



BOLETÍN

ISSN: 0378-7699

IMARPE

Instituto del Mar del Perú

Vol. 22 / Nos. 1 y 2 / Enero - Diciembre 2005

**Impacto de la variación oceanográfica estacional e interanual
sobre los ensambles de microfitoplancton, mesozooplancton,
ictioplancton y macrozoobentos de dos áreas costeras
del norte del Perú entre 1994 y 2002**

*Impact of the seasonal and interannual oceanographic variation on
the assemblages of microphytoplankton, mesozooplankton,
ichthyoplankton and macrozoobenthos in two coastal areas
of northern Perú from 1994 to 2002.*

*DIMITRI GUTIÉRREZ KATIA ARONÉS FLOR CHANG
LUIS QUIPÚZCOA PATRICIA VILLANUEVA*

CALLAO, PERÚ

EL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE) tiene cuatro tipos de publicaciones científicas:

BOLETÍN (ISSN 0458-7766), desde 1964.- Es la publicación de rigor científico, que constituye un aporte al mejor conocimiento de los recursos acuáticos, las interacciones entre éstos y su ambiente, y que permite obtener conclusiones preliminares o finales sobre las investigaciones. El BOLETÍN constituye volúmenes y números semestrales, y la referencia a esta publicación es: **Bol Inst Mar Perú**.

INFORME (ISSN 0378 - 7702), desde 1965.- Es la publicación que da a conocer los resultados preliminares o finales de una operación o actividad, programada dentro de un campo específico de la investigación científica y tecnológica y que requiere difusión inmediata. El INFORME ha tenido numeración consecutiva desde 1965 hasta el 2001, con referencia del mes y el año, pero sin reconocer el Volumen. A partir del 2004, consignaremos el Volumen 32, que corresponde al número de años que se viene publicando, y además anotaremos el fascículo o número trimestral respectivo. La referencia a esta publicación es: **Inf Inst Mar Perú**.

INFORME PROGRESIVO, desde 1995 hasta 2001. Una publicación con dos números mensuales, de distribución nacional. Contiene información de investigaciones en marcha, conferencias y otros documentos técnicos sobre temas marítimos. El INFORME PROGRESIVO tiene numeración consecutiva, (N° 1 a N° 159) anotándose mes y año pero no el volumen. Debe ser citado como **Inf Prog Inst Mar Perú**. Su publicación ha sido interrumpida.

ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103) desde 2004.- Es una publicación anual que se considera como un RESUMEN DE LOS INFORMES DE LAS ACTIVIDADES DE LAS DIRECCIONES DE INVESTIGACIÓN Y LABORATORIOS PESQUEROS DEL IMARPE, EJECUTADAS DURANTE UN AÑO CALENDARIO. Estos resultados se editan para su difusión y conocimiento de la comunidad científica y empresarial. La referencia a esta publicación es **Anu cient tecnol IMARPE**, seguida del año. Para el volumen 3 será Anu cient tecnol IMARPE Vol 3, 2003.

The PERUVIAN SEA RESEARCH INSTITUTE (IMARPE) has four types of scientific publications:

BOLETÍN (0378 ISSN -7699) (IMARPE BULLETIN).- Since 1964, is the journal of strict scientific format, that constitutes a contribution to the best knowledge of the aquatic resources, the interactions between these and their environment, which allows to obtain preliminary or final conclusions of the researches. The BOLETÍN constitutes Volumes with semester numbers, and its reference will be: **Bol Inst Mar Perú**.

INFORME (ISSN 0378-7702) (IMARPE REPORT).- Since 1965 is the journal which presents the preliminary or final results of an operation or activity, programmed within a specific field of the scientific and technological research that requires immediate diffusion. During 31 years the INFORME has had consecutive numeration from N° 1 until N° 164, without recognizing the Volume corresponding to each year. Beginning 2004, we have started with Volume 32, which corresponds to the number of years it is being published; and quarterly numbers will be included. The reference will be **Inf Inst Mar Perú**.

INFORME PROGRESIVO (IMARPE PROGRESSIVE REPORT).- Since 1995 to 2001, it has been a report with two monthly numbers, of national distribution. It contains technical information of on going researchs, conferences and other documents of biomarine nature. These "Progressive Reports" have had consecutive numeration (N° 1 to N° 159), mentioning the month and the year, but not the volume. It must be mentioned as **Inf Prog Inst Mar Perú**. Its publication has been interrupted.

ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103) (IMARPE SCIENTIFIC and TECHNOLOGICAL YEARBOOK).- Since 2004, this is a yearly Publication edited as a SUMMARY OF THE REPORTS OF THE ACTIVITIES OF THE RESEARCH DIVISIONS AND COASTAL LABORATORIES OF THE PERUVIAN SEA RESEARCH INSTITUTE (IMARPE), CARRIED OUT EACH YEAR, for their diffusion and knowledge among the whole professional community. The reference to this publication will be **Anu cient tecnol IMARPE**, following the year. For volume 3 it will be Anu cient tecnol IMARPE Vol 3, 2003.

CONSEJO DIRECTIVO IMARPE 2005

PRESIDENTE

Contralmirante (r) AP HUGO ARÉVALO ESCARÓ

VICEPRESIDENTE

Señor LEONCIO ÁLVAREZ VÁSQUEZ

MIEMBROS

**Biólogo, M. Sc. JULIO GONZALES FERNÁNDEZ
Ingeniero JORGE VÉRTIZ CALDERÓN
Contralmirante AP OLEG KRILJENKO ARNILLAS
Señor JOSÉ SARMIENTO MADUEÑO**

DIRECTOR EJECUTIVO

Economista GODOFREDO CAÑOTE SANTAMARINA



BOLETÍN

ISSN: 0378-7699

IMARPE

Instituto del Mar del Perú

Vol. 22 / Nos. 1 y 2 / Enero - Diciembre 2005

Impacto de la variación oceanográfica estacional e interanual sobre los
ensambles de microfitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton
y macrozoobentos de dos áreas costeras del norte del
Perú entre 1994 y 2002

*Impact of the seasonal and interannual oceanographic variation on the
assemblages of microphytoplankton, mesozooplankton, ichthyoplankton
and macrozoobenthos in two coastal areas of northern
Perú from 1994 to 2002.*

*DIMITRI GUTIÉRREZ KATIA ARONÉS FLOR CHANG
LUIS QUIPÚZCOA PATRICIA VILLANUEVA*

CALLAO, PERÚ

Boletín Instituto del Mar del Perú (IMARPE)
ISSN 0378 – 7699, Bol Inst Mar Perú
Vol 22 / Nos. 1 y 2 / Enero - Diciembre 2005

© 2005 Instituto del Mar del Perú (IMARPE)
Esquina Gamarra y General Valle s/n
Casilla postal 22, Callao. Perú
Teléfonos 429.7630 y 420.2000
Fax: 4299811
C. electrónico: imarpe@imarpe.gob.pe

Editor Científico:
Dr. PEDRO G. AGUILAR FERNÁNDEZ, Biólogo

Registro de Depósito Legal N° 2006-8982
Reservados todos los derechos de reproducción total o
parcial, la fotomecánica y los de traducción.
Tiraje: 500 ejemplares
Terminado de imprimir: Marzo 2006

Distribución: canje, suscripción o compra

KINKO'S IMPRESORES S.A.C.
Av. Venezuela 2344
Teléfonos: 336-6699

La información estadística, los mapas, figuras, términos y designaciones empleadas en la presentación de este documento son referenciales, no tienen valor oficial y son de completa responsabilidad de cada autor.

IMPACTO DE LA VARIACIÓN OCEANOGRÁFICA ESTACIONAL E INTERANUAL SOBRE LOS ENSAMBLES DE MICROFITOPLANCTON, MESOZOOPLANCTON, ICTIOPLANCTON Y MACROZOOBENTOS DE DOS ÁREAS COSTERAS DEL NORTE DEL PERÚ ENTRE 1994 Y 2002

*DIMITRI GUTIÉRREZ*¹ KATIA ARONÉS*² FLOR CHANG*³
LUIS QUIPÚZCOA*¹ PATRICIA VILLANUEVA*³*

CONTENIDO

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. MATERIAL Y MÉTODOS	7
2.1. Muestreo	7
2.2. Análisis de laboratorio	8
2.3. Diseño y procesamiento de datos	10
3. RESULTADOS	11
3.1. Condiciones oceanográficas	11
3.1.1. Superficie	11
3.1.2. Estructura Vertical	13
3.1.3. Fondo	19
3.2. Microfitoplancton	19
3.2.1. Volumen de plancton.....	19
3.2.2. Composición y riqueza de especies	20
3.2.3. Indicadores biológicos de masas de agua	23
3.3. Mesozooplancton	24
3.3.1. Volumen y abundancia	24
3.3.2. Composición y riqueza de especies	26
3.3.3. Indicadores biológicos de masas de agua	28
3.4. Ictioplancton	29
3.4.1. Abundancia	29
3.4.2. Composición y riqueza de especies	30
3.5. Macrozoobentos	31
3.5.1. Biomasa y abundancia	31
3.5.2. Riqueza de especies	33
3.5.3. Variación temporal de los taxa más abundantes	34
4. DISCUSIÓN	36
4.1. Escalas temporales de variabilidad oceanográfica	36
4.2. Cambios en el volumen de plancton.....	42
4.3. Comportamiento de los indicadores de masas de agua	44
4.4. Respuesta del macrobentos a la variación oceanográfica y a las condiciones locales	47
4.5. Sumario	50
5. CONCLUSIONES GENERALES	51
6. AGRADECIMIENTOS	52
7. REFERENCIAS	53
8. ANEXOS	57

* IMARPE. Dirección de Investigaciones Oceanográficas (DIO)

¹ Área de Bentos Marino.

² Área de Evaluación de Producción Secundaria.

³ Área de Fitoplancton y Producción Primaria.

RESUMEN

GUTIÉRREZ D, ARONÉS K, CHANG F, QUIPÚZCOA L, VILLANUEVA P. 2005. Impacto de la variación oceanográfica estacional e interanual sobre los ensambles de microfitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton y macrozoobentos de dos áreas costeras del norte del Perú entre 1994 y 2002. *Bol Inst Mar Perú* 22 (1-2): 1-60.- Se ha analizado la variación oceanográfica y las respuestas de los ensambles de microfitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton y macrobentos en las áreas costeras (<20 mn) frente a Paita (05°S) y a San José (06°45'S) durante el período 1994 a 2002. La variación oceanográfica presentó componentes a varias escalas temporales, moduladas por el ciclo ENOS, la propagación de ondas atrapadas hacia la costa y la intensificación estacional del afloramiento costero. La sucesión de los eventos El Niño (EN) 1997-98 y La Niña (LN) 1998-99 presentó características bien diferenciadas en las condiciones físicas superficiales y en la estructura vertical de la columna de agua.

El evento EN 1997-98 fue antecedido por el impacto de una onda Kelvin en febrero de 1997, provocando anomalías positivas de temperatura, profundización de la estructura vertical y presencia de algunos indicadores de masas de agua cálida en el plancton, entre febrero y abril de 1997. Estas condiciones se mantuvieron, o se acentuaron, hasta el final del evento.

El evento LN 1998-99 se caracterizó por la ausencia de masas de agua cálidas cerca de la costa y la dominancia de aguas costeras frías, la no propagación de ondas Kelvin, la posición somera de aguas frías y pobres en oxígeno, así como la hegemonía de indicadores planctónicos de aguas costeras frías.

Estacionalmente, durante otoño-invierno tendieron a desarrollarse condiciones subsuperficiales más oxigenadas (una oxiclina más profunda), mientras que durante el verano las condiciones tendieron a ser menos oxigenadas (hipóxicas, con una oxiclina más somera). Tal patrón no responde a la estacionalidad del afloramiento costero y más bien coincide con la dinámica esperada de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC).

En general, se determinó un muy buen ajuste de los rangos de tolerancia de algunos organismos planctónicos a las características de las masas de agua dominantes en la capa superficial: Aguas Costeras Frías (ACF), Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), validando la utilidad de estas especies como eficaces indicadores biológicos de masas de agua. Se determinaron los rangos de tolerancia en temperatura y salinidad de los dinoflagelados *Protoperdinium obtusum* (ACF), *Ceratium breve* (AES) y *Ceratium praelongum* (ASS), así como de los copépodos *Centropages brachiatus* (ACF), *Eucalanus inermis* (ACF), *Centropages furcatus* (AES) y *Mecynocera clausi* (ASS), entre otras.

Los indicadores presentaron variaciones en su distribución a lo largo del período estudiado. Los indicadores de ACF fueron detectados durante la mayor parte del estudio, pero ocurrieron hechos sobresalientes durante EN 1997-98: (a) entre los dinoflagelados, *Goniodoma polyedricum* alcanzó su mayor frecuencia en San José y *Pyrocystis lunula* frente a Paita; (b) el copépodo *Centropages furcatus* (AES) incrementó su abundancia frente a Paita y fue hallado frente a San José; (c) se evidenciaron cambios en la composición específica del plancton, detectándose el ingreso de especies no residentes y aumento de la riqueza de especies; (d) las biomásas fitoplanctónica y zooplanctónica tendieron a mostrar una relación directa bajo condiciones neutras del ENOS; sin embargo, al ocurrir variaciones ambientales (EN y LN) presentaron una tendencia contraria; (e) las comunidades del macrobentos en estas dos áreas, mostraron disminuciones significativas en los parámetros comunitarios, contrastando con la respues-

ta de la macrofauna bentónica frente a la costa central. Este comportamiento frente a Paita pudo obedecer a la alteración del ambiente sedimentario por las muy altas descargas del río Chira; y frente a San José, pudo resultar de la disminución local de la producción primaria y del flujo de alimento particulado al bentos. Se sugiere que la disponibilidad de alimento, influenciada por los procesos erosivos sobre el fondo, marca una diferencia clave en la dinámica de estas comunidades en relación a las registradas frente a la costa central, ya que estas últimas habitan en áreas donde predominan los procesos deposicionales y la acumulación de materia orgánica en los sedimentos. Los anfípodos gamáridos, especialmente de la familia Ampeliscidae, mostraron ser más sensibles a los cambios ambientales en el fondo (interfase sedimento-agua) al disminuir significativamente sus poblaciones, en ambas áreas costeras.

PALABRAS CLAVE: El Niño (EN), La Niña (LN), variación oceanográfica 1994 - 2002, ensambles ecológicos, microfitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton, macrozoobentos, áreas costeras del norte peruano.

ABSTRACT

GUTIÉRREZ D, ARONÉS K, CHANG F, QUIPÚZCOA L, VILLANUEVA P. 2005. *Impact of the stationary and interannual oceanographic variation on the assemblages of microphyto-plankton, mesozooplankton, ichthyoplankton and macrozoobenthos in two coastal areas of northern Perú from 1994 to 2002. Bol Inst Mar Perú 22 (1-2): 1-60.* - It was analyzed the oceanographic variation and the responses of microphytoplankton, mesozooplankton, ichthyoplankton and macrobenthos assemblages in the coastal areas (< 20 nm) off Paita (05°S) and off San José (06°45'S) from 1994 to 2002. The oceanographic variation was composed by different time-scales, which were modulated by the ENSO cycle, the poleward propagation of coastal trapped waves (CTWs) resulting from Kelvin waves impacting the coast near the Equator, and the seasonal intensification of coastal upwelling. The sequence of the events El Niño (EN) 1997-98 and La Niña (LN) 1998-99 showed well-defined characteristics in the surface physical conditions and in the vertical structure of the water column.

Before the official onset of the EN 1997-98 event in May 1997, a Kelvin wave impacted the northern coast, triggering positive temperature anomalies, a deepening of the vertical structure and the presence of some biological indicators of warm water masses in February and in April 1997. These conditions prevailed or were intensified until the end of the event.

The LN 1998-99 event was characterized by the absence of warm water masses near the coast and the dominance of cold coastal waters, the absence of Kelvin waves, the shallow position of cold, oxygen-poor waters, and the dominance of planktonic indicators of cold coastal waters.

Seasonally, there was a tendency that more oxygenated subsurface conditions (a deeper oxycline) were present during autumn/winter, while less oxygenated subsurface conditions (hypoxic, a shallower oxycline) were developed during summer. This pattern does not agree with the upwelling seasonal regime, but coincides with the expected dynamics of the Southern Extension of the Cromwell Undercurrent at these latitudes.

In most of the cases there was a good fit of the tolerance ranges of some planktonic species to the dominant water masses in the surface layer: Cold Coastal Waters (CCW), Surface Equatorial Waters (SEW) and Surface Subtropical Waters (SSW), validating the usefulness of these species as biological indicators of water masses. There

were determined the tolerance ranges of temperature and salinity from the phytoplankters *Protoperdinium obtusum* (CCW), *Ceratium breve* (SEW) y *Ceratium praelongum* (SSW), and from the zooplankters *Centropages brachiatus* (CCW), *Eucalanus inermis* (CCW), *Centropages furcatus* (SEW), *Mecynocera clausi* (SSW), among others.

The indicators varied their distribution along the study period. CCW indicators were found most of the times but not during the EN 1997-98 event; (a) in this pe-riod the dinoflagellate *Goniodoma polyedricum* reached its highest frequency off San José and the dinoflagellate *Pyrocystis lunula* peaked in frequency off Paita; (b) the abundance of the copepod *Centropages furcatus* (SEW) was increased off Paita, and was found off San José; (c) during the EN 1997-98 event the species composition of plankton was changed, increasing the total number of species due to the input of non-resident species; (d) Phytoplankton and zooplankton volumes tended to show a direct relationship under neutral ENSO conditions, but showed a negative relationship under El Niño and La Niña events; (e) the macrobenthic communities were impacted negatively in abundance and diversity by the EN 1997-98 event in both areas, contrasting with the response of the benthic macrofauna to EN off the central Peruvian coast. This behaviour could respond to the disturbance of the sedimentary environment off Paita due to the highly enhanced discharges of the Chira river. Off San José the impoverishment of the macrobenthos may have resulted from the local reduction of primary production and of particulate flux to benthos. It is postulated that in this area the food limitation for benthos, due to erosive processes in the bottom, sets up a key difference of the dynamics of the benthic communities, compared to those off the central coast that inhabit areas of enhanced deposition and accumulation of particulate organic matter. Gammarid amphipods, specially those belonging to the family Ampeliscidae, showed the most consistent response to the environmental variability, since the populations were significantly reduced during the EN 1997-98 event in both coastal areas.

KEYWORDS: El Niño (EN), La Niña (LN), oceanographic variation 1994 - 2002, ecological assemblages, microphytoplankton, mesozooplankton, ichthyoplankton, macrozoobenthos, coastal areas of northern Perú.

1. INTRODUCCIÓN

El ecosistema marino de Humboldt frente al Perú presenta una alta variabilidad espacial y temporal, influenciada por la ubicación latitudinal próxima al Ecuador. A escala estacional, los movimientos del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) determinan la intensidad y dirección de los vientos locales. A escala interanual, el ciclo El Niño Oscilación del Sur (ENOS) modula la profundidad de la termoclina, la circulación subsuperficial proveniente de la zona ecuatorial y también la intensidad del APS y la posición de la ZCIT. Desde el punto de vista productivo, esta variabilidad se expresa en cambios en el tamaño del ecosistema en su conjunto (NIXON & THOMAS 2001, CHÁVEZ *et al.* 2003). Durante los períodos favorables al aflora-

miento de aguas ricas en nutrientes (p.ej. sea estacional o interanual), el sistema se expande, y viceversa.

La zona comprendida entre los 4 y 6°S es considerada como el límite septentrional del ecosistema marino de Humboldt, pero como en todo ecosistema, y el de Humboldt en particular, se trata de un límite difuso y altamente variable. A nivel superficial, esta zona se encuentra más expuesta a la invasión de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y Aguas Tropicales Superficiales (ATS), de baja salinidad y alta temperatura en menor o mayor grado, respectivamente. A nivel subsuperficial, la termoclina tiende a ser más profunda y la zona de mínima de oxígeno (ZMO) normalmente se ubica por debajo de los 100 m, como resultado de la influencia de la Corriente de Cromwell. Ambos niveles son

altamente sensibles a cambios provocados por la propagación de ondas atrapadas a la costa desde el Ecuador, eventos a su vez asociados con la dinámica del ENOS. Al sur de esta zona la influencia de aguas de origen ecuatorial es más restringida. Sin embargo, las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), cálidas y altamente salinas, se aproximan a la costa periódicamente, dependiendo de la extensión de las aguas afloradas y de las condiciones de macroescala influenciadas por el ENOS. Por otra parte, si bien la ZMO es más somera intersectando gran parte de la plataforma continental, la propagación de las ondas atrapadas puede deprimir a la ZMO, oxigenando a la plataforma.

Si bien existen diversas investigaciones sobre la variabilidad interanual de las comunidades biológicas (ARNTZ & FAHRBACH 1996, TARAZONA et al. 1988, SÁNCHEZ 2000, SÁNCHEZ et al. 2000), la mayoría se ha focalizado en una visión de macroescala, o en la zona costera central y sur del país. Las zonas costeras son especialmente significativas debido a sus características de refugio o crianza de muchas especies, así como por ser áreas de intensa actividad socio-económica sustentada en la extracción de recursos marinos, por lo que el estudio de las fluctuaciones ambientales y ecológicas en las mismas merece especial atención. Debe considerarse que las zonas costeras están sujetas a procesos locales como mareas, ondas, circulación de microescala y transporte de sedimentos, que pueden interferir, debilitar o potenciar la señal oceanográfica de gran escala. Una herramienta de bajo costo, para analizar estas fluctuaciones, es un sistema de monitoreo bio-oceanográfico próximo a la costa. En ese sentido la finalidad de este trabajo es comprender mejor la variabilidad oceanográfica y de algunos ensamblajes biológicos de dos zonas costeras del norte del Perú, mediante la utilización de monitoreo biooceanográfico costero como herramienta. En particular, es interesante comparar las respuestas ecológicas de una zona costera ubicada en el límite

septentrional del ecosistema marino de Humboldt (Paita, 05°S) con otra, ubicada al sur de este límite (San José, 06°45' S), las cuales además difieren en la amplitud de la plataforma (más angosta frente a Paita) y en la configuración de la costa (abierta frente a San José). Para ello se analizan diversas series temporales de parámetros biooceanográficos desde el inicio de las observaciones en 1994 hasta 2002.

Para este trabajo, una de las estrategias utilizadas es la evaluación de las fluctuaciones de especies indicadoras de masas de agua (GRAHAM 1942, GRAHAM & BRONIKOVSKY 1944, BALECH & FERRANDO 1964, OCHOA & GÓMEZ 1997, ANTONIETTI et al. 1993), identificadas previamente en el microfitoplancton y en el mesozooplancton. Estos organismos han sido utilizados exitosamente por otros autores para evaluar el desplazamiento anómalo de masas de agua (SANTANDER & SANDOVAL DE CASTILLO 1981, VÉLIZ 1981, CARRASCO 1993, OCHOA & GÓMEZ 1997). La otra estrategia es analizar las respuestas a nivel de la estructura de algunos ensamblajes del plancton (microfitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton) y del bentos (macrobentos), procurando determinar la amplitud y la duración de las mismas.

