature cited; e) Foot-page notes; f) Figure captions; g) Each of the Tables.

Title page. Title page should include the title of the paper, name of the author(s), name of the institution(s) and postal address where the work was done; and new institutional affiliation(s) and postal address if appropriate. Give also a running head no longer than 50 caracteres including spaces, and a list of key-words that do not appear in the paper's title with a maximum of five. In papers written in English, the title should be followed by its translation into Spanish.

Abstract and Resumen. All manuscripts should include an Abstract in English and a Resumen in Spanish (Abstract can be translated into Spanish by the Editors). Abstract and Resumen should record succinctly the main findings of the paper rather than making vague references to the results and discussion. Both Abstract and Resumen should be understandable without reference to the text.

Text. The text should include: Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments and Literature cited.

In the manuscript, underline only the scientific names (Genus, subgenus, species and subspecies).

The scientific names should be written in full including the descriptor's name when given for the first time (The descriptor's paper should not be cited in the Literature section).

The use of non standard international abbreviations, should be avoided. However, if necessary, their meaning have to be explained when used for the first time.

The units in the manuscript should follow the International System of Units (Système International d'unités, SI).

References should be indicated in the text by the name of the author, followed by the year of publication. If two authors collaborated in a same paper, their names should be separated by an ampersand (&). If there are more than two authors, the name of the first author should be followed by the form "et al.". In the case of citation of several works of the same author in a given year, use a, b, c, after the year to make the distinction among the different publications (e. g. Jones, 1981; Jones & Brown, 1976; Palmer et al., 1977; Smith, 1982a, 1982b).

Cite only papers that have been published or in-press. In this last case in the Literature Cited section mention the name of the author, comma, the form "in-press" between parentheses, the citation of the title, and the name of the journal. Do not include in the Literature Cited section references to "manuscript in preparation" or "personnal communication". In this case, it should be cited in the text, giving the name(s) of the author(s) followed by the form "Personnal communication" between parentheses, and if possible, the year it took place.

Literature Cited. In this section cite only papers referred in the text in alphabetical order by first author's name. Use capital letters for initials and names.

Citation of papers should be made in the following order: name of the author; comma; initials; period; year of publication; period; title of the article; period; full reference of the journal's name; comma; volume number underlined in arabic numerals; issue number between parentheses; colon; number of the first and last paper's page separated by an hyphen; period. [e.g. PAINE, R.T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist*, 103(929): 91-93.]. In case of citation with more than one author, the initials should precede the name of the second and following authors. Separate authors names by commas and the last one by an ampersand (&).

Citation of books should follow this sequence: Author's name; comma; author's inicial(s); period; followed by the form "ed" if it is the book editor's; period; year of publication; period; title; period; number of the edition (starting with the second edition); comma; Editorial name; comma; city of issue; period; number of pages; period.

To cite a book's chapter, use the following example: BIDDER, A.M. 1966. Feeding and digestion in Cephalopods. In: *Physiology of Mollusca*. 2: 97-124. K.M. Wilburn and C.M. Yonge (ed). Academic Press, New York.

Tables and Figures. Illustrations (either graphs, or maps, or drawings) and photographs included in the texts should be nominated "figures" and abbreviated as "Fig." in the text. Figures should be numbered correlatively with arabic numerals. Each figure should have a title and an explanatory caption. Figure captions should be typed together in the same sheet under the heading "Figure Captions". Each caption should give a detailed description of the figure, understandable without reference to the text.

Tables should be numbered correlatively with arabic numerals. Each table should have a title followed by a legend giving a detailed description of its content, understandable without reference to the text. The head of each column should clearly state its content and their units.

Illustrations should be either originals or good quality glossy prints. Original drawings should be made in Indian ink on good quality paper. The size of graphs, letters and symbols should be calculated in such a way that once the Figure is reduced to the width of one column (7 cm) or double column, it should still be readable.

Each copy of the manuscript should be sent together with one copy of the set of figures and tables, in the appropriate format (21,5 × 28 cm, letter size). Only B/W photographs will be accepted. Color photographs will be exceptionally considered and printing costs will be charged to the author.

Galley proof and Reprints. Authors will receive galley proof to be returned within 72 hours. Corrections on galley proof should be only on printer's errors.

The autors will receive 50 reprints free of charge. Additional copies could be ordered with the returning galley proof enclosing payment.

ÍNDICE N° 13

NOTA DEL EDITOR

Distribución de clorofila y condiciones oceanográficas superficiales frente a Chile central (Latitudes 32°S - 38°S, Febrero 1982). Surface chlorophyll distribution and oceanographic conditions off the Central Coast of Chile (32° - 38° Lat. S, February 1982).

Dagoberto F. Arcos y Marco A. Salamanca

Inversión térmica costera y su relación con los eventos de surgencia. Subsurface thermal inversion and its relation with coastal upwelling.

Tomás R. Fonseca

Una aproximación ecológica al estudio del parasitismo en el "congrío negro" *Genypterus maculatus* (Tschudi) (Pisces: Ophidiidae). An ecological approach to the study of parasitism in the "black conger-eel" *Genypterus maculatus* (Tschudi) (Pisces: Ophidiidae).

Mario George-Nascimento y Briant Huet

Parasitismo de juveniles de copépodos caligoideos sobre larvas de peces en Bahía de Coliumo (36°32'S, 75°57'W), Chile. Parasitism by juvenile caligoid copepods on fish larvae in Coliumo Bay (36°32'S; 75°57'W) Chile.

Guillermo Herrera

Vertical distribution and composition of ichthyoplankton and invertebrate zooplankton assemblages in the Eastern Tropical Pacific. Distribución vertical y composición de las agrupaciones de ictioplancton y zooplancton de invertebrados en el Pacífico Tropical Oriental.

Valerie J. Loeb and J.A. Nichols

NOTAS

Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador de masas de agua (ERFEN IV). Phytoplankton from the Colombian Pacific as indicator of water masses (ERFEN IV).

Francisco A. Castillo

Distribución de la materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción. Distribution of the organic matter, organic carbon, organic nitrogen and total phosphorus in recent sediment of Concepción Bay.

Anny Rudolph, Ramón Ahumada y Sergio Hernández.