Por lo tanto, el objetivo general del trabajo es determinar las respuestas de los ensamblajes planctónicos y bentónicos, a la variabilidad oceanográfica estacional e interanual en dos áreas costeras de diferente configuración de la línea costera, sometidas a distintos grados de influencia de aguas ecuatoriales y de aguas subtropicales. En general, se postula que los ensamblajes biológicos de ambas áreas costeras responden a la dinámica oceanográfica a macroescala, mediante cambios en la diversidad, y que estas respuestas son moduladas por las características locales y varían en signo o amplitud según cada ensamblaje.

Los objetivos específicos son cuatro:

- a) Analizar y comparar la variación estacio-

nal e interanual de las condiciones oceanográficas, a nivel superficial y subsuperficial en las dos áreas costeras.

- b) Analizar y comparar la fluctuación de indicadores biológicos de masas de agua en el plancton, respecto a la variabilidad temporal de las condiciones oceanográficas en las dos áreas costeras.
- c) Evaluar y comparar la variación temporal de los parámetros comunitarios del microfitoplancton, del mesozooplancton y del ictioplancton, en relación a las condiciones oceanográficas en las dos áreas costeras.
- d) Evaluar y comparar la variación temporal de los parámetros comunitarios de la macrofauna bentónica en respuesta a los cambios oceanográficos en la capa subsuperficial de la columna de agua en las dos áreas costeras.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. MUESTREO

2.1.1 Áreas de estudio y frecuencia de muestreo.- Las estaciones de muestreo se localizaron en transectas perpendiculares a la costa hasta 16,5 mn en Paita y hasta 20 mn en San José (Figura 1). De estas, dos estaciones (a 35 m y a 65 m) se seleccionaron para el muestreo de macrobentos frente a cada localidad, y además se registraron datos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto sobre el fondo. La estación a 35 m frente a San José fue discontinuada para el muestreo bentónico después de diciembre de 2000. El material empleado comprende 93 muestreos, tomados entre agosto de 1994 y diciembre de 2002; 46 correspondieron a Paita y 47 a San José (Tabla 1). Para evaluar la variabilidad del plancton y de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, en la capa superficial y en la estructura vertical, el análisis se basa en los datos registrados en las estaciones más alejadas a la costa.

2.1.2 Parámetros oceanográficos.- Para la determinación de los parámetros oceanográficos (temperatura, salinidad, clorofila-a, oxígeno y nutrientes), las muestras en la columna de agua se colectaron con botellas Niskin de 5 L de capacidad, provistas de termómetros de inversión, a niveles pre-establecidos (10, 25, 50, 75 y 100 m). Una vez registrada la temperatura, se colectó de inmediato la muestra para la determinación de oxígeno disuelto, empleándose frascos de vidrio de color ámbar de 100 mL con tapa esmerilada. La determinación se realizó a bordo, de acuerdo a la metodología de WINKLER modificada por CARRIT y CARPENTER (1966). Las muestras para la determinación de salinidad y de nutrientes fueron colocadas en frascos plásticos de 250 mL, para luego ser congeladas. Además se colectó fitoplancton en frascos ámbar de 80 mL preservándose inmediatamente en una solución de formol hasta una concentración final de 1%. Para la determinación de clorofila-a se filtró un volumen de 100 mL de agua de mar con filtro Whatman GF/F; fueron tratadas con carbonato de magnesio y preservadas en congelador hasta su posterior análisis. En el presente trabajo solamente se presentarán y discutirán los resultados de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

2.1.3 Muestreo biológico.- Los muestreos de plancton se realizaron mediante arrastres horizontales con redes estándar de fitoplancton (malla 75 μ m) y zooplancton (malla 300 μ m), a una velocidad de 3 nudos durante 5 minutos. A partir de 1997 se empleó en la red de zooplancton un medidor de flujo General Oceanic 2030 R para registrar el volumen de agua filtrada. El muestreo de macrozoobentos se realizó en dos puntos para cada área, ejecutándose 5 réplicas para cada sección (Estaciones 2 y 3 frente a Paita, 2 y 4 frente a San José), empleando una draga tipo van Veen de 0,05 m² de cobertura. En ambos casos la estación más somera se ubicó a 35 m de profundidad y la más alejada de la costa a 65 m de profundidad. Las muestras se tamizaron a bordo con chorros de agua de mar

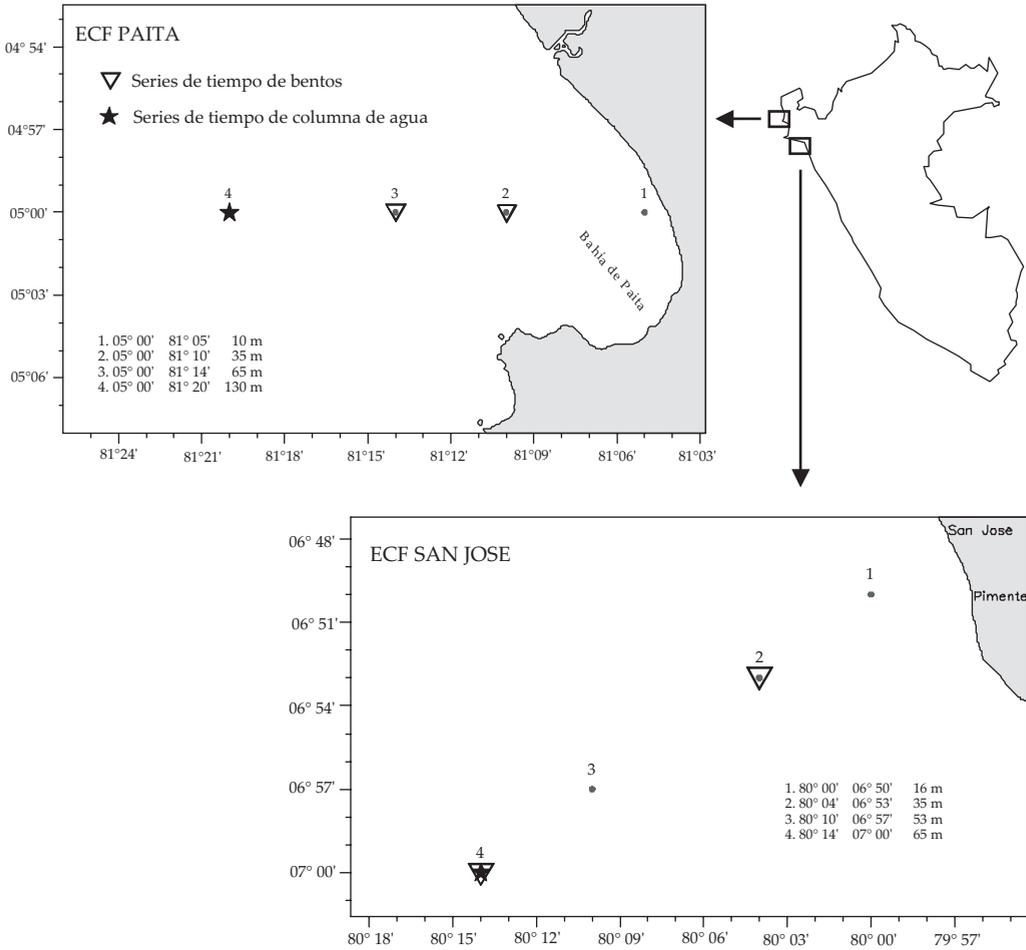


Figura 1. Localización de estaciones de muestreo frente a Paita y a San José. Las series de tiempo oceanográficas y de plancton presentadas corresponden a las estaciones más alejadas a la costa (16,5 mn frente a Paita y 20 mn frente a San José).

sobre una malla de 500 μm . A partir del año 2000 se efectuaron 3 réplicas por estación. Las muestras de plancton y de bentos fueron fijadas a bordo con formaldehído neutralizado a concentraciones finales de 2% y 10%, respectivamente.

2.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO

2.2.1 Salinidad.- Inicialmente la salinidad fue determinada usando un salinómetro Kahlsico RS-10; a partir del 2000 se obtuvo

por el método de inducción empleando un Portasal Guildine.

2.2.2 Plancton. Los volúmenes de plancton (red de fitoplancton, $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$) fueron obtenidos por centrifugación a 2.400 rpm durante 5 minutos, cuyos cálculos finales han sido detallados en GUTIÉRREZ et al. (1995), así como también los análisis semicuantitativos de la composición. En las muestras de zooplankton, primero se procedió a la separación de los huevos y larvas de peces, para su análisis

Tabla 1. Relación de operaciones de mar frente a Paita y a San José entre 1994 y 2002.

Período	Año	Paita				San José			
		Fecha	Muestras colectadas			Fecha	Muestras colectadas		
			Fitop	Zoop	Bentos		Fitop	Zoop	Bentos
pre-EN	1994	29-ago-94	+	+	+	29-ago-94	+	+	+
		8-oct-94	+	+	+	8-oct-94	+	+	+
		8-nov-94	+		+	8-nov-94	+	+	+
	1995	21-dic-94	+	+	+	21-dic-94	+	+	+
		7-ene-95	+	+	+	7-ene-95	+	+	+
		23-feb-95	+	+	+	23-feb-95	+	+	+
		23-mar-95	+	+	+	21-mar-95	+	+	+
		9-may-95	+	+	+	9-may-95	+	+	+
		5-jul-95	+	+	+	5-jul-95	+	+	+
		16-ago-95	+	+	+	31-ago-95	+	+	+
	1996	29-nov-95	+	+	+	30-nov-95	+	+	+
		1-feb-96	+	+	+	1-feb-96	+	+	+
		8-abr-96	+	+	+	7-abr-96	+	+	+
		12-ago-96	+	+	+	12-ago-96	+	+	
	1997	12-sep-96	+	+	+	26-sep-96	+	+	
27-feb-97		+	+	+	27-feb-97	+	+	+	
EN 1997-98					22-abr-97	+	+	+	
	1997	19-ago-97	+	+	+	19-ago-97	+	+	+
		7-oct-97	+	+	+	7-oct-97	+	+	+
		18-nov-97	+	+	+	16-nov-97	+	+	+
	1998	13-dic-97	+	+	+	14-dic-97	+	+	+
		9-ene-98	+	+	+	9-ene-98	+	+	+
6-mar-98		+	+	+	6-mar-98	+	+	+	
				2-jun-98	+	+	+		
LN 1998-99	1998	6-jul-98	+	+		6-jul-98	+	+	+
		10-sep-98	+	+	+	10-sep-98	+	+	+
		23-nov-98	+	+	+	21-nov-98	+	+	+
	1999	15-ene-99	+	+	+	15-ene-99	+	+	+
						9-abr-99	+	+	+
		10-jun-99		+	+				
		22-ago-99	+	+	+	13-ago-99	+	+	+
				sep-99					
				dic-99					
post-LN	2000	11-feb-00	+	+	+	11-feb-00	+	+	+
		14-abr-00	+	+	+	14-abr-00	+	+	+
		15-jun-00	+	+	+	15-jun-00	+	+	+
		11-ago-00	+	+	+	10-ago-00	+	+	+
		18-oct-00	+	+	+	19-oct-00	+	+	+
	2001	11-dic-00		+	+	11-dic-00	+	+	+
		23-abr-01	+	+	+	20-abr-01	+	+	+
		14-jun-01	+	+	+	14-jun-01	+	+	+
		14-ago-01	+	+	+	16-ago-01	+	+	+
		16-oct-01	+	+	+	15-oct-01	+	+	+
	2002	29-dic-01	+	+	+	29-dic-01	+	+	+
		15-feb-02	+	+	+	13-feb-02	+	+	+
		15-abr-02	+	+	+	15-abr-02	+	+	+
		19-jun-02	+	+	+	17-jun-02	+	+	+
		16-ago-02	+	+	+	16-ago-02	+	+	+
		27-oct-02	+	+	+	27-oct-02	+	+	+
						27-dic-02	+	+	+
TOTAL MUESTREOS			43	44	46	47	47	45	

cualitativo y cuantitativo, registrando la composición por especies de los diferentes grupos del zooplancton e ictioplancton, además de considerar la presencia de indicadores biológicos. Los volúmenes del zooplancton se determinaron utilizando el método por desplazamiento descrito por ROBERTSON (1970). Las abundancias son expresadas en número de individuos.100m⁻³ y los volúmenes en mL.100m⁻³.

2.2.3 Macrobentos.- La macrofauna béntica fue separada del sedimento de la muestra contabilizándose en número y biomasa húmeda (balanza digital de 0,0001 g de precisión) por área de dragado (0,05 m²).

2.2.3 Taxonomía e identificación.- Para la determinación taxonómica de la flora y fauna planctónica y de los organismos bentónicos se consultaron las siguientes claves y trabajos específicos: a) para el microfitoplancton: HASLE y SYVERTSEN (1996), LICEA et al. (1995 y 1996), STEIDINGER y TANGEN (1996), BALECH (1988), SUNDSTRÖM (1986), SCHILLER (1971a,1971b), SOURNIA (1967), HENDEY (1964) CUPP (1943) y HUSTEDT (1930); b) para el mesozooplancton: BOUILLON (1999), BRADFORD-GRIEVE et al. (1999), ONBÉ (1999), POHLE et al. (1999), PUGH (1999), BOSCHI (1981), BOWMAN & GRUNER (1973) y GURNEY (1942) y para el caso del ictioplancton principalmente WATSON & SANDKNOP (1996a, 1996 b), SANDOVAL DE CASTILLO (1979) y EINARSSON & ROJAS DE MENDIOLA (1963); c) para el macrobentos: FAUCHALD (1977) y HOBSON & BANSE (1981); d) para poliquetos: KEEN (1971); e) para moluscos, ALAMO & VALDIVIESO (1997); f) para crustáceos, CHIRICHIGNO (1970).

2.3. DISEÑO Y PROCESAMIENTO DE DATOS

2.3.1 Subdivisión temporal de la base de datos.- La serie temporal se dividió en cuatro períodos:

- Antes de EN 1997-98 (PRE-EN: Agosto 1994 - Febrero 1997).

- Durante EN 1997-98 (EN: Abril 1997 – Junio 1998).
- Durante La Niña 1998-99 (LN: Julio 1998 – Diciembre 1999).
- Post-La Niña (POST - LN: Enero 2000 – Diciembre 2002).

2.3.2 Definición de las masas de agua.- Las masas de agua provienen de las cuatro regiones climáticas del océano Pacífico: la región ecuatorial, subtropical, subantártica y antártica, entre las que se puede mencionar:

A nivel superficial: las Aguas Costeras Frías (ACF), Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y Aguas Tropicales Superficiales (ATS); y

Masas de aguas subsuperficiales: Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), Aguas Ecuatoriales Profundas (AEP), Aguas Templadas de la Subantártica (ATSA) y Aguas Antárticas Intermedias (AAI), cada una con características específicas (Zuta & Guillén, 1970) (Tabla 2).

2.3.3 Jerarquización del microfitoplancton por orden de frecuencia (F).- Se siguieron las pautas de LÓPEZ & SERNA (1999), que establecen tres categorías:

- Especies constantes (>50%),
- Especies comunes (25 – 50%) y
- Especies raras (<25%).

2.3.4 Indicadores planctónicos de masas de agua.- Existen estudios en el mar peruano que se refieren exclusivamente a dinoflagelados y su valor como indicadores biológicos (OCHOA Y GÓMEZ 1997; OCHOA et al. 1985; ROJAS DE MENDIOLA et al. 1981, 1985), que han permitido visualizar mejor, por su presencia o ausencia, el tipo de masa de agua al cual pertenecen. Así se tiene a *Ceratium breve* asociado a AES, *Protoperidinium obtusum* propio de ACF y *Ceratium praelongum* registrado en ASS, excelentes indicadores que han permitido describir el inicio, la intensidad y la duración de EN 1982-83.

Tabla 2. Propiedades de las masas de agua frente a la costa peruana (BLANCO *et al.* 2001, ENFIELD 1974, SILVA & KONOW 1975, STRUB *et al.* 1998, ZUTA & GUILLÉN 1970, ZUTA 1988, C. GRADOS, *com. pers.*)

Masa de Agua	Profundidad, (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (psu)	Características
Aguas Tropicales Superficiales (ATS)	0 - 20	> 25	< 33,8	Mínimo absoluto de salinidad
Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES)	0 - 30/40	> 20	33,8 - 34,8	Mínimo relativo de salinidad
Aguas Subtropicales Superficiales (ASS)	0 - 100	18 - 27	35,1 - 35,7	Máximo relativo de salinidad y máximo relativo de oxígeno
Aguas Subantárticas (ASA)	0 - 100	13 - 15	34,6 - 34,8	Mínimo relativo de salinidad, máximo relativo de oxígeno
Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS)	50 - 300	13 - 15	34,9 - 35,1	Máximo relativo de salinidad, mínimo de oxígeno
Aguas Intermedias Antárticas (AIA)	150 - 700	7 - 13	34,6 - 34,9	Mínimo absoluto de temperatura, mínimo de salinidad
	600 - 1000	4 - 7	34,45 - 34,6	

Con relación al zooplancton se han descrito algunas especies de Sifonóforos (VÉLIZ 1981) e Ictioplancton (SANTANDER & SANDOVAL DE CASTILLO 1981) como indicadores biológicos, así mismo ABANTO (2001) y ARONÉS (1997) estudiaron a los copépodos y anfípodos durante EN 1982-83 registrándose algunas especies asociadas a este evento.

En este trabajo, además, se determinó el nicho termohalino de varios indicadores planctónicos de masas de agua. Para ello, se estimaron promedios y límites de confianza de temperatura y salinidad ($\alpha=0,01$), en base a la presencia de los indicadores.

2.3.5 Procesamiento de datos del macrobentos.- Dada la naturaleza de los datos biológicos del macrobentos, se usó estadística no paramétrica para examinar la existencia de diferencias significativas en tiempo y/o espacio. Se exploraron las diferencias entre los cuatro períodos temporales.

Previamente se analizó la normalidad en la distribución de los datos teniendo en cuenta las premisas de homogeneidad de varianzas, aleatoriedad e independencia entre las muestras, así como del empleo de ciertas transformaciones en las observaciones que permitan lograr homogeneidad de varianzas.

Luego se optó por utilizar la aplicación de análisis de varianza no paramé-

trica de KRUSKAL-WALLIS para un sólo criterio de clasificación (basado en datos de orden/ranqueo).

Para los contrastes entre períodos individuales y la generación de grupos homogéneos estadísticamente al nivel de confianza $\alpha = 0,05$ se aplicó la prueba de U de MAN-WHITNEY, válida para muestras de desigual tamaño.

3. RESULTADOS

3.1. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

3.1.1. Superficie

Temperatura.- Frente a Paita, la temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó entre 15,5 y 28,8 °C, con la mínima en noviembre de 1995 y setiembre de 1996 y la máxima en marzo de 1998 (Figura 2a).

Frente a San José, la TSM varió en un rango de 15,1 a 27,5 °C, presentando mínimos valores en agosto y setiembre de 1996 y en agosto-octubre del 2001; el máximo valor se observó en marzo de 1998, y otros picos (>23,0 °C) fueron registrados en enero de 1995 y en febrero de 2002 (Figura 2b). En ambas localidades las mayores temperaturas se registraron en verano y las menores en invierno, excepto durante el evento EN cuando, des-

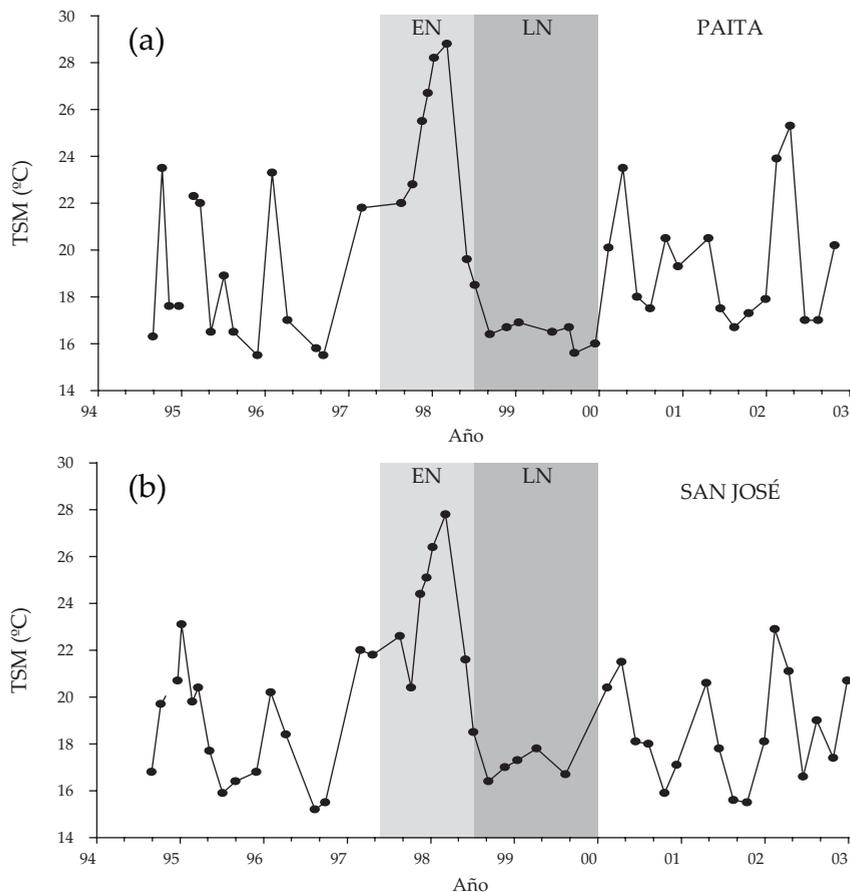


Figura 2. Variación temporal de la temperatura superficial del mar (°C) frente a Paita y a San José.

pués del verano de 1997, las TSM continuaron altas o aumentaron aún más hasta llegar al pico máximo en este evento (marzo 1998).

Salinidad.- La salinidad superficial del mar (SSM), frente a Paita varió entre 25,509 y 35,284 ups, con el menor valor en marzo 1998 y el mayor en agosto 1997. En el período de estudio se detectó la presencia de ACF, AES, ASS y ATS. Durante EN 1997 – 98, hubo presencia de AES al inicio del evento. Más adelante, en agosto de 1997, se detectaron aguas de mezcla, producto del desplazamiento hacia la costa de las ASS. En el verano de 1998 se detectó la incursión de ATS y luego la alta

descarga de agua dulce redujo la SSM a valores <30 ups en la zona costera (Figura 3a).

Frente a San José predominaron valores de salinidad propios de ACF, exceptuando durante EN 1997 – 98 y los veranos de 1995 y de 2002, períodos en los que se detectaron las ASS. Los valores de salinidad fluctuaron entre 34,534 (noviembre de 1994) y 35,423 ups (noviembre de 1997) (Figura 3b).

Oxígeno disuelto.- Frente a Paita la concentración de oxígeno disuelto varió entre 2,72 mL.L⁻¹ (diciembre de 1994) y 6,39 mL.L⁻¹ (febrero del 2000) (Figura 4a).

Frente a San José la concentración de

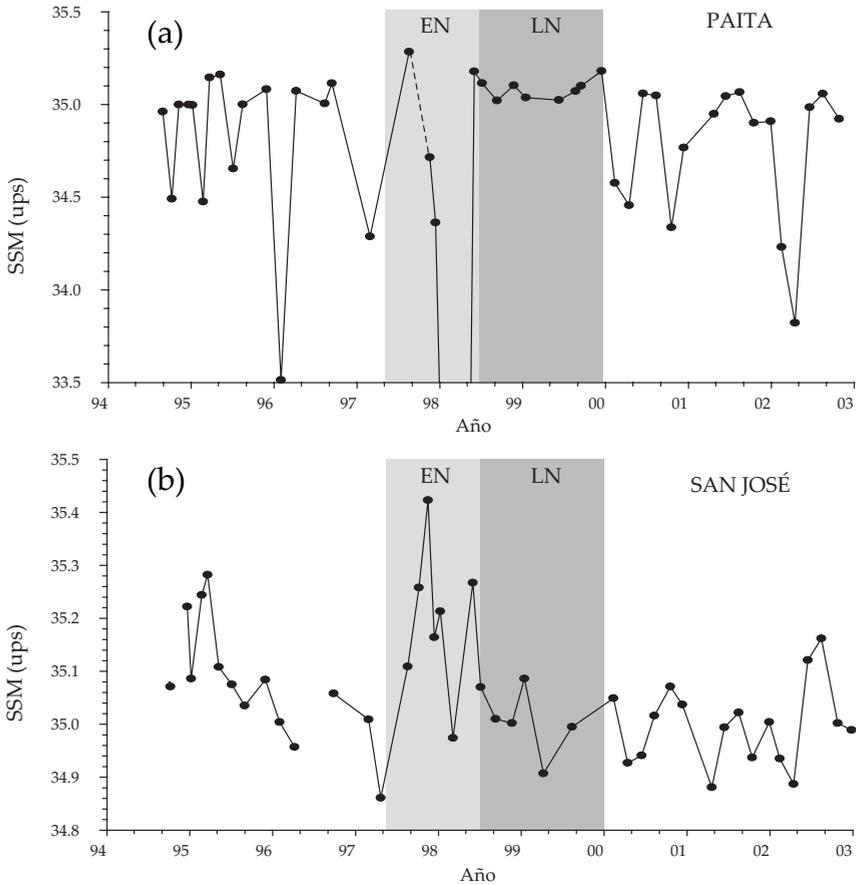


Figura 3. Variación temporal de la salinidad superficial del mar (ups) frente a Paita y a San José.

oxígeno disuelto osciló entre 2,47 y 8,01 mL. L⁻¹. En general, los valores más pobres tendieron a ser detectados entre invierno y primavera (período en el que el afloramiento es más intenso), mientras que los valores más elevados tendieron a registrarse entre verano y otoño, período en el cual la producción primaria se eleva (Figura 4b).

3.1.2. Estructura vertical

Frente a Paita.- La Figura 5 muestra la variación temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno en la columna de agua. Claramente se aprecia la influencia de EN 1997-98, con la

depresión de la isoterma de 15°C debajo de los 100 m, acompañados por la intrusión de AES de baja salinidad, así como por la profundización de aguas oxigenadas hasta los 100 m. Eventos similares, pero de menor intensidad y duración ocurrieron también en la primavera/verano de 1994-95, en el verano/otoño del 2000 y finalmente, en el verano/otoño y primavera del 2002.

La Figura 6 muestra la variación estacional promedio (coeficiente de variación c.v.= 30-70%) de los mismos parámetros, sin considerar las observaciones efectuadas durante EN 1997-98. Se observa la elevación de las isotermas e isohalinas hasta la superfi-

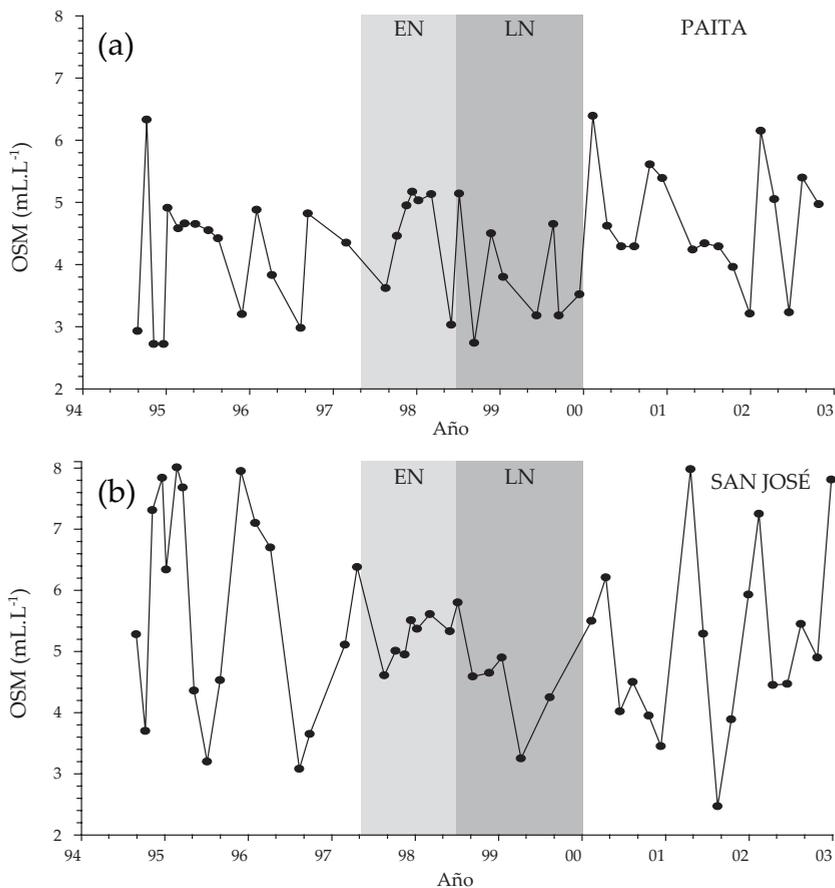


Figura 4. Variación temporal de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L^{-1}) en la superficie frente a Paita y San José.

cie, desde una profundidad de 30 y 50 m, correspondiendo a la variación estacional de la intensidad del afloramiento costero, con un máximo entre invierno y primavera. El patrón estacional difiere en el caso del oxígeno disuelto, para el cual la elevación de las isolíneas se restringe a los primeros 10 m, en tanto que en la capa subsuperficial se advierte un desfase de casi 180° , ya que las aguas menos oxigenadas (hipóxicas) ascienden en la columna de agua en primavera-verano.

Frente a San José.- Como en el caso de Paita, frente a San José la influencia de EN 1997-98 se manifestó significativamente en los cam-

bios verticales de la temperatura, salinidad y oxígeno (Figura 7). La isoterma de 15°C se profundizó al menos por debajo de los 65 m. En este caso se observó la intrusión de aguas subtropicales de alta salinidad ($>35,20$ ups), llegando a ocupar los 50 m superiores de la columna de agua. La oxigenación también alcanzó gran parte de la columna de agua, llegando hasta por lo menos los 65 m (>3 mL.L^{-1}). Eventos similares, pero de menor intensidad y duración ocurrieron también en la primavera-verano de 1994-95, y finalmente, en el verano/otoño y primavera del 2002, probablemente asociadas a la propagación de ondas atrapadas a la costa.

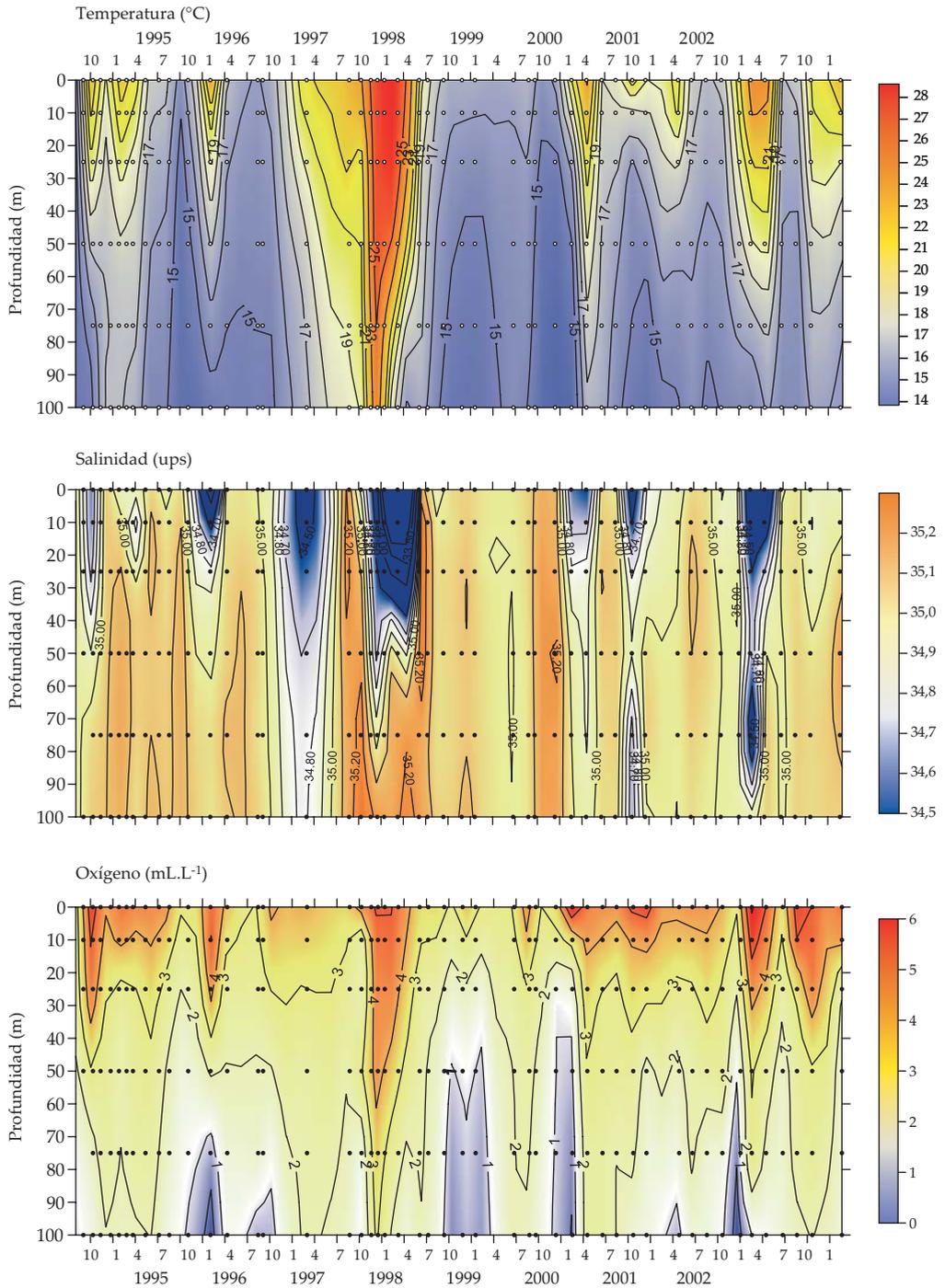


Figura 5. Variación temporal de la estructura vertical de la temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) frente a Paita.

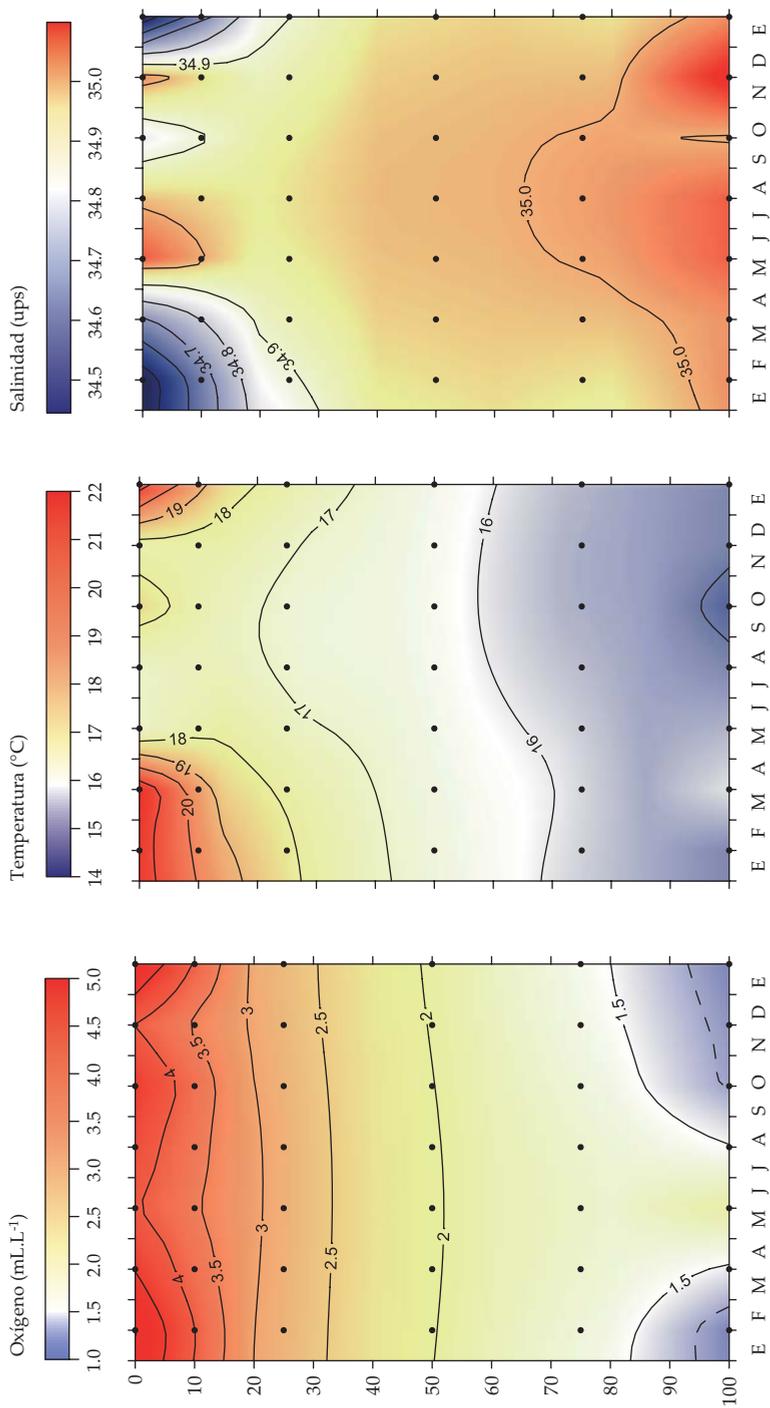


Figura 6. Variación estacional de la estructura vertical de la temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) frente a Paita (ver texto).

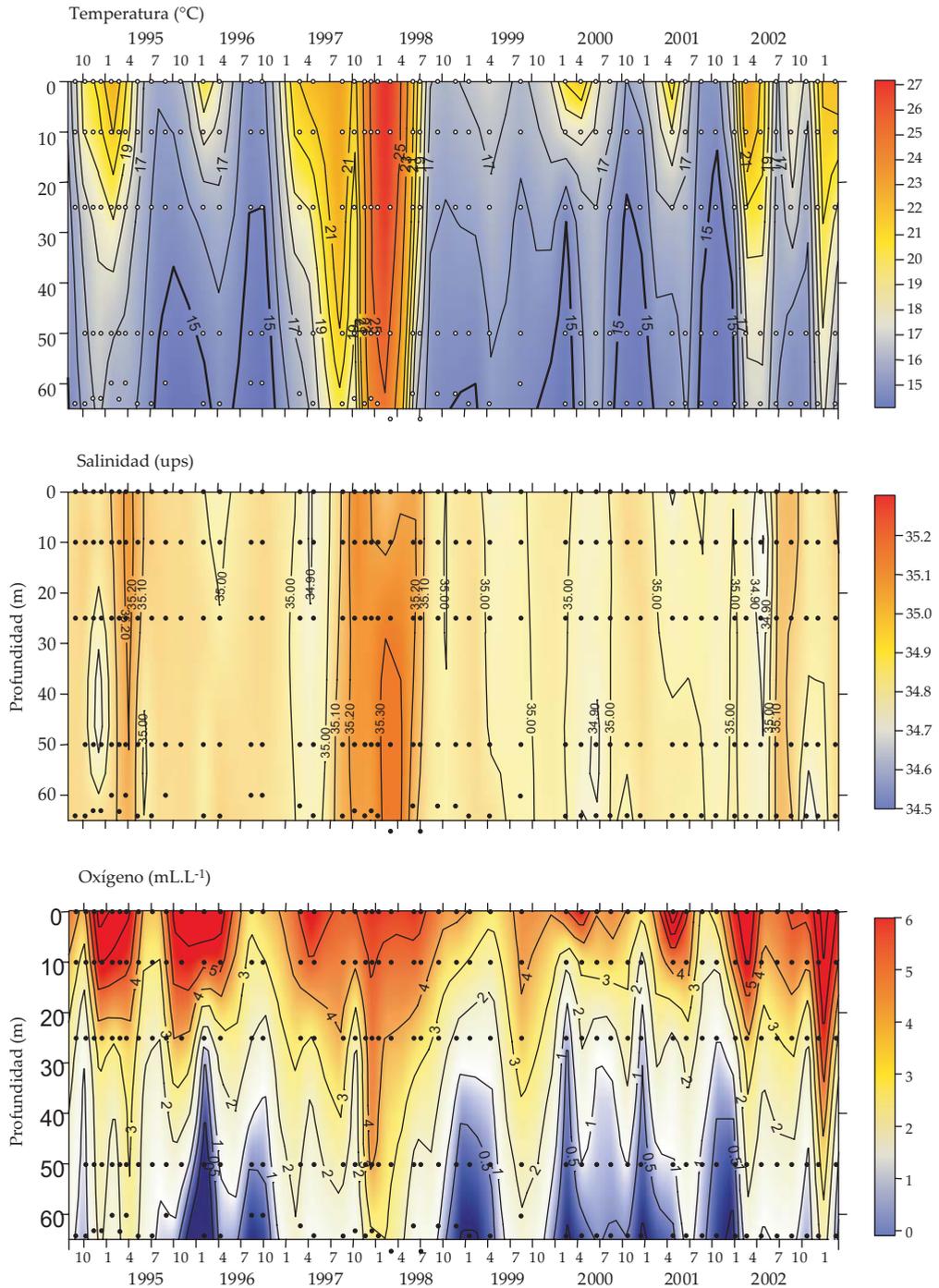


Figura 7. Variabilidad temporal de la estructura vertical de la temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) frente a San José.

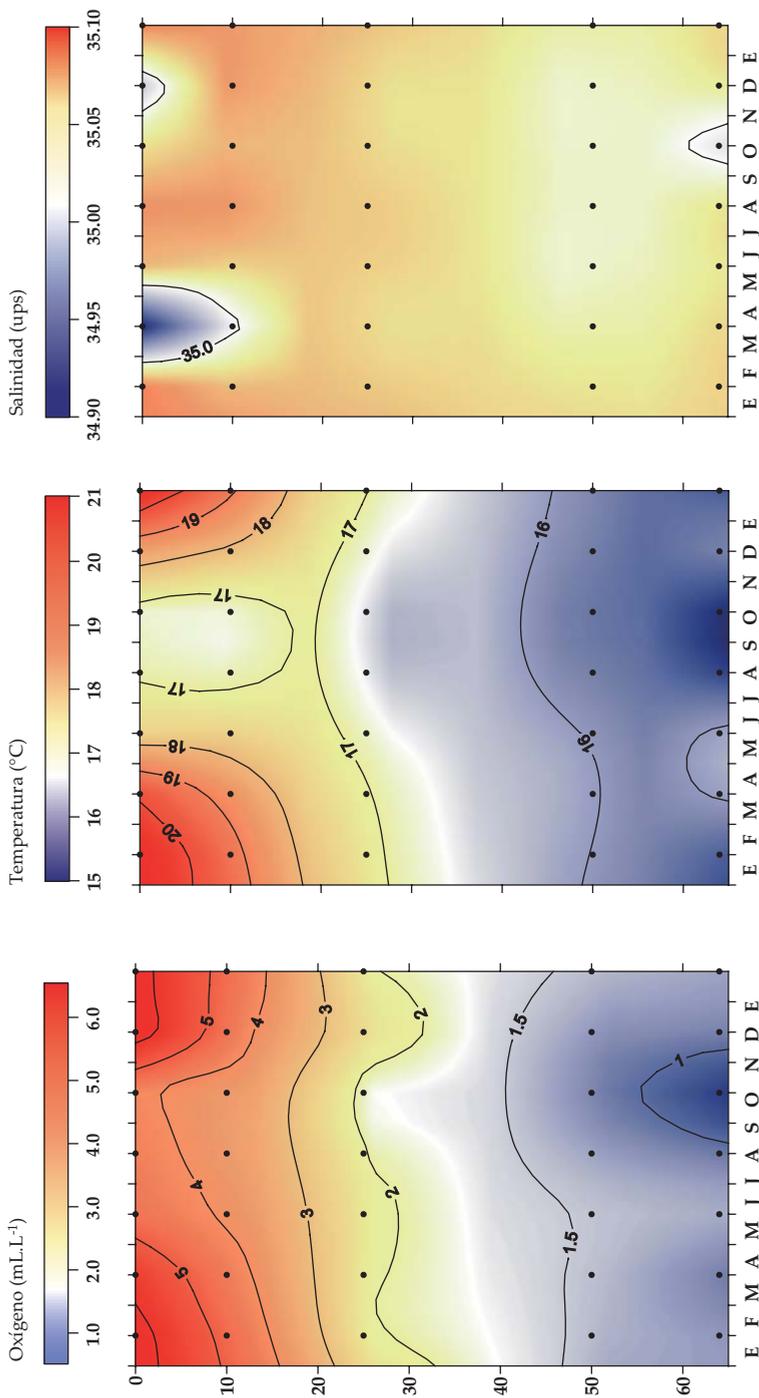


Figura 8. Variación estacional de la estructura vertical de la temperatura (°C), salinidad (tps) y oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) frente a San José (ver texto)

La Figura 8 muestra la variación estacional promedio (c.v.= 30-70 %) de los mismos parámetros sin considerar las observaciones efectuadas durante EN 1997-98. Se observa la elevación de las isotermas e isohalinas hasta la superficie desde una profundidad de 30 y 50 m, correspondiendo a la variación estacional de la intensidad del afloramiento costero, con un máximo entre invierno y primavera.

En el caso del oxígeno disuelto, en los primeros 10 a 20 m, se advierte claramente el repliegue de las isolíneas hacia la superficie; en cambio en la capa subsuperficial las aguas menos oxigenadas (hipóxicas) ascienden durante la primavera. Cabe indicar que los eventos probablemente asociados a las ondas atrapadas a la costa (que tienden a propagarse en los meses de primavera-verano, deprimiendo la termoclina y el borde superior de la mínima de oxígeno) inciden significativamente en la estimación de un patrón estacional. No obstante, en ausencia de ondas, la estacionalidad de la distribución de oxígeno es similar a la de Paita.

3.1.3. Fondo

Temperatura.- Frente a Paita, en la estación a 35 m, se registraron temperaturas entre 14,2 °C (diciembre 1999) y 26,7 °C (enero 1998); y en la estación a 65 m, en los mismos meses, las temperaturas fluctuaron entre 14,0 y 25,6 °C (Figura 9).

Frente a San José, en la estación a 35 m, las temperaturas de fondo variaron de 14,4 °C (setiembre 1996) a 26,3 °C (marzo 1998); y en la estación a 65 m, oscilaron entre 14,0 °C (setiembre 1996) y 25,2 °C (enero 1998) (Figura 10).

Oxígeno disuelto.- En Paita, en la estación a 35 m, la concentración de oxígeno disuelto sobre el fondo varió entre 0,3 mL L⁻¹ (agosto 1996) y 4,64 mL L⁻¹ (octubre 2000); a 65 m, los valores fluctuaron entre 0,27 mL L⁻¹ (diciembre 2001) y 3,96 mL.L⁻¹ (noviembre 1997) (Figura 11).

Frente a San José, en la estación a 35 m los valores de oxígeno disuelto fluctuaron entre 0,0 mL L⁻¹ (enero de 1999) y 5,21 mL L⁻¹ (noviembre de 1997); a 65 m el valor mínimo fue de 0,0 mL L⁻¹ en diciembre del 2000 y el máximo de 3,21 mL L⁻¹ en enero de 1998 (Figura 12).

Análisis estadístico.- La Tabla 3 muestra los resultados del ANOVA no paramétrico de KRUSKAL-WALLIS y los grupos estadísticamente homogéneos al comparar la evolución de los factores abióticos, entre otros.

Frente a Paita, en ambas estaciones costeras, el impacto térmico de EN y de LN sobre el fondo fue muy significativo; el oxígeno disuelto sobre el fondo solamente varió en forma significativa entre períodos en la estación a 65 m, con los máximos valores registrados durante EN y los mínimos valores registrados durante LN.

Frente a San José, el período de EN mostró valores de temperatura y oxígeno disuelto sobre el fondo significativamente mayores al resto de períodos, los que no variaron significativamente entre sí (Tabla 4).

3.2. MICROFITOPLANCTON

3.2.1. Volumen de plancton

Frente a Paita.- Los volúmenes de plancton fluctuaron entre 0,01 en diciembre del 2001 y 18,18 mL.m⁻³ para mayo de 1995 (Figura 13). Durante el período pre-EN se alcanzaron los picos de abundancia con volúmenes máximos en mayo 1995 (18,18 mL.m⁻³) y en abril 1996 (6,23 mL.m⁻³). Durante EN 1997-98, los volúmenes de plancton disminuyeron, fluctuando entre 0,16 mL.m⁻³ (junio 1998) y 2,67 mL.m⁻³ (marzo 1998). Igualmente, durante LN 1998-99 los volúmenes mostraron valores inferiores a 2,5 mL.m⁻³. Finalmente en el período post-LN, los volúmenes tendieron a mostrar valores inferiores a 1,0 mL.m⁻³ entre verano y otoño, superando este límite entre invierno y primavera.

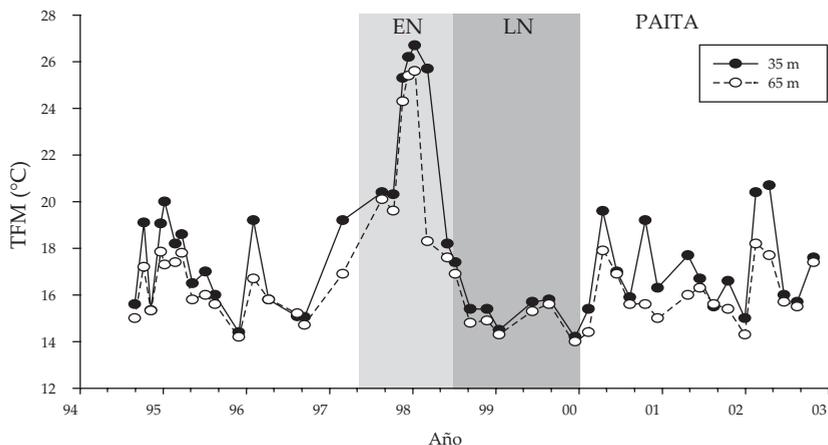


Figura 9. Variación de la temperatura (°C) sobre el fondo frente a Paita a 35 y a 65 m de profundidad.

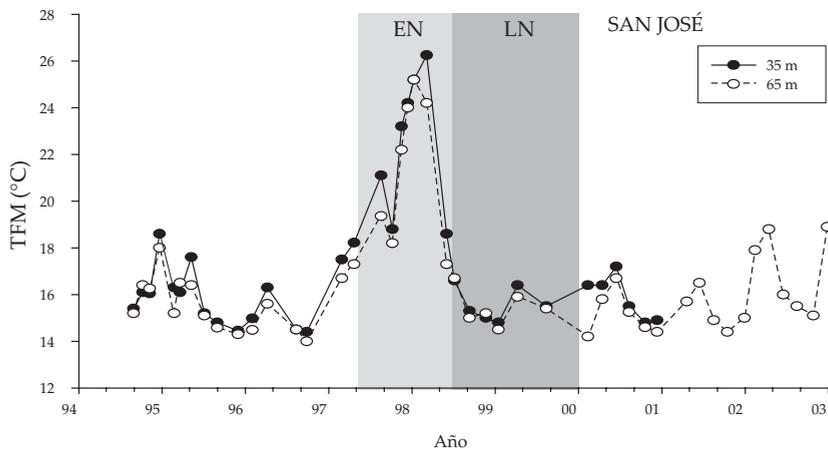


Figura 10. Variación de la temperatura (°C) sobre el fondo frente a San José a 35 y a 65 m de profundidad.

Frente a San José.- Los volúmenes de plancton variaron entre $0,01 \text{ mL.m}^{-3}$ (agosto 2000) y $10,17 \text{ mL.m}^{-3}$ (abril 1999), observándose cambios importantes a lo largo del año. En el período pre-EN los valores fluctuaron entre $0,1$ y $3,15 \text{ mL.m}^{-3}$, tendiendo a reducirse en los últimos meses de cada año. Durante EN 1997-98 los volúmenes de plancton aumentaron hasta $7,7 \text{ mL.m}^{-3}$ (octubre 1997), para luego reducirse a menos de $1,0 \text{ mL.m}^{-3}$, en la etapa madura del evento. En LN 1998-99 se apreció un incremento paulatino de estas biomásas de plancton hasta alcanzar el nivel máximo en abril

1999, para luego decaer rápidamente a $<1,0 \text{ mL.m}^{-3}$, rango en el que se mantuvo durante todo el período post-LN (Figura 14).

3.2.2. Composición y riqueza de especies

Frente a Paita.- En líneas generales, la comunidad fitoplanctónica frente a Paita estuvo representada por una mayor riqueza de especies de diatomeas, variando de 54 especies (agosto 2001) a 1 especie (abril 2000 y 2001). Los dinoflagelados variaron de 44 especies (octubre 1994) a 1 especie (setiembre 1998).

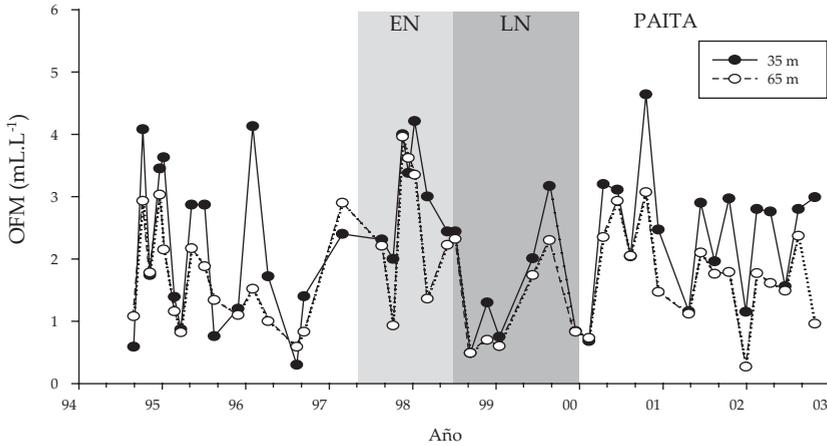


Figura 11. Variación del oxígeno disuelto (mL.L^{-1}) sobre el fondo frente a Paita a 35 y a 65 m de profundidad.

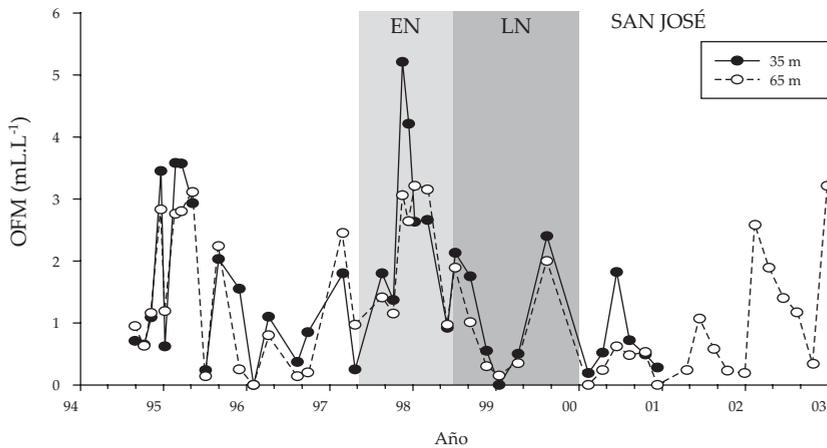


Figura 12. Variación del oxígeno disuelto (mL.L^{-1}) sobre el fondo frente a San José a 35 y a 65 m de profundidad.

En el Anexo 1 se muestra la variación de la riqueza de especies de diatomeas y dinoflagelados en los cuatro períodos del estudio frente a Paita. Cabe destacar que las especies 'raras', fueron principalmente dinoflagelados, los cuales presentaron una mayor incidencia durante el período post-LN (*Ceratium declinatum*, *Ceratium digitatum*, *Ceratium platycorne*, *Dinophysis hastata* y *Oxytoxum gigas*, entre otras).

Durante el período pre-EN 1997-98 se presentaron 81 especies de diatomeas y 80 de dinoflagelados. El primer grupo estu-

vo caracterizado por diatomeas neríticas, con frecuencia de 63% (*Coscinodiscus perforatus*, *Detonula pumila*, *Rhizosolenia robusta*, *Guinardia flaccida* y *Lithodesmium undulatum*). En el segundo grupo destacaron especies cosmopolitas de dinoflagelados (*Diplopelta asymmetrica*, frecuencia máxima 94% y *Protoperidinium depressum*, frecuencia máxima 88 %).

Durante EN 1997-98, se registraron 70 especies de diatomeas. Destacaron: *Rhizosolenia styliformis*, (frecuencia 100%); seguida de *Chaetoceros didymus*, *Coscinodiscus*

Tabla 3. Análisis de varianza de Kruskal-Wallis y grupos homogéneos ($\alpha < 0,05$) según la prueba de U-Mann Whitney, considerando como factores a los períodos pre-EN (1), EN (2), LN (3) y post-LN (4) y como variables la respuesta a los factores abióticos sobre el fondo (Temperatura, Oxígeno disuelto) y a los parámetros comunitarios del macrobentos frente a Paita (N = densidad, B = biomasa, S = riqueza promedio, J' = Índice de equidad, H' = Índice de Shannon, POL = abundancia de poliquetos, CRU = abundancia de crustáceos, MOL = abundancia de Moluscos, OTR = Abundancia de otros grupos, % = porcentajes de abundancia de grupos taxonómicos).

Paita 35 m				Paita 65 m					
	g.l.	p	grupos homog.		gl	p	grupos homog.		
temp.	17,842	3	0,00050	<u>3</u> <u>1</u> <u>4</u> <u>2</u>	temp.	20,917	3	0,00011	<u>3</u> <u>4</u> <u>1</u> <u>2</u>
oxíg.	6,279	3	0,09880	-----	oxíg.	8,054	3	0,04492	<u>3</u> <u>1</u> <u>4</u> <u>2</u>
N	33,715	3	0,00000	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>	N	36,477	3	0,00000	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>
B	10,402	3	0,01544	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>1</u>	B	1,298	3	0,72971	-----
S	28,462	3	0,00000	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>	S	29,642	3	0,00000	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>
J'	7,030	3	0,07055	-----	J'	18,169	3	0,00041	<u>1</u> <u>4</u> <u>2</u> <u>3</u>
H'	11,243	3	0,01048	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>	H'	5,138	3	0,16197	-----
POL	29,542	3	0,00000	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>	POL	30,557	3	0,00000	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>
CRU	36,902	3	0,00000	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>	CRU	34,332	3	0,00000	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>
MOL	18,994	3	0,00027	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>	MOL	25,486	3	0,00001	<u>3</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>1</u>
OTR	22,038	3	0,00006	<u>2</u> <u>3</u> <u>1</u> <u>4</u>	OTR	11,386	3	0,00981	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>1</u>
%POL	19,319	3	0,00023	<u>1</u> <u>4</u> <u>3</u> <u>2</u>	%POL	21,119	3	0,00010	<u>3</u> <u>1</u> <u>4</u> <u>2</u>
%CRU	33,215	3	0,00000	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>1</u>	%CRU	24,1123	3	0,00002	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>1</u>
%MOL	5,383	3	0,14580	-----	%MOL	11,0755	3	0,01132	<u>4</u> <u>2</u> <u>1</u> <u>3</u>
%OTR	22,341	3	0,00006	<u>1</u> <u>2</u> <u>3</u> <u>4</u>	%OTR	17,2437	3	0,00063	<u>1</u> <u>2</u> <u>4</u> <u>3</u>

granii, *Coscinodiscus wailesii*, *Ditylum brightwellii*, *Guinardia striata* y *Stephanopyxis turris* con una frecuencia del 71%. Dentro de los dinoflagelados se determinaron 64 especies; los más notables fueron: *Protoperidinium depressum* (100%) y las especies termófilas *Ceratium trichoceros* (71%), *Amphisolenia bidentata*, *Ceratium massiliense* y *Goniodoma polyedricum*, todas con 57% de frecuencia.

En el período LN 1998-99, en un total de 48 especies de diatomeas, predominaron *Grammatophora marina* y *Thalassionema nitzschioides*, ambas con 60% de frecuencia. Entre

22 especies de dinoflagelados, la más frecuente fue *Protoperidinium depressum* (60 %).

En el período post-LN, entre 83 especies de diatomeas, sobresalieron *Coscinodiscus wailesii* (87% de frecuencia) y *Eucampia cornuta* (67%). Los dinoflagelados sumaron 65 especies, destacando *Ceratium falciforme* y *Protoperidinium granii*, con frecuencia del 73 %.

Frente a San José.- La mayor riqueza de especies se registró en agosto 1997 (46 especies de diatomeas y 33 de dinoflagelados).

En noviembre 1998 se registró solamente una especie de diatomea y ningún dinoflagelado (Anexo 2). A diferencia de Paita, se ha podido observar que en San José, en los cuatro períodos del estudio, la mayoría de especies raras han sido diatomeas.

En el período pre-EN se registraron 65 diatomeas y 34 dinoflagelados. Las especies constantes (>50 % frecuencia), fueron en su mayoría, neríticas y cosmopolitas, destacando *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus perforatus*, *Lithodesmium undulatum* *Pleurosigma* sp., *Eucampia zoodiacus* y *Pseudo-nitzschia pungens*. Entre los dinoflagelados se hallaron: *Ceratium furca*, *C. buceros*, *Protoperidinium depressum*, *P. conicum* y *P. obtusum*, indicador de ACF.

Durante EN 1997-98 hubo incremento en la riqueza de especies. Se determinaron 86 diatomeas, fueron notables *Rhizosolenia robusta*, *Thalassiosira subtilis*, ambas con 88 % de frecuencia y *C. perforatus* con 75 %. Entre 65 dinoflagelados identificados, tuvieron mayor frecuencia: *P. depressum* (100%), asociado a *Dinophysis caudata* (88 %), *Ceratium tripos*, *C. trichoceros* y *Goniodoma polyedricum* (75 %); las dos últimas especies con una frecuencia <25 % en los otros períodos.

Durante LN 1998-99, la riqueza específica de diatomeas alcanzó un máximo de 56 especies (*Thalassionema nitzschioides* y *Chaetoceros affinis* llegaron a 83% de frecuencia). Se registraron 27 especies de dinoflagelados; *P. depressum* alcanzó su menor frecuencia en este período (83%); al mismo tiempo que *C. furca* y *P. oceanicum* llegaron hasta 83%.

Durante el período post-LN la riqueza específica llegó hasta 71 diatomeas y 58 dinoflagelados. Sobresalieron las diatomeas *C. perforatus* (94%) y *Pseudo-nitzschia pungens* (71%); entre los dinoflagelados *P. depressum* (94%), *C. furca* (88%) y *C. dens* (71%).

Tabla 4. Análisis de varianza de Kruskal-Wallis y grupos homogéneos ($\alpha < 0,05$) según la prueba de U-Mann Whitney, considerando como factores a los períodos pre-EN (1), EN (2), LN (3) y post-LN (4) y como variables respuesta a los factores abióticos sobre el fondo y a los parámetros comunitarios del macrobentos frente a San José (65 m). Otras abreviaciones similares a la Tabla 3.

		<i>g.l.</i>	<i>p</i>	grupos homog.
temp.	16,783	3	0,00078	<u>3</u> <u>4</u> <u>1</u> <u>2</u>
oxig.	9,567	3	0,02263	<u>4</u> <u>3</u> <u>1</u> <u>2</u>
N	18,409	3	0,00036	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>1</u>
B	5,146	3	0,16138	-----
S	19,117	3	0,00026	<u>4</u> <u>2</u> <u>3</u> <u>1</u>
J'	17,549	3	0,00054	<u>1</u> <u>4</u> <u>3</u> <u>2</u>
H'	16,691	3	0,00082	<u>4</u> <u>1</u> <u>3</u> <u>2</u>
POL	18,595	3	0,00033	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>1</u>
CRU	10,727	3	0,01330	<u>2</u> <u>3</u> <u>1</u> <u>4</u>
MOL	8,351	3	0,03929	<u>4</u> <u>2</u> <u>3</u> <u>1</u>
OTR	24,384	3	0,00002	<u>4</u> <u>2</u> <u>3</u> <u>1</u>
%POL	1,131	3	0,76957	-----
%CRU	9,547	3	0,02284	<u>2</u> <u>3</u> <u>1</u> <u>4</u>
%MOL	6,660	3	0,08356	-----
%OTR	23,150	3	0,00004	<u>4</u> <u>3</u> <u>1</u> <u>2</u>

3.2.3. Indicadores biológicos de masas de agua

Frente a Paita se observó la presencia de *Ceratium breve* (AES) en los veranos 1995 y 1997, y en la primavera 1994 y 1997. *Ceratium praelongum* (ASS) apareció en las primaveras 1994, 1997 y 2002. *Protoperidinium obtusum* (ACF) fue detectado en las primaveras 1994, 1995 y 2000, en verano 2000; y en los inviernos 1996, 1999 y 2002 (Figura 15).

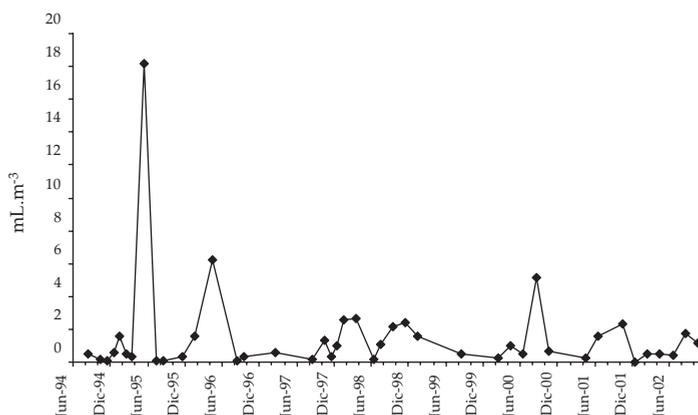


Figura 13. Variación temporal del volumen de plancton: red de fitoplancton (mL.m^{-3}) frente a Paita

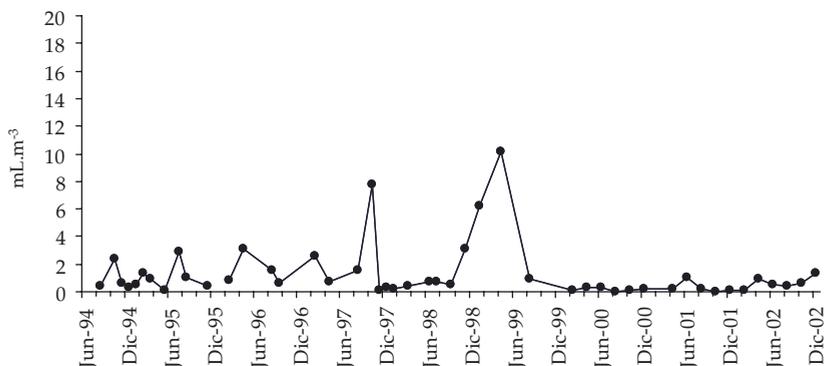


Figura 14. Variación temporal del volumen de plancton: red de fitoplancton (mL.m^{-3}) frente a San José.

Frente a San José, el único indicador biológico de fitoplancton reconocido fue *Protoperdinium obtusum* (ACF), mostrando fluctuaciones propias de los cambios estacionales, en otoño y primavera. Fue mayor en octubre de 1994, y posteriormente se registró sólo en los veranos 1998 y 2000 (Figura 16). Durante EN 1997-98 se registró únicamente en abril 1997.

Los dinoflagelados termófilos *Goniodoma polyedricum* y *Ceratium trichoceros* fueron registrados durante la mayor parte de EN 1997-98 (Anexo 2). Cabe indicar que en los períodos antes y después de EN 1997-98, *G. polyedricum* también fue observado en abril

1996, en febrero 1997 y en agosto 2002, quizás como consecuencia de un ingreso de aguas cálidas hacia la costa (Figura 15); y *C. trichoceros* se registró sólo en agosto de 1999 (LN).

3.3. MESOZOOPLANCTON

3.3.1. Volumen y abundancia

Volúmenes.- Frente a Paita, los volúmenes del mesozooplancton fluctuaron entre $0,18 \text{ mL.100m}^{-3}$ (octubre 2001) y $456,63 \text{ mL.100m}^{-3}$ (febrero 2002) (Figura 17). El volumen promedio anual más bajo de la serie 1994-2002 se registró en 1998 ($4,18 \text{ mL.100m}^{-3}$) y el más alto

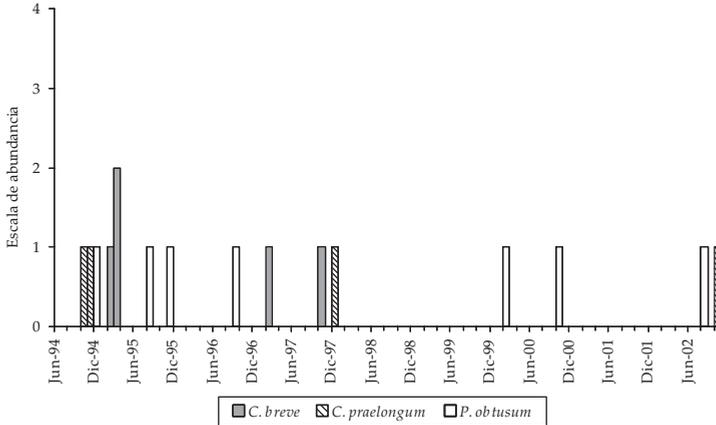


Figura 15. Variación temporal frente a Paita de los indicadores fitoplanctónicos de masas de agua Ceratium breve (AES), C. praelongum (ASS) y Protoperdinium obtusum (ACF).

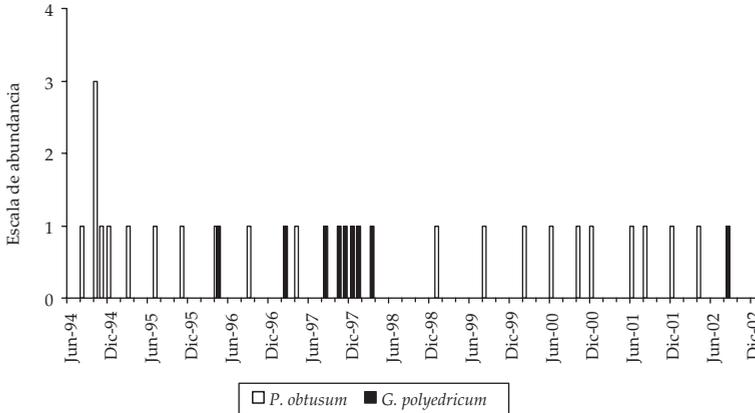


Figura 16. Variación temporal frente a San José de los indicadores fitoplanctónicos de masas de agua P. obtusum (ACF) y Goniodoma polyedricum (especie termófila).

en el 2002 (107,06 mL.100m⁻³).

Frente a San José los volúmenes variaron entre 0,07 mL.100m⁻³ (octubre 2001) y 147,40 mL.100m⁻³ (noviembre 1998) (Figura 18).

Los menores volúmenes de zooplancton en ambas áreas (octubre 2001), coincidieron con un notorio enfriamiento en las condiciones ambientales, observándose una intensificación de las ACF.

Abundancia.- Frente a Paita, varió entre 151 ind.100m⁻³ (agosto 1995) y 490.178 ind.100m⁻³ (abril 2002) (Figura 17). El 98% de la abundancia total del zooplancton correspondió a

los crustáceos, siendo los copépodos el grupo más abundante y frecuente, caracterizados por *Acartia tonsa* (833.625 ind.100m⁻³) y *Paracalanus parvus* (826.533 ind.100m⁻³).

Frente a San José, el máximo valor de abundancia se registró en junio del 2000 (576.864 ind.100m⁻³) y el mínimo en diciembre de 2001 (88 ind.100m⁻³) (Figura 18). Los crustáceos ocuparon el 97%, y entre ellos, los copépodos fueron los más abundantes y frecuentes, teniendo como especies dominantes a *Acartia tonsa* (1.269.831 ind.100m⁻³) y *Paracalanus parvus* (847.474 ind.100m⁻³).

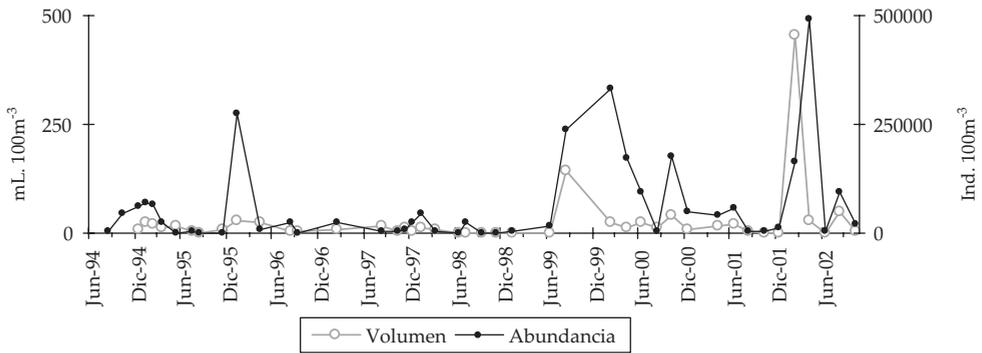


Figura 17. Variación temporal de los volúmenes (mL.100m⁻³) y abundancias (ind.100m⁻³) del zooplancton frente a Paita.

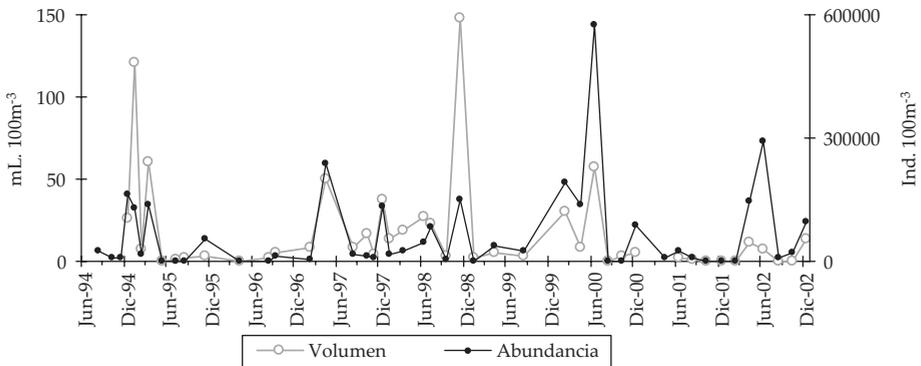


Figura 18. Variación temporal de los volúmenes (mL.100m⁻³) y abundancias (ind.100m⁻³) del zooplancton frente a San José.

3.3.2. Composición y riqueza de especies

Frente a Paita.- La riqueza de especies tuvo su máximo valor (62) en abril 2001; y el mínimo (2) en mayo 1995, solamente con los registros de *Acartia tonsa* y *Paracalanus parvus*. Anualmente, el número de especies tendió a incrementarse durante el verano, debido a una mayor influencia de masas de aguas cálidas que traen consigo especies propias de la provincia panameña (Figura 19).

En el período pre-EN, las especies más notables fueron: *A. tonsa* (93% de frecuencia, 14% dominancia), *P. parvus* (87% frecuencia, 58% dominancia) y *Calanus australis* (80% frecuencia).

Durante EN 1997-98, *P. parvus* se presentó en el 100% de los muestreos; *Subeucalanus mucronatus* y *Centropages furcatus* en el 86%; *A. tonsa*, *Sagitta enflata* y *S. peruviana* en el 71%. En este período fueron dominantes *P. parvus* (43%) y *A. tonsa* (17%); y se incrementó la abundancia de *Subeucalanus mucronatus* 10% y eufáusidos en estadio calyptopis, 5%.

Durante LN 1998-99 alcanzaron 83% de frecuencia: *A. tonsa*, *C. australis* y *P. parvus*; y con 67% destacaron *S. peruviana* y *Oikopleura* sp. Las especies dominantes fueron *P. parvus* (34%), eufáusidos en estadio calyptopis (30%) y *Calanus australis* (19%).

En el período post-LN, las especies

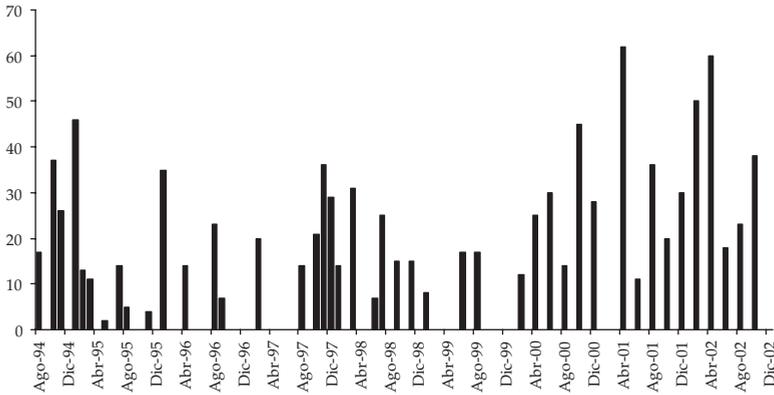


Figura 19. Variación temporal de la riqueza de especies del zooplancton frente a Paita

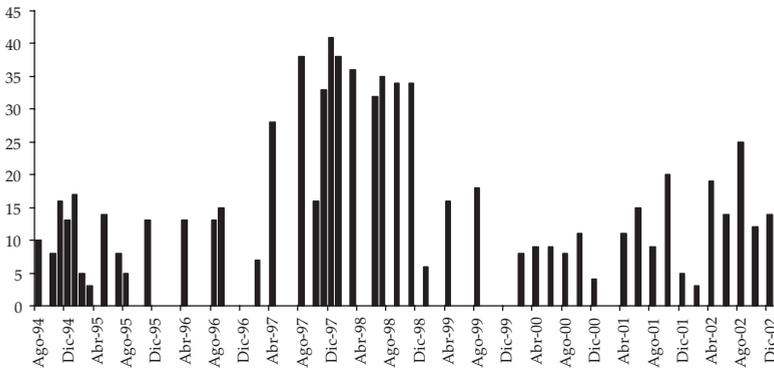


Figura 20. Variación temporal de la riqueza de especies del zooplancton frente a San José

más frecuentes fueron *P. parvus* (100%), *A. tonsa* y eufáusidos en estadio calyptopis con 88%; *Corycaeus dubius* y eufáusidos en estadio furcilia con 81%. Las especies dominantes fueron *A. tonsa* (44%) y *P. parvus* (27%) (Tabla 5).

Frente a San José.- El número de especies fluctuó entre 41 (diciembre 1997) y 3 (marzo 1995 y febrero 2002) (Figura 20).

En el período pre-EN, las especies más importantes fueron *P. parvus* (100% frecuencia, 20% dominancia), *Centropages brachiatus* (73% frecuencia, 22% abundancia) y *A. tonsa* (67% frecuencia, 21% dominancia).

Durante EN 1997-98, se registró una frecuencia de 100% para *Oncaea venusta* y

Euchaeta rimana; 88% para *P. parvus*, *A. tonsa*, *Centropages furcatus* y *S. peruviana*; 75% para *S. mucronatus*, *Temora discaudata*, *Corycaeus* sp. y *Oikopleura* sp. Respecto al período anterior, *P. parvus* incrementó su dominancia a 48%, a diferencia de *A. tonsa* que disminuyó al 6%. Aumentó la abundancia de *S. mucronatus* (13%) y *Calanus darwini* (5%), que en otros períodos representaron <1% de la abundancia total del zooplancton. Cabe indicar que durante EN 1997-98 se observó la presencia de especies que normalmente no se encuentran frente a San José, como *Calanus darwini*, *Calocalanus pavo*, *C. furcatus*, *E. rimana* y *T. discaudata*.

En el período LN 1998-99, *P. parvus* tuvo 100% de frecuencia; *C. australis*, *C.*

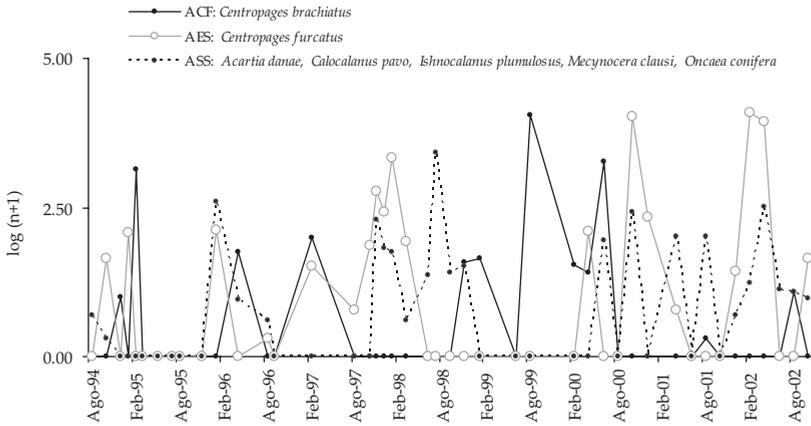


Figura 21. Variación temporal de las abundancias (ind.100m⁻³) de indicadores zooplanctónicos de masas de agua frente a Paita.

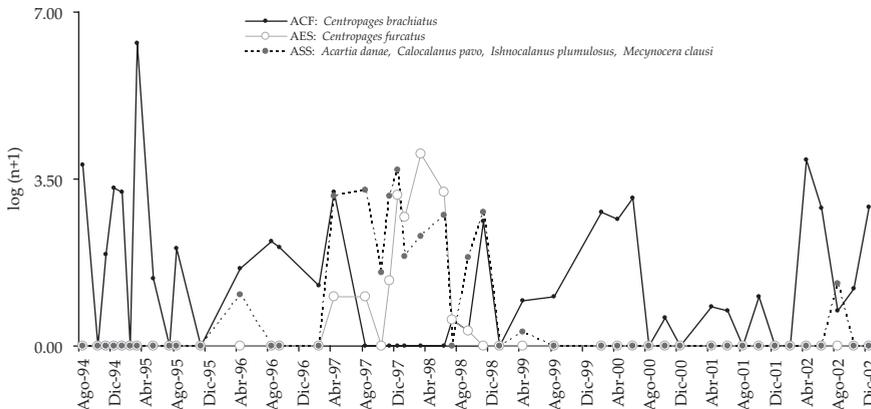


Figura 22. Variación temporal de las abundancias (ind.100m⁻³) de indicadores zooplanctónicos de masas de agua frente a San José.

dubius y larva cipris llegaron al 83%. Fueron dominantes *C. australis* (46%), *P. parvus* (30%) y *A. tonsa* (15%).

En el período post-LN, sobresalieron las especies *A. tonsa* (100 % frecuencia, 67% abundancia), *P. parvus* (94% frecuencia, 25% abundancia) y *C. brachiatus* (71% frecuencia) (Tabla 6).

3.3.3. Indicadores biológicos de masas de agua

Frente a Paita.- *Centropages furcatus* (AES) fue detectada principalmente durante el

verano. Durante el período pre-EN, en el 33 % de los muestreos; durante EN 1997-98, en 86 % de las muestreos; durante LN 1998-99 estuvo ausente; en el período post-LN, en el 50 % de los muestreos.

C. brachiatus (ACF) se presentó indistintamente a lo largo del año. En el período pre-EN, en el 27% de los muestreos; durante EN 1997-98 estuvo ausente; en el período LN 1998-99 en el 50% de los muestreos y alcanzó su máxima abundancia en el invierno de 1999 (11.365 ind.100m⁻³); en el periodo post-LN, en el 31% de los muestreos.

Tabla 5. Abundancia y frecuencia porcentual de las especies más importantes de zooplancton frente a Paita. (En negrita las especies más frecuentes y/o abundantes).

GRUPO	Género / Especie	Estadio	pre-EN		EN 1997-98		LN 1998-99		post-LN		TOTAL	
			% abun.	% frec.	% abun.	% frec.	% abun.	% frec.	% abun.	% frec.	% abun.	% frec.
COPEPODA	<i>Acartia tonsa</i>	adulto	14.0	93.3	16.7	71.4	4.0	83.3	43.6	87.5	33.4	86.4
	<i>Calanus australis</i>	adulto	6.6	80.0	0.8	42.9	18.7	83.3	0.4	75.0	3.5	72.7
	<i>Centropages brachiatus</i>	adulto	0.4	26.7	0.0	0.0	4.0	50.0	0.1	31.3	0.6	27.3
	<i>Centropages furcatus</i>	adulto	0.1	33.3	3.5	85.7	0.0	0.0	1.8	50.0	1.4	43.2
	<i>Corycaeus dubius</i>	adulto	1.5	53.3	3.4	42.9	0.0	50.0	0.8	81.3	0.9	61.4
	<i>Paracalanus parvus</i>	adulto	58.3	86.7	42.5	100.0	34.0	83.3	26.6	100.0	33.1	93.2
	<i>Subeucalanus mucronatus</i>	adulto	5.2	40.0	10.0	85.7	0.0	16.7	1.9	68.8	2.5	54.5
EUPHAUSIACEA	No determinado	calyptopis	1.2	40.0	4.8	42.9	29.8	33.3	5.2	87.5	7.3	56.8
	No determinado	fürcilias	0.6	40.0	0.9	42.9	0.0	33.3	3.4	81.3	2.5	54.5
APPENDICULARIA	<i>Oikopleura</i> sp.	maduro	1.8	40.0	2.2	42.9	0.1	66.7	0.4	68.8	0.6	54.5
CHAETOGNATHA	<i>Sagitta enflata</i>	maduro	0.0	33.3	1.5	71.4	0.0	33.3	0.0	37.5	0.1	40.9
	<i>Sagitta peruviana</i>	maduro	0.4	33.3	3.7	71.4	1.7	66.7	0.7	56.3	0.9	52.3

Tabla 6. Abundancia y frecuencia porcentual de las especies más importantes de zooplancton frente a San José. (En negrita las especies más frecuentes y/o abundantes).

GRUPO	Género / Especie	Estadio	pre-EN		EN 1997-98		LN 1998-99		post-LN		TOTAL	
			% abun.	% frec.	% abun.	% frec.	% abun.	% frec.	% abun.	% frec.	% abun.	% frec.
COPEPODA	<i>Acartia tonsa</i>	adulto	20.8	66.7	5.9	87.5	14.6	66.7	67.3	100.0	44.9	82.6
	<i>Calanus australis</i>	adulto	12.4	40.0	0.0	25.0	46.2	83.3	1.7	47.1	7.6	45.7
	<i>Calanus darwini</i>	adulto	0.0	0.0	4.5	62.5	0.1	16.7	0.0	5.9	0.8	15.2
	<i>Centropages brachiatus</i>	adulto	22.1	73.3	0.3	12.5	0.0	33.3	0.8	70.6	3.1	56.5
	<i>Centropages furcatus</i>	adulto	0.0	0.0	2.9	87.5	0.0	33.3	0.0	0.0	0.5	19.6
	<i>Corycaeus dubius</i>	adulto	2.8	40.0	2.3	50.0	0.1	83.3	0.1	52.9	0.8	52.2
	<i>Corycaeus</i> sp.	adulto	0.1	13.3	1.2	75.0	0.0	66.7	0.0	17.6	0.2	32.6
	<i>Euchaeta rimana</i>	adulto	0.0	0.0	1.0	100.0	0.0	33.3	0.0	5.9	0.2	23.9
	<i>Oncaea venusta</i>	adulto	1.9	6.7	1.9	100.0	0.7	66.7	0.0	17.6	0.7	34.8
	<i>Paracalanus parvus</i>	adulto	19.8	100.0	48.4	87.5	29.9	100.0	25.4	94.1	29.4	95.7
	<i>Subeucalanus mucronatus</i>	adulto	0.0	6.7	13.4	75.0	0.7	33.3	0.0	5.9	2.5	21.7
	<i>Temora discaudata</i>	adulto	0.0	0.0	0.6	75.0	0.0	16.7	0.0	0.0	0.1	15.2
	CIRRIPEDIA	No determinados	larva cipris	0.1	46.7	0.0	25.0	0.0	83.3	0.0	29.4	0.0
APPENDICULARIA	<i>Oikopleura</i> sp.	maduro	0.6	46.7	1.0	75.0	0.2	50.0	2.5	58.8	1.7	56.5
CHAETOGNATHA	<i>Sagitta peruviana</i>	maduro	0.0	6.7	2.0	87.5	0.1	50.0	0.0	35.3	0.4	37.0

Las mayores densidades de las especies relacionadas a ASS (*Acartia danae*, *Calocalanus pavo*, *Ishnocalanus plumulosus*, *Mecynocera clausi* y *Oncaea conifera*) fueron registradas principalmente durante EN 1997-98. Durante LN 1998-1999 estas especies no fueron encontradas y sólo retornaron al área a partir del año 2000, en el período post-LN (Figura 21).

Frente a San José.- *C. brachiatus* (ACF) se presentó en casi todo el período estudiado, disminuyendo en abundancia y frecuencia en los períodos de calentamiento, principalmente en EN 1997-98.

C. furcatus (AES) se presentó durante EN 1997-98, apareciendo en abril de 1997 hasta setiembre de 1998, con la mayor abundancia en marzo de 1998

(10.565 ind.100m⁻³).

Las especies asociadas a ASS (*Acartia danae*, *Calocalanus pavo*, *Mecynocera clausi* e *Ishnocalanus plumulosus*) estuvieron presentes durante EN 1997-98, alcanzando su máxima densidad (4.791 ind.100m⁻³) en diciembre de 1997. Fueron detectadas hasta noviembre de 1998 y halladas en pequeñas concentraciones en abril 1996, abril 1999, en agosto 2002, coincidiendo con episodios de calentamiento superficial (Figura 22).

3.4. ICTIOPLANCTON

3.4.1. Abundancia.- Frente a Paita la densidad del ictioplancton fluctuó entre 1 ind.100m⁻³ (junio 2001) y 6.035 ind.100m⁻³ (enero 1996). La anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, alcanzando su mayor

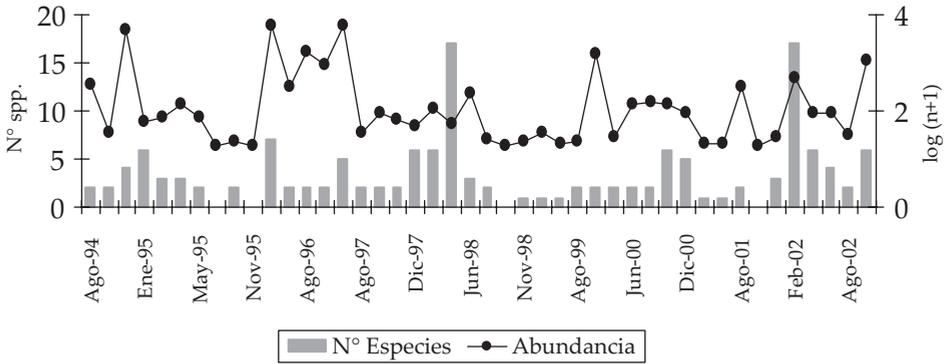


Figura 23. Variación temporal de la riqueza de especies y abundancias del ictioplancton (ind.100m³) frente a Paita.

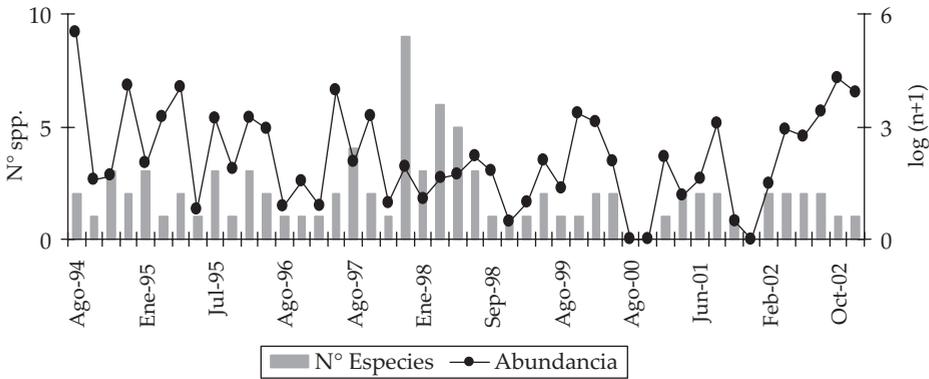


Figura 24. Variación temporal de la riqueza de especies y abundancias del ictioplancton (ind.100m³) frente a San José.

concentración en febrero 2000 (1.539 ind.100m³), pero durante el evento EN estuvo ausente (Figura 23).

Frente a San José, la fluctuación ocurrió entre 2 ind.100m³ (noviembre 1998 y octubre 2001) y 298.014 ind.100m³ (agosto 1994). La anchoveta fue la especie más frecuente y abundante, registrándose la mayor en agosto 1994 (172.200 ind.100m³) y la menor en febrero 1997 (2 ind.100m³) y (Figura 24).

3.4.2. Composición y riqueza de especies

Frente a Paita, se registraron 58 especies de ictioplancton, entre las que se puede mencio-

nar huevos y larvas de *Engraulis ringens*, *Mugil cephalus*, *Sardinops sagax sagax* y *Scomberesox saurus*, así como huevos de *Vinciguerria lucetia*, *Merluccius gayi peruanus*, *Synodus* sp. y de las familias Clupeidae, Engraulididae y Nomeidae. Además se determinaron larvas pertenecientes a las familias Blenniidae (*Hypsoblennius* sp. y *Ophioblennius* sp.), Bothidae (*Bothus constellatus*), Bregmacerotidae (*Bregmaceros bathymaster*), Carangidae (*Chloroscombrus orqueta*, *Decapterus macrosoma*), Coryphaenidae (*Coryphaena hippurus*), Haemulidae (*Anisotremus* sp.), Kyphosidae, Labrisomidae, Paralichthyidae (*Citharichthys* sp.), Sciaenidae,

Scombridae (*Auxis* sp.) Serranidae, entre otros. El número de especies fluctuó entre 1 (noviembre 1998, enero y junio 1999, abril y junio 2001) y 17 (marzo 1998; febrero 2002) (Figura 23).

Frente a San José se determinaron sólo 19 especies, entre ellas, huevos y larvas de *E. ringens*, huevos de *Vinciguerria lucetia* y larvas pertenecientes a las familias Blenniidae (*Hypsoblennius* sp. y *Ophioblennius* sp.), Bregmacerotidae (*Bregmaceros bathymaster*), Carangidae (*Chloroscombrus orqueta*), Clupeidae (*Sardinops sagax sagax*), Coryphaenidae (*Coryphaena hippurus*), Kyphosidae, Paralichthyidae (*Citharichthys* sp.), Scombridae (*Auxis* sp.) Serranidae, entre otros. El mayor número de especies (9) se registró en diciembre de 1997 (Figura 24).

3.5. MACROZOOBENTOS

3.5.1. Biomasa y abundancia

Frente a Paita.- A 35 m de profundidad, la densidad de la macrofauna varió entre 164 ± 85 ind. m^{-2} (marzo 1998) a 14.393 ± 2.590 ind. m^{-2} (agosto 1994), en tanto que la biomasa osciló en un rango de $3,1 \pm 3,6$ g. m^{-2} (marzo de 1998) a $164,5 \pm 208,2$ g. m^{-2} (enero 1999) (Figura 25).

El grupo dominante en abundancia fue Polychaeta (64% en promedio) que alcanzó niveles entre 32% (mayo 1995) y 98% (julio 1998); también alcanzó valores por encima del 90% durante EN 1997-98. En el período pre-EN el segundo grupo dominante fue Crustacea (principalmente anfípodos), con un máximo de 73% (junio 1995). En los períodos LN 1998-99 y post-LN, el grupo 'Otros' (compuesto principalmente por los grupos Enteropneusta y Echinodermata) fue el dominante, alcanzando hasta 59% de la abundancia (setiembre 1998) (Figura 26). En biomasa, el grupo Polychaeta tendió a ser dominante con 52% de la abundancia en promedio, siendo superado por 'Otros' entre 1998 y 2000, alcanzando este último hasta 74 % de la biomasa total.

En el sublitoral de Paita a 65 m de profundidad, la densidad fluctuó de valores

inferiores a 200 ind. m^{-2} (mayo 1998 – junio 1999) a un máximo de 5.986 ± 595 ind. m^{-2} (febrero 1996). La biomasa varió entre 0,8 ± 0,3 g. m^{-2} (junio 1998) a $148,6 \pm 167,8$ g. m^{-2} (agosto 1999) (Figura 27).

Aquí se observó el mismo patrón de variación de los grandes grupos taxonómicos exhibido a 35 m. El grupo Polychaeta, que fue el primer grupo dominante con 60 % en promedio, varió de 22 % (junio 1995) a 90 % (noviembre 1997). Los Crustacea fueron el segundo grupo dominante en el período pre-EN, alcanzando un máximo de 63 % (junio 1995). Asimismo, el grupo 'Otros' tendió a ser el segundo grupo dominante en los períodos LN 1998-99 y post-LN, aunque con una tendencia decreciente en este último, alcanzando un máximo de 58 % (agosto 1999) (Figura 28). En biomasa también el grupo Polychaeta tendió a ser dominante con 62% en promedio, reemplazado por breves períodos por Mollusca en 2001 y 'Otros' en 2000.

En términos estadísticos, en ambas estaciones de Paita, la abundancia total durante el período pre-EN mostró valores significativamente mayores comparado con los períodos posteriores. Los períodos EN 1997-98 y LN 1998-99 tendieron a no mostrar diferencias significativas entre sí, en tanto que el período post-LN alcanzó un nivel intermedio, superior significativamente de estos últimos. El grupo Polychaeta aumentó significativamente su abundancia porcentual durante EN 1997-98 a ambas profundidades. La abundancia porcentual de Crustacea disminuyó en forma significativa durante EN 1997-98 y LN 1998-99, para luego recuperarse parcialmente en el período post-LN. El grupo 'Otros' presentó abundancias porcentuales significativamente mayores durante LN 1998-99 respecto a los períodos precedentes, sin variar significativamente en el último período (Tabla 3).

Frente a San José.- En la zona sublitoral de San José a 65 m, la densidad presentó valores entre 37 ± 67 ind. m^{-2} (diciembre 1994) y 10.200 ± 2.263 ind. m^{-2} (junio 1995); entre enero y

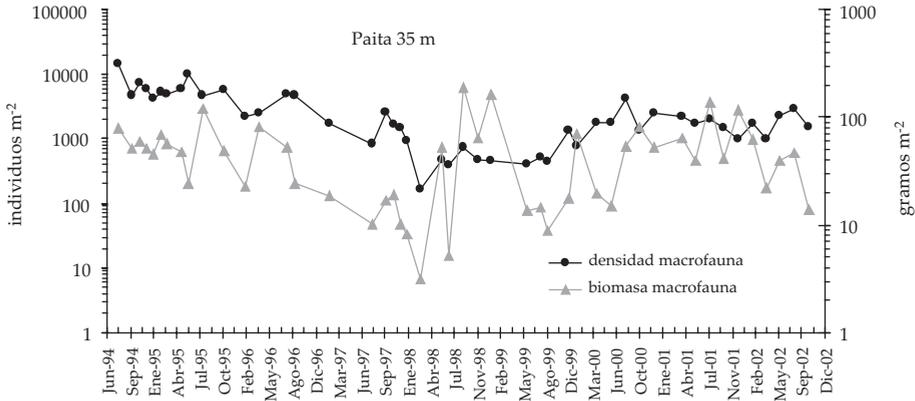


Figura 25. Variación temporal de la densidad (Nro.ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) de la macrofauna a 35 m frente a Paita.

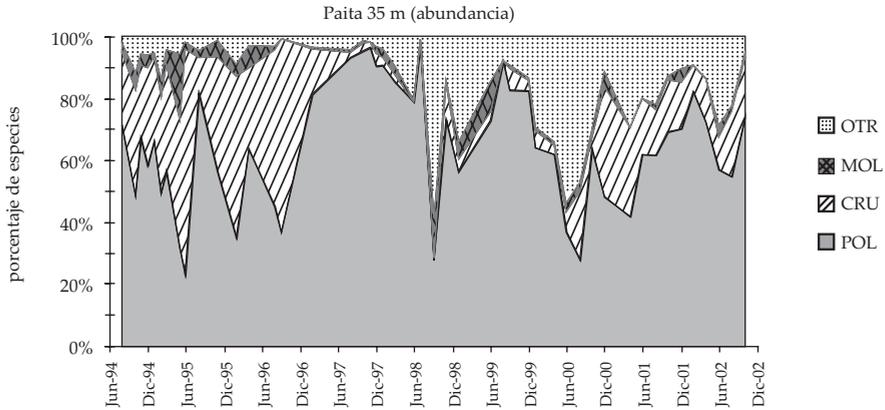


Figura 26. Composición porcentual de la macrofauna por grandes taxa a 35 m frente a Paita.

marzo 1998 se determinaron valores bajos de densidad (inferiores a 100 ind.m⁻²).

La biomasa fluctuó entre $1,4 \pm 2,4$ g.m⁻² (marzo 1998) y $149,8 \pm 215,2$ g.m⁻² (abril 2002) (Figura 29). El grupo Polychaeta dominó en abundancia, con 76% en promedio, con un rango de 13% (agosto 2002) a 98% (febrero 2000). El grupo Crustacea fue el segundo dominante (compuesto principalmente por anfípodos de la especie *Ampelisca araucana*), especialmente en el período post-LN, alcanzando hasta 87% (agosto 2002). Entre fines de EN 1997-98 e inicios de LN 1998-99, el grupo Mollusca desplazó a Crustacea, alcanzando entre 17 y

46% de la abundancia total (Figura 30). En biomasa, el grupo Polychaeta tendió a ser dominante, con 69% en promedio, seguido por el grupo Mollusca con 17%. Similarmente al caso de Paita, la abundancia total disminuyó significativamente durante EN 1997-98 respecto al primer período, para luego recuperarse paulatinamente a niveles comparables al primer período durante LN 1998-99 y el período post-LN. En términos porcentuales, los grupos Polychaeta y Mollusca no variaron significativamente en abundancia entre períodos (Tabla 4).

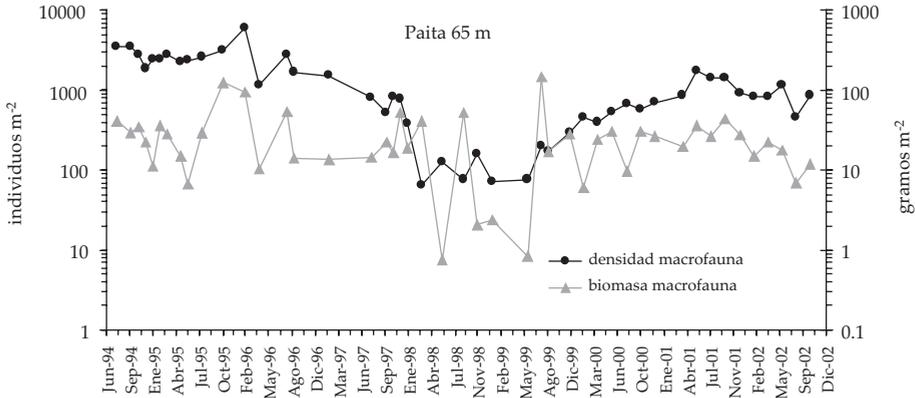


Figura 27. Variación temporal de la densidad (Nro.ind.m²) y biomasa (g.m²) de la macrofauna a 65 m frente a Paita.

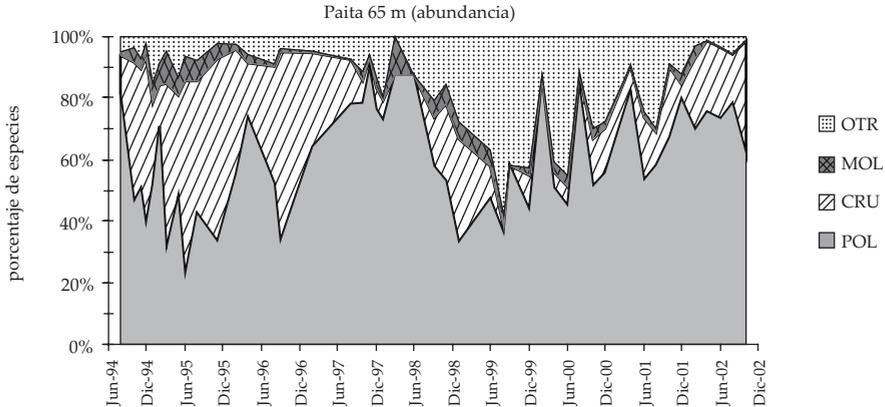


Figura 28. Composición porcentual de la macrofauna por grandes taxa a 65 m frente a Paita.

3.5.2. Riqueza de especies

La riqueza de especies disminuyó en ambas áreas durante EN 1997-98.

Frente a Paita, a 35 m de profundidad, la riqueza de especies varió de 3 ± 2 spp. 0,05 m² (julio 1998) a 45 ± 3 spp. 0,05 m² (agosto 1994). A 65 m de profundidad fluctuó entre 3 ± 1 spp. 0,05 m² (junio 1998) y 42 ± 5 spp. 0,05 m² (agosto 1994) (Figura 31). En ambas estaciones la riqueza específica durante el período pre-EN mostró valores significativamente mayores respecto a los posteriores. Los perio-

dos EN y LN tendieron a no mostrar diferencias significativas entre sí, en tanto que el período post-LN marcó una recuperación parcial de la riqueza, pero no estadísticamente significativa. A 65 m, la riqueza específica disminuyó significativamente en los períodos EN y LN, la equidad aumentó también significativamente en los mismos períodos respecto al período inicial, para luego descender a niveles intermedios (Tabla 3).

Frente a San José, la riqueza osciló entre 3 ± 2 spp. 0,05 m² (abril 1998) y 20 ± 1 spp. 0,05 m² (noviembre 1995) (Figura 32). La riqueza específica disminuyó significati-

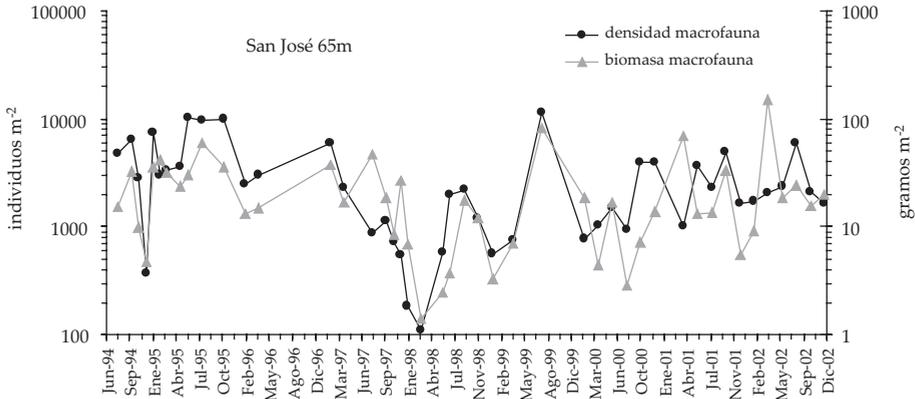


Figura 29. Variación temporal de la densidad (Nro.ind.m²) y biomasa (g.m²) de la macrofauna a 65 m frente a San José.

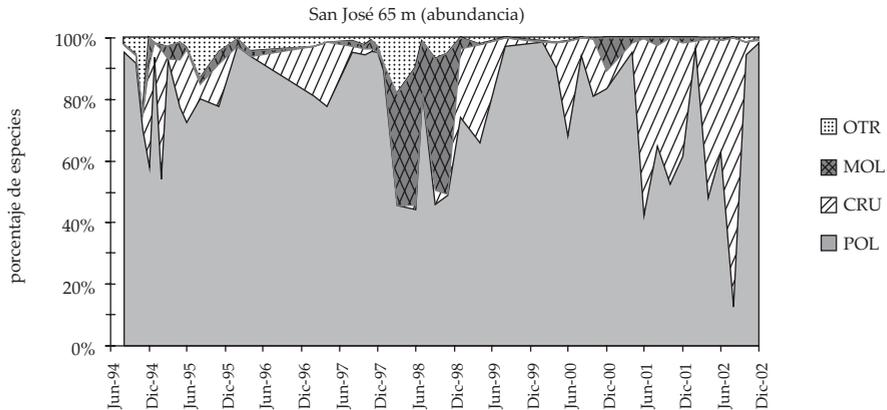


Figura 30. Composición porcentual de la macrofauna por grandes taxa a 65 m frente a San José.

vamente durante EN 1997-98 respecto al período pre-EN y luego no recuperó sus niveles iniciales. En cambio la equidad aumentó significativamente del período pre-EN al período EN, para después disminuir a niveles intermedios (Tabla 4).

3.5.3. Variación temporal de los taxa más abundantes

En la zona de Paita a 35 m de profundidad los taxa más abundantes (>2,3 % de la densidad total) fueron los poliquetos *Polycirrus* sp., *Lumbrineris* sp., *Paraprionospio pinnata*,

Cirratullidae, *Magelona phyllisae*, los crustáceos Ampeliscidae spp., Cumacea sp. y Oedicerotidae spp., y finalmente los taxa Enteropneusta sp. y Ophiuroidea sp. (Figura 33). En Paita a 65 m destacaron por su abundancia (>1,8 %) los poliquetos *Lumbrineris* sp., *Polycirrus* sp., *Ninoe chilensis* y *Pseudeurythoe* sp., los crustáceos Ampeliscidae spp., Cumacea sp., Phoxocephalidae spp. y Gammaridea spp., así como los taxa Enteropneusta sp. y Ophiuroidea sp. (Figura 34). En la zona sublitoral de San José, las especies dominantes (>1 % respecto a la abundancia total) fueron en orden de abun-

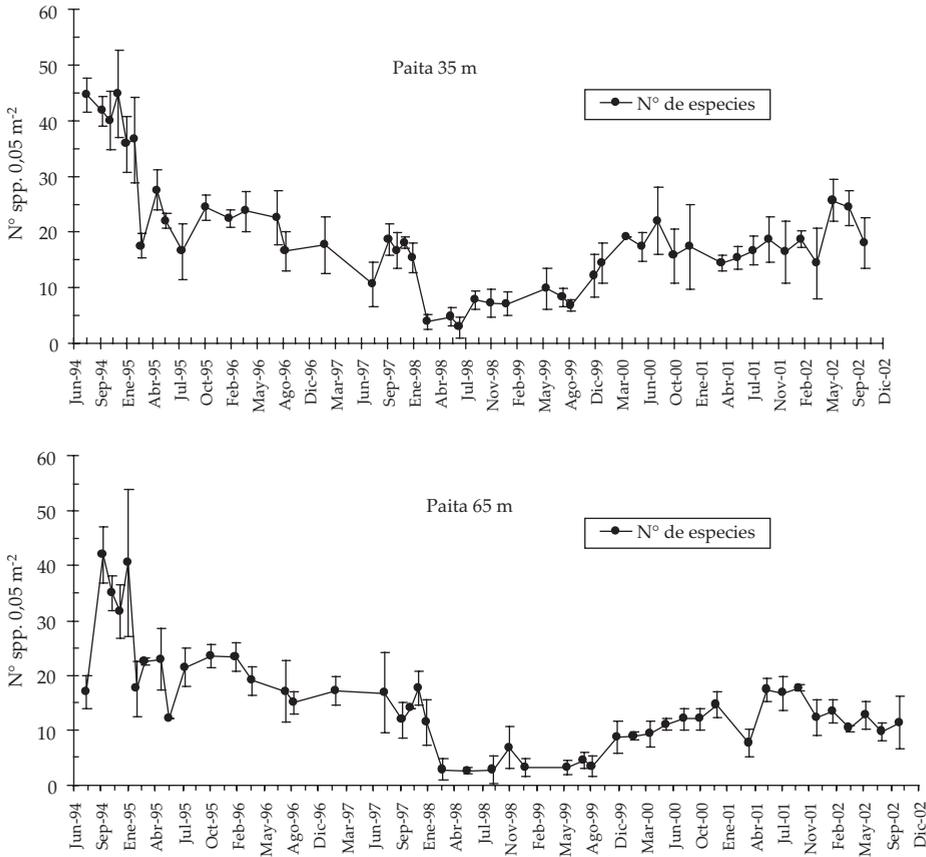


Figura 31. Variación temporal de la riqueza específica de la macrofauna (N° spp. 0,05 m²) a 35 m y 65 m frente a Paita. Las barras de error corresponden a 1 desviación estándar.

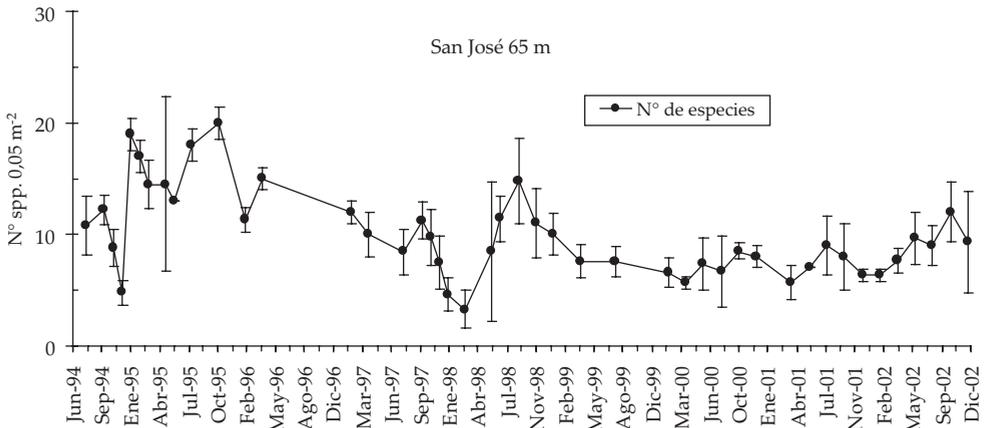


Figura 32. Variación temporal de la riqueza específica de la macrofauna (N° spp. 0,05 m²) a 65 m frente a San José. Las barras de error corresponden a 1 desviación estándar.

Tabla 7. Variabilidad de los taxa más abundantes de la macrofauna frente a las ECF Paita - San José, respecto a los períodos pre EN, EN 1997-98, LN 1998-99 y post-LN.

TAXA	PAITA								SAN JOSÉ			
	35 m				65 m				65 m			
	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN
<i>Polycirrus</i> sp.	1			1	1	1		1				
<i>Lumbrineris</i> sp.	1			1	1	1		1				
<i>Ninoe chilensis</i>					1	1		1				
Cirratulidae spp.	2	2										
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>									2	2		
<i>Pseudeurythoe</i> sp.								3				
Ophiuroidea spp.				3				3				
Enteropneusta spp.	4			4								
Ampeliscidae spp.	5		5	5	5		5	5				
<i>Ampelisca araucana</i>									5		5	5
Cumacea sp.	5		5	5	5		5	5				
Oedicerotidae spp.	5		5	5					5		5	5
Gammaridea spp.					5		5	5	5		5	5
Phoxocephalidae spp.					5		5	5				
<i>Nephtys ferruginea</i>									5		5	5
<i>Cossura chilensis</i>									6	6	6	6
<i>Tellina</i> sp.										7	7	7
<i>Parandalia fauveli</i>											8	8
<i>Paraprionospio pinnata</i>	2	2									5	5
<i>Magelona phyllisae</i>				3					5		5	5

Grupos:

1 Presentes antes y después de EN y LN	5 Ausentes o muy reducidas durante EN
2 Presentes antes y durante EN	6 Siempre presentes
3 Presentes sólo en post-LN	7 Presentes durante EN y con mayor abundancia durante LN
4 Presentes en pre-EN y en post-LN	8 Presente durante LN y post-LN

dancia relativa los poliquetos *Paraprionospio pinnata*, *Magelona phyllisae*, *Nephtys ferruginea*, *Aricidea* sp. y *Leitoscoloplos chilensis*, los anfípodos *Ampelisca araucana* y *Oedicerotidae* sp., el bivalvo *Tellina* sp., Actiniaria y el poliqueto *Diopatra* sp. (Figura 35). Otros taxa frecuentes aquí fueron los poliquetos *Cossura chilensis*, *Parandalia fauveli* y *Gammaridea* spp.

Considerando la variación temporal de estas especies y taxa se pueden distinguir hasta 8 grupos de taxa (Tabla 7). La mayoría de taxa abundantes se redujo o desapareció durante EN 1997-98 o LN 1998-99 y solamente en San José aparecieron como nuevos taxa *Tellina* sp. en EN 1997-98 y *Parandalia fauveli* durante LN 1998-99.

4. DISCUSIÓN

4.1. ESCALAS TEMPORALES DE VARIABILIDAD OCEANOGRÁFICA

La base de datos analizada no tiene la resolución suficiente para estudiar la variabilidad

temporal en un rango menor a mensual o bimestral (el promedio de observaciones por año es de cinco a siete). Sin embargo, es posible distinguir unas tres escalas diferentes de variación: estacional, intraestacional e interanual.

4.1.1 Escala estacional

Condiciones térmicas de la capa superficial.- Nuestros resultados indican que la variación estacional de la intensidad del viento y de la radiación solar (mayor afloramiento y menos insolación en invierno y primavera), inciden claramente en las condiciones térmicas de la capa superficial.

En el caso de Paita, los cambios en la intensidad y dirección del viento inciden además en la posición del llamado *Frente Ecuatorial*, de modo que la oscilación estacional de la TSM tiende a ser acompañada por cambios en la salinidad superficial, reflejando la prevalencia de ACF durante invierno/primavera y de AES durante otoño/invierno (VÁSQUEZ et al. 2000).

Frente a San José, ello no ocurre debido a su posición geográfica, donde las

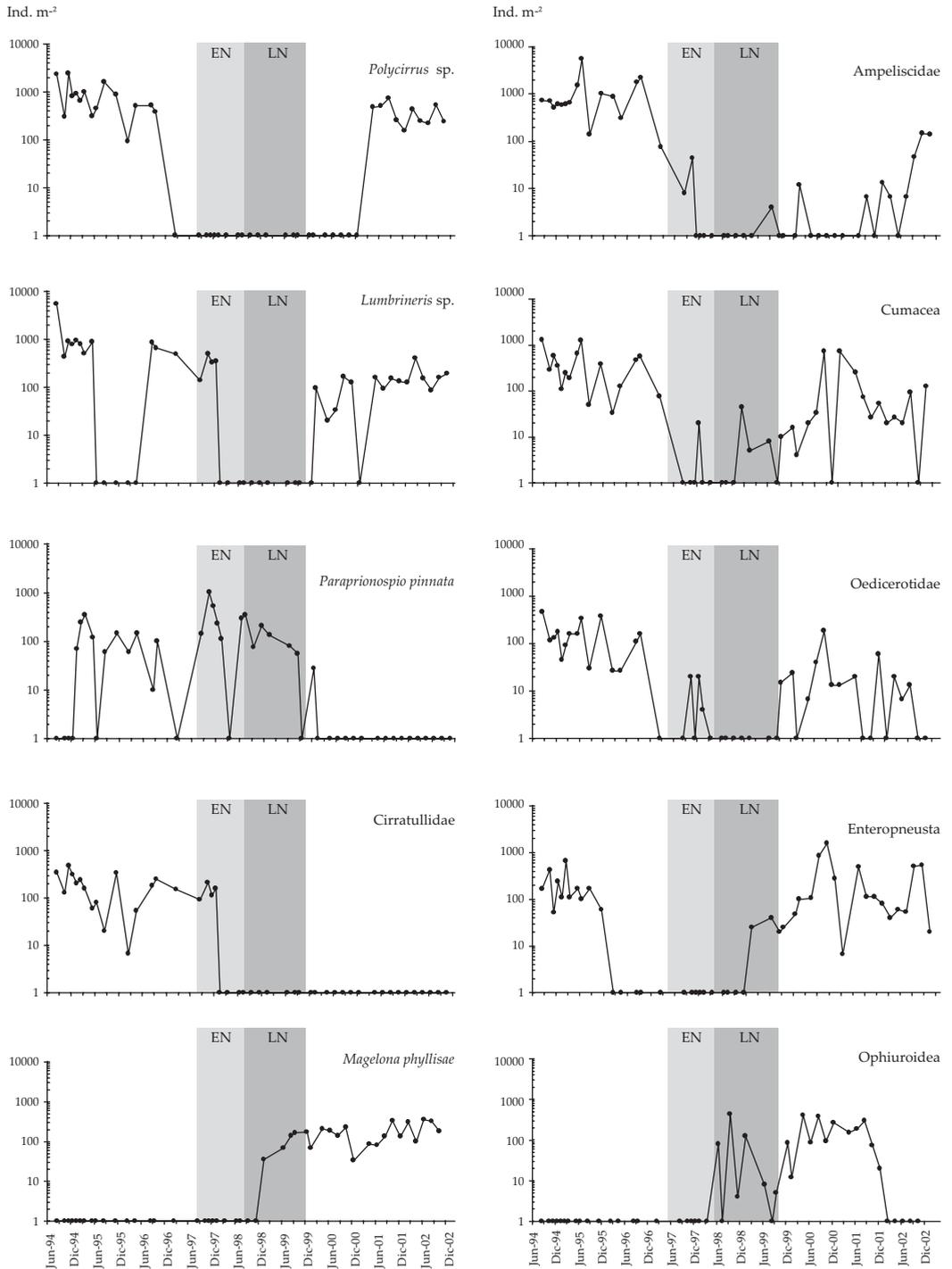


Figura 33. Variación temporal de los taxa más abundantes de la macrofauna a 35 m de profundidad frente a Paíta.

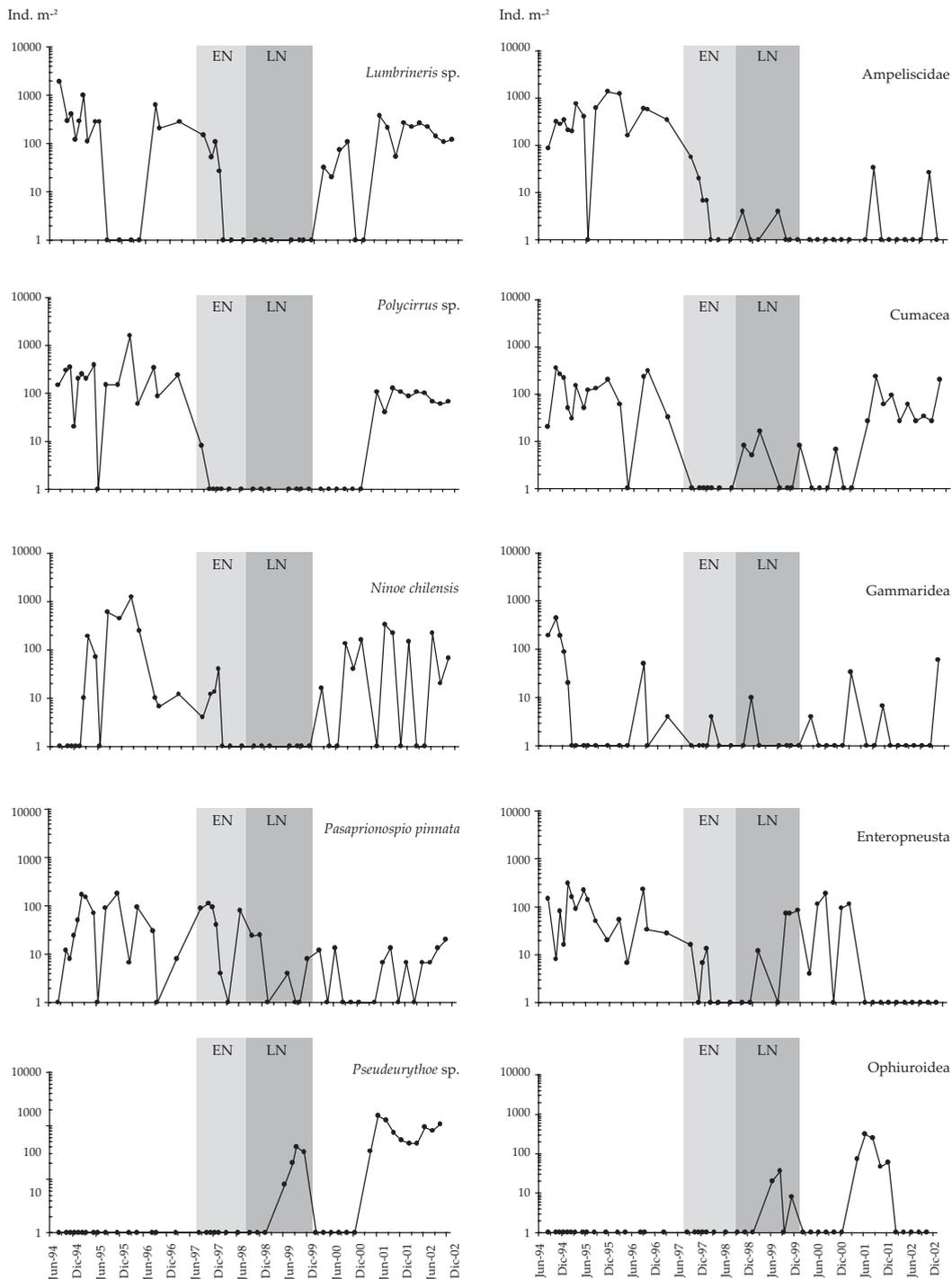


Figura 34. Variación temporal de los taxa más abundantes de la macrofauna a 65 m de profundidad frente a Paita.

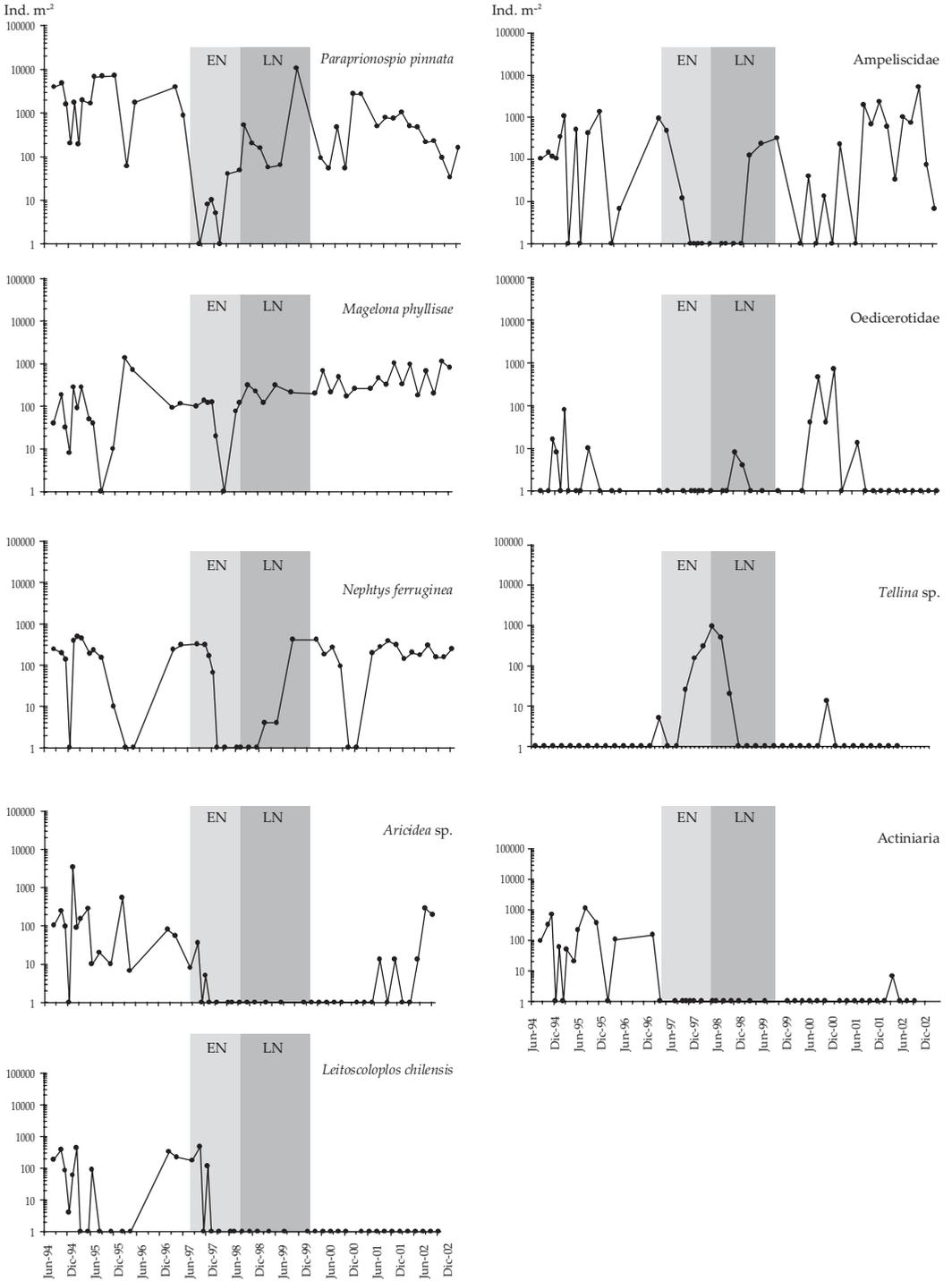


Figura 35. Variación temporal de los taxa más abundantes de la macrofauna a 65 m de profundidad frente a San José.

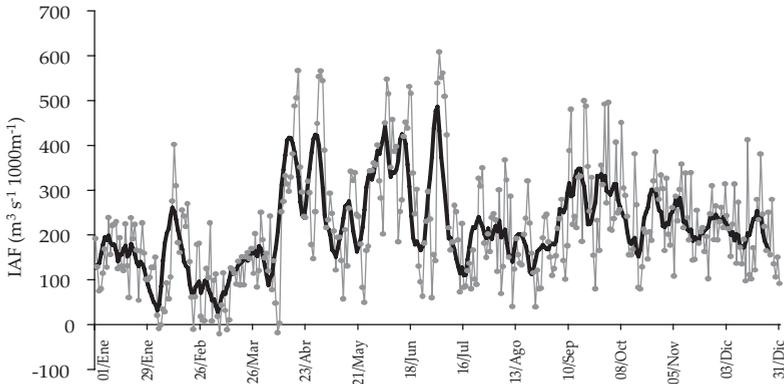


Figura 36. Transporte Ekman perpendicular a la costa (según la corrección de Bakun & Mendelsohn, 1989) frente a Santa Rosa en 2002. Se presenta la serie de valores diarios (línea gris) y la media móvil semanal (línea negra). Datos proporcionados por el Laboratorio costero de Santa Rosa (W. Carbajal, com.per.).

ACF tienden a predominar todo el año con excepción de períodos EN o de propagación de ondas desde el Ecuador como los veranos 1995 y 2000.

Extensión Sur de la Corriente de Cromwell. Otro proceso significativo, a esta escala estacional, es la variación de la Corriente Subsuperficial, también llamada *Extensión Sur de la Corriente de Cromwell*. En el Ecuador esta corriente presenta típicamente un pico de intensidad entre abril y junio (ICOCHEA & ROJAS 2001), deprimiendo más la oxiclina en ese período, pero en primavera presenta velocidades mínimas. Frente a 30°S, SHAFER *et al.* (1999) describen dos picos, uno coincidente con la señal ecuatorial, y otro en noviembre, asociado al máximo de la intensidad de los vientos paralelos a la costa a dicha latitud. Tal forzamiento de las corrientes subsuperficiales por el viento local ha sido observado en otros sistemas de borde oriental (SMITH 1978).

Puesto que el máximo de la intensidad de viento frente a la costa centro y norte del Perú ocurre en invierno (BAKUN & MENDELSSOHN 1989) (Figura 36), es posible que la señal estacional del forzamiento de los vientos se integre con la señal ecuatorial, dando lugar a un solo pico más prolongado de la intensidad de la contracorriente subsuperficial (otoño/invierno), conforme lo sugie-

re la información oceanográfica. De ser cierta esta hipótesis, en la zona norte, las condiciones subsuperficiales más oxigenadas (una oxiclina más profunda) corresponden a una mayor intensidad de la contracorriente durante otoño/invierno; y las condiciones subsuperficiales menos oxigenadas (hipóxicas) (una oxiclina más somera) corresponden a una menor intensidad durante el verano.

Por otra parte, merece estudiarse la interacción de la corriente subsuperficial con el esfuerzo del viento, ya que ambos factores inciden sobre la estructura vertical. Ello puede ilustrarse al comparar el índice de afloramiento en Santa Rosa (06°46', 79°58') (Figura 36) con la evolución de las condiciones oceanográficas frente a San José durante 2002. Si bien el esfuerzo de viento alcanzó su mayor intensidad en junio, la oxiclina alcanzó una menor profundidad en octubre, cuando el índice de afloramiento mostró niveles moderados (Figura 7). Por lo tanto, la dinámica de la circulación subsuperficial parece modular la fertilización de la capa superficial por el afloramiento costero.

4.1.2 Escala intraestacional. Corresponde al impacto de ondas Kelvin y su propagación como ondas atrapadas a la costa (SMITH 1978, STRUB *et al.* 1998). La propagación de estas

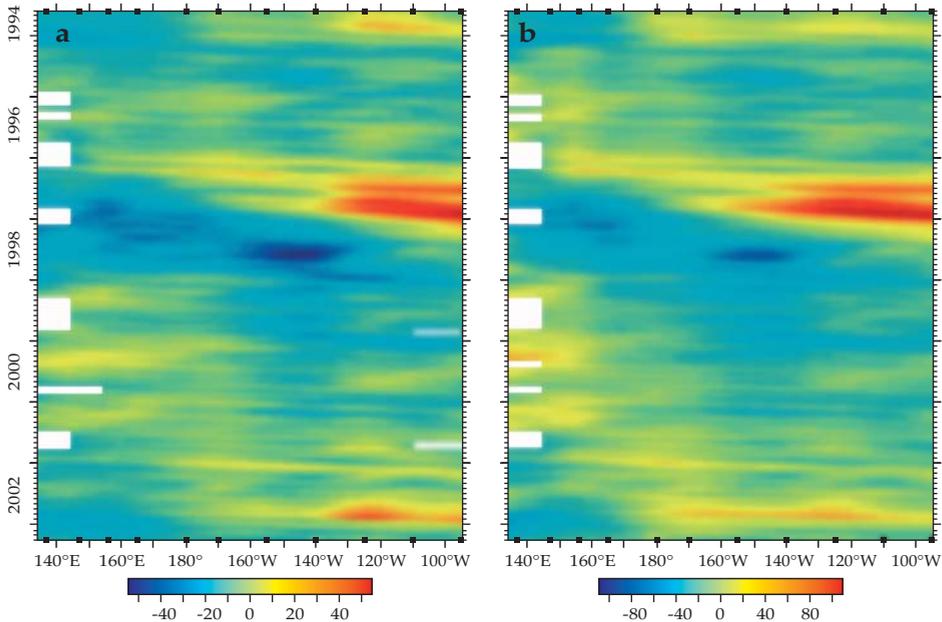


Figura 37. Variación temporal de las anomalías, en promedios de cinco días, del nivel del mar (a) y de la profundidad de la isoterma de 20°C (b) a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (agosto 1994 a febrero de 2003).

Fuente: <http://www.pmel.noaa.gov/tao/>

ondas y la consiguiente generación de ondas Rossby hacia fuera de la costa afectan profundamente la dinámica de la corriente subsuperficial y, por ende, la estructura vertical térmica y de oxígeno disuelto de la columna de agua (PIZARRO et al. 2002, ULLOA et al. 2001), por un período de unos dos meses, según nuestros datos. Estos episodios pueden reconocerse por la propagación zonal de anomalías de nivel del mar y de anomalías de la termoclina (Figura 37), así como por la propagación meridional de las anomalías de nivel del mar, frente a toda la costa (ULLOA et al. 2001). Casos notorios han sido los episodios cálidos de enero-febrero 1995, así como febrero-marzo y noviembre-diciembre 2002, que estuvieron acompañados de la depresión de la termoclina y de la oxiclina tanto frente a Paita como frente a San José (Figuras 5, 7).

4.1.3 Escala interanual.- La escala interanual corresponde a la sucesión de condiciones cálidas (EN), frías (LN) y neutras,

todas las cuales han estado presentes durante los nueve años de monitoreo biooceanográfico. Si bien se considera que el inicio de EN 1997-98 se situó alrededor de Mayo de 1997 (MCPHADEN 1999), frente a Paita y a San José, la termoclina y la oxiclina se profundizaron significativamente desde febrero de 1997 (Figuras 5, 7), coincidiendo con el impacto de una onda Kelvin en ese período (Figura 37). Lamentablemente, la baja resolución del muestreo no permite asegurar si el efecto de la propagación de la onda se diluyó antes del desarrollo de EN propiamente dicho, pero, en todo caso, la combinación de ambos pudo configurar una perturbación más temprana y más prolongada del ecosistema costero. Al respecto, algunos indicadores planctónicos de masas de aguas cálidas, así como especies planctónicas no residentes fueron detectados entre febrero y abril 1997 frente a Paita y San José, respectivamente (Figuras 15, 16, 21, 22).

Tabla 8. Matriz de Correlación de Pearson para el volumen de plancton (mL m^{-3}), y para el volumen de zooplancton ($\text{mL } 100 \text{ m}^{-3}$). (*) La correlación es significativa a un nivel de 0,01 (2 colas).

	Estación	1 (2-5 mn)		2 (6-10 mn)		3 (11-15 mn)		4 (16-20 mn)	
		Fito	Zoo	Fito	Zoo	Fito	Zoo	Fito	Zoo
PAITA	1 (2-5 mn)	1,00	1,00	0,49 *	0,42 *	0,32	0,41 *	0,48 *	0,31
	2 (6-10 mn)	0,49 *	0,42 *	1,00	1,00	0,32	0,31	0,36	0,01
	3 (11-15 mn)	0,32	0,41 *	0,32	0,31	1,00	1,00	0,63 *	0,54 *
	4 (16-20 mn)	0,48 *	0,31	0,36	0,01	0,63 *	0,54 *	1,00	1,00
SAN JOSÉ	1 (2-5 mn)	1,00	1,00	0,81 *	0,58 *	0,72 *	0,60 *	0,51 *	0,06
	2 (6-10 mn)	0,81 *	0,58 *	1,00	1,00	0,85 *	0,73 *	0,60 *	0,52 *
	3 (11-15 mn)	0,72 *	0,60 *	0,85 *	0,73 *	1,00	1,00	0,74 *	0,54 *
	4 (16-20 mn)	0,51 *	0,06	0,60 *	0,52 *	0,74 *	0,54 *	1,00	1,00

4.2. CAMBIOS EN EL VOLUMEN DE PLANCTON

Bajo la premisa que por su propia ubicación, las estaciones más alejadas de la costa están más expuestas a la variabilidad de macroescala, ellas fueron elegidas como base para el análisis temporal bio-oceanográfico. La Tabla 8 presenta las correlaciones de las series temporales de volúmenes de plancton (red de fitoplancton) y de zooplancton entre las cuatro estaciones de cada localidad, revelando que las más costeras tienden a presentar una dinámica independiente de las más alejadas. Ello es más pronunciado en el área frente a Paita, lo cual era de esperarse al ubicarse parte de la transecta en el interior de esta bahía, donde se potencia la influencia de la circulación local y de la actividad antropogénica. Estos resultados sugieren que la premisa mencionada es válida, y que la variación de los parámetros comunitarios del plancton y de sus bioindicadores obedece a las fluctuaciones ambientales de una escala espacial mayor, relativamente libre del ruido de procesos muy costeros.

Normalmente el volumen de plancton representa principalmente la biomasa del fitoplancton dentro de las 30 millas frente a la costa (SÁNCHEZ 2000). La dinámica de la biomasa planctónica en el mar peruano refleja

una estacionalidad en períodos normales con los mayores valores en primavera y parte del otoño (SÁNCHEZ 2000), inclusive en Tumbes (VILLANUEVA 1997). En el período 1994-2002 frente a Paita y San José los picos de la biomasa planctónica fueron determinados también en el otoño; sin embargo, durante EN 1997-98 se observó un decremento en los volúmenes del plancton alcanzando valores $<1,0 \text{ mL.m}^{-3}$. A macroescala SÁNCHEZ (2000) observó resultados similares para los Niños 1972-73 (Niño Grande según ZUTA et al. 1976), 1976, 1982-83 (Extraordinario), 1992-93 y 1997-98 que presentaron valores en relación a la intensidad del mismo.

Durante los eventos fríos LN (1977, 1985, 1988-89, 1996 y 1999), SÁNCHEZ (2000) registró biomazas planctónicas $>3,0 \text{ mL.m}^{-3}$ relacionadas con la intensificación de los afloramientos costeros durante la primavera de 1996. Los eventos de 1996 y 1999 se manifestaron en una ampliación de las áreas de afloramiento, llegando hasta las 90 mn, frente a Paita, asociados a volúmenes $<1,0 \text{ mL. m}^{-3}$, los cuales podrían haberse relacionado con los procesos advectivos ocasionados por los vientos SE (IMARPE 1998). Por su parte, los eventos EN, dependiendo de su intensidad, afectan considerablemente el afloramiento costero reduciendo o inclusive suprimiendo estas áreas en gran parte del litoral.

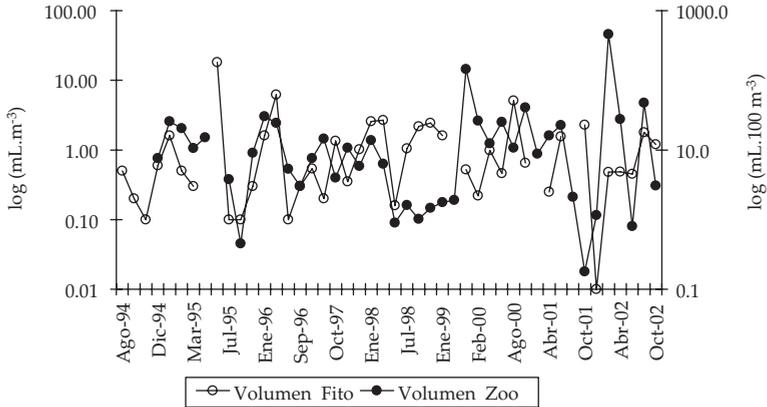


Figura 38. Volúmenes de plancton (mL.m^{-3}) y de zooplancton (mL.100m^{-3}) frente a Paita.

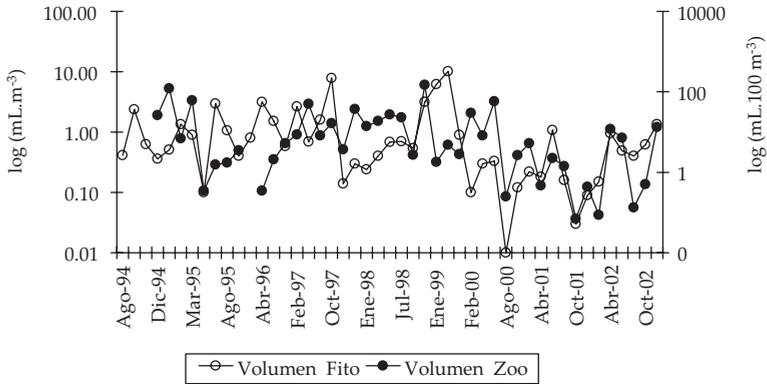


Figura 39. Volúmenes de plancton (mL.m^{-3}) y de zooplancton (mL.100m^{-3}) frente a San José.

Considerando al volumen de plancton como indicador de biomasa fitoplanctónica (SÁNCHEZ 2000) por el ámbito costero del presente estudio, los resultados indican que, en ambas áreas, las biomásas de fitoplancton y de zooplancton (Figuras 38 y 39) tendieron a exhibir una relación directa, mostrando una dinámica particular frente a EN 1997-98 y LN 1998-99.

Tanto frente a Paita como frente a San José, a inicios de EN 1997-98 el volumen de plancton disminuyó mientras que el volumen de zooplancton aumentó, al igual que los valores de diversidad y abundancia zooplanctónica (Figuras 38 y 39). Este comportamiento se explica por el ingreso de nuevas especies

omnívoras y carnívoras provenientes de la provincia panameña y de la parte oceánica, las cuales son de mayor tamaño y representativas para el volumen zooplanctónico (SANTANDER & CARRASCO 1985). En la fase madura de EN 1997-98 (enero y marzo de 1998), en Paita el volumen de plancton tendió a aumentar y el volumen de zooplancton a disminuir (Figura 38). La relación inversa continuó durante LN 1998-99. En este período, el afloramiento más activo pudo favorecer la predominancia de pequeñas diatomeas, induciendo un cambio en la composición del zooplancton a un mayor predominio de especies fitófagas de menor tamaño, resultando en valores reducidos de volumen de zooplanc-

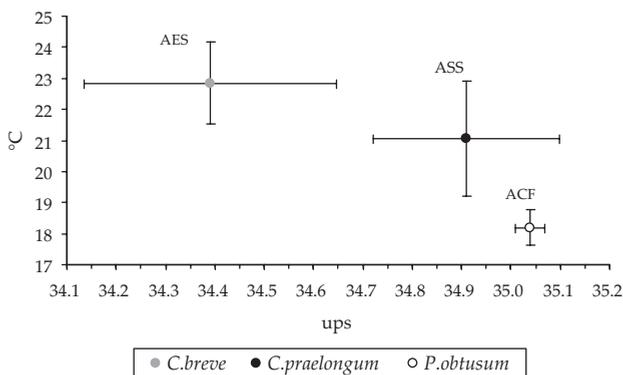


Figura 40. Límites de confianza ($\alpha=0,01$) de los rangos de temperatura y salinidad de las especies de fitoplancton asociadas a masas de agua.

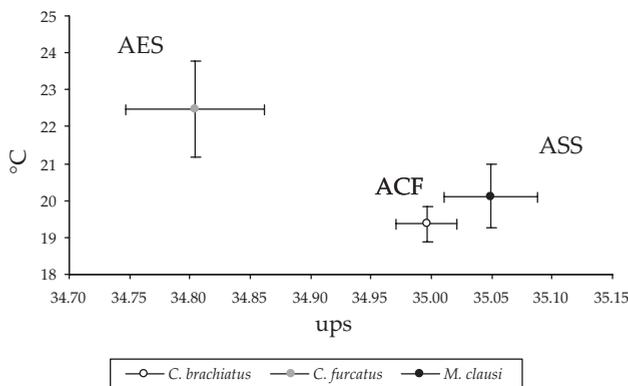


Figura 41. Límites de confianza ($\alpha=0,01$) de los rangos de temperatura y salinidad de las especies de copépodos asociadas a masas de agua.

ton (SANTANDER & CARRASCO 1985). En cambio, frente a San José, los dos parámetros tendieron a variar en forma directa desde la fase madura de EN 1997-98, cambios que estuvieron relacionados a la transición a condiciones oceanográficas “normales”.

4.3. COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES DE MASAS DE AGUA

Es interesante puntualizar que BALECH & FERRANDO (1964) recomiendan que para estudiar los indicadores es necesario: (i) un buen conocimiento de la sistemática del plancton; (ii) hacer sistemática fina; (iii) saber distin-

guir anomalías en las especies o grupos; (iv) conocerse el área de distribución y reproducción de cada especie, y (v) realizar paralelamente estudios biooceanográficos estacionales en períodos normales y durante eventos especiales. Varias de estas pautas se han aplicado para el presente estudio, aunque subsisten limitaciones en el conocimiento del ciclo vital de las especies.

Si bien es cierto que existen algunas investigaciones que han tratado de definir nichos térmicos y salinos de los indicadores biológicos (ROJAS DE MENDIOLA et al. 1981, OCHOA et al. 1985, OCHOA & GÓMEZ 1997, ANTONIETTI et

al. 1993, SANTANDER & SANDOVAL DE CASTILLO 1981, ARONÉS 1997, ABANTO 2001, entre otros), también es cierto que pocas investigaciones han utilizado series de tiempo largas, confrontando condiciones oceanográficas diferentes en una misma región. Por ello, para verificar la consistencia en la distribución de los indicadores con relación a cambios en la temperatura y salinidad, se construyeron diagramas para cada una de las especies consideradas como indicadoras del plancton según los antecedentes bibliográficos, en base a las series temporales de presencia/ausencia frente a Paita y a San José entre 1994 y 2002 (Figuras 40 y 41).

Protoperidinium obtusum ha sido señalada como indicadora de ACF, de salinidades 34,80-35,10 (ZUTA & GUILLÉN 1970) y temperaturas de 13-17 °C en invierno y de 17-23 °C en verano (OCHOA & GÓMEZ 1997). En el presente trabajo (Figura 40) se encontró, asociada a valores de temperatura de $18,2 \pm 0,57$ °C y de salinidad de $35,04 \pm 0,03$ ups, coincidiendo con lo descrito por OCHOA & GÓMEZ (1997), quienes observaron a esta especie con una distribución costera asociada a temperaturas menores de 18 °C y salinidades <35,1 ups, entre los años 1982 a 1985. Durante EN 1982-83 también esta especie fue encontrada en temperaturas <20 °C y salinidades <35,2 ups, con presencia esporádica en áreas estrictamente costeras (ROJAS DE MENDIOLA *et al.* 1981; OCHOA *et al.* 1985). Asimismo, ANTONIETTI *et al.* (1993) durante EN 1991-92 encontraron esta especie en todo el litoral en zonas muy costeras.

Ceratium breve, determinada como indicadora de AES, en el presente estudio estuvo asociada a temperaturas promedio de $22,9 \pm 1,33$ °C y salinidades promedio de $34,39 \pm 0,26$ ups, valores propios de AES (Figura 40). Cabe indicar que durante EN 1982-83 esta especie fue detectada a temperaturas >19 °C y salinidades <35,20 ups, cuando las condiciones oceanográficas presentaron características de mezcla con ASS (ROJAS DE MENDIOLA *et*

al. 1981 y OCHOA *et al.* 1985). Es importante destacar que en condiciones normales la especie se distribuye en AES relacionada al frente ecuatorial de la zona norte del Perú, asociada a altas temperaturas y bajas salinidades (OCHOA & GÓMEZ 1997).

Ceratium praelongum, considerado como indicador de ASS (OCHOA & GÓMEZ 1997), fue encontrado esporádicamente durante el estudio, asociado a valores de temperatura de $21,06 \pm 1,84$ °C y salinidad de $34,91 \pm 0,19$ ups. Este organismo en condiciones normales tiene una distribución oceánica (OCHOA & GÓMEZ 1997). Posiblemente debido a la ubicación costera de las estaciones (<20 mn fuera de la costa) las ASS han sido detectadas principalmente en condiciones de mezcla con otras masas de agua, limitando tanto la presencia de este indicador y sesgando los rangos de tolerancia de la especie. Sin embargo, al realizar otras evaluaciones a una mayor escala este organismo se presentó asociado a temperaturas >19 °C y salinidades >35,1 ups, valores propios de ASS (OCHOA *et al.* 1985).

Goniodoma polyedricum, se presentó en ausencia de *P. obtusum* durante EN 1997-98 y estuvo asociado a temperaturas y salinidades de $22,63 \pm 2,30$ °C y $35,15 \pm 0,13$, respectivamente, que son propias de ASS.

Centropages brachiatus y *Eucalanus inermis* son copéodos, microcrustáceos del zooplancton, considerados organismos indicadores. Se hallaron distribuidos en rangos de temperatura y salinidad típicos de ACF. Los rangos de ACF de temperatura y salinidad fueron para *C. brachiatus* $19,3 \pm 0,47$ °C y $34,99 \pm 0,03$ ups, y para *E. inermis* $18,4 \pm 1,12$ °C y $34,77 \pm 0,44$ ups. Estos resultados son similares a lo encontrado por ABANTO (2001) para *C. brachiatus* ($18,9 \pm 2,4$ °C; $35,03 \pm 0,23$ ups) y *E. inermis* ($18,7 \pm 2,3$ °C; $35,02 \pm 0,24$ ups). La Figura 41 muestra los rangos de temperatura y salinidad de *C. brachiatus*, por ser la más representativa.

Los estudios de distribución de *C. brachiatus* entre los años 1996 y 1999 realizados por AYÓN et al. (1999) encuentran que esta especie en condiciones normales se distribuye a lo largo de la costa peruana desde Paita (05°S) hasta Ilo (18°S) dentro de las 30 millas de la costa. Debido al calentamiento por influencia de las AES y las ASS se produjo una disminución progresiva de su población, primero en las zonas de Paita y Chimbote y luego hacia el sur, ausentándose frente a Paita en noviembre de 1997 y en enero de 1998 en toda la costa. En agosto de 1998, se hallaron estadios inmaduros (copepoditos) de *C. brachiatus* frente a Ilo y gradualmente fueron detectados hacia la zona norte, coincidiendo con el retorno de las ACF (AYÓN et al. 1999). Esta aparición en fase copepodito es una muestra que la especie no fue trasladada a otras zonas y que la estrategia de su reproducción favoreció su sobrevivencia una vez reconstituidas las condiciones normales. Al respecto CHEN Y MARCUS (1977) afirmaron que al desovar algunos calanoideos depositan sus huevos en el lecho marino, los que permanecen en estado de diapausa hasta que las condiciones del medio sean propicias para su desarrollo. Así, la eclosión de los huevos de *C. brachiatus* estaría relacionada al desarrollo de condiciones favorables de temperatura y salinidad.

La especie *Centropages furcatus* se encontró asociada a rangos de temperatura y salinidad de $22,5 \pm 1,29$ °C y $34,81 \pm 0,06$ ups, respectivamente (Figura 41), que corresponden a las propiedades de las AES. Esta especie fue registrada en esta masa de agua por SANTANDER Y CARRASCO (1985) y ABANTO (2001) para el ENSO 1982-83 y por AYÓN & GIRÓN (1997) y ARONÉS Y AYÓN (2002) para el ENSO 1997-98 respectivamente. Esta especie tiende a presentarse durante el verano frente a Paita, pero puede ampliar su distribución e incrementar sus abundancias si las AES se desplazan hacia el sur. VÁSQUEZ et al. (2000) describieron que entre abril y junio de 1997 se observó una incursión de ASS cerca a la costa y desplazamiento de las AES al sur de Punta

Aguja. Nuestros registros oceanográficos frente a San José no indican la presencia de AES durante EN 1997-98, ni tampoco de indicadores fitoplanctónicos de esta masa de agua. No obstante *C. furcatus* (AES) fue detectado durante todo el período de EN 1997-98, salvo en octubre de 1997. Las densidades más altas de esta especie fueron alcanzadas durante enero, marzo y junio de 1998, coincidiendo con las observaciones de macroescala observadas por VÁSQUEZ et al. (2000). Esta especie también fue registrada para la costa norte-centro del Perú por SANTANDER & CARRASCO (1985) y ABANTO (2001) para EN 82-83 y por AYÓN & GIRÓN (1997) para EN 97-98.

Las especies *Acartia negligens*, *Acartia danae*, *Calocalanus pavo*, *Ishnocalanus plumulosus*, *Mecynocera clausi* y *Oncaea conifera* han sido consideradas como especies relacionadas a ASS (AYÓN y GIRÓN 1997); sin embargo, ABANTO (2001) para los años 80, registró estas especies en aguas de mezcla de ASS y ACF. En el presente trabajo, los resultados coinciden con lo hallado por este último autor; esto probablemente se deba a que en la zona costera no se aprecia bien esta masa de agua. Sin embargo, *M. clausi* se localizó en rangos de temperatura ($20,1 \pm 0,86$ °C) y salinidad ($35,05 \pm 0,04$ ups) relacionadas a ASS, como se muestra en la Figura 41.

En general, la variabilidad estacional de las masas de agua coincidió con la distribución de los indicadores zooplanctónicos, tal como ocurrió con la incursión de AES durante los veranos frente a Paita. Pero los indicadores zooplanctónicos de ACF estuvieron ausentes en los veranos, así como durante el evento EN 1997-98, coincidiendo con el repliegue de estas aguas hacia la zona sur de la costa peruana (AYÓN et al. 1999). Asimismo se apreció parcial coincidencia en la presencia de los indicadores del fitoplancton y zooplancton desde 1994 hasta 2002. No es de extrañar que debido al corto tiempo de vida de las especies del fitoplancton, respecto al zooplancton, éstas no coexistan en algunas oportunidades.

La baja coocurrencia de indicadores fito y zooplanctónicos frente a Paita puede obedecer a que se trata de una zona que posee alta dinámica de masas de agua. Frente a San José es fácil observar una coincidencia respecto a la presencia de los indicadores de ACF de fitoplancton y zooplancton. Es interesante mencionar que cuando se registró la especie fitoplanctónica *G. polyedricum* también se hallaron especies zooplanctónicas de aguas cálidas asociadas a aguas de mezcla (ASS-ACF).

Los cambios ocurridos en el plancton por efecto de las alteraciones ambientales ocasionaron variaciones significativas en la composición específica así como en el ingreso de especies foráneas o 'raras'. En Paita durante el segundo pico EN 1997-98, la aparición de especies foráneas del fitoplancton fue frecuente. Las anomalías térmicas fueron acompañadas por la presencia de *Ceratium limulus*, mientras que en San José fue *Ceratium trichoceros* y *G. polyedricum*, especies propias de aguas cálidas. Este cambio en la composición fitoplanctónica se hizo más evidente en el incremento significativo de dinoflagelados, donde destacó *Pyrocystis lunula*, por su máxima frecuencia. Resultados similares fueron obtenidos por ROJAS DE MENDIOLA et al. (1985) y OCHOA & GÓMEZ (1997), quienes para EN 1982-83 mostraron la ampliación de la distribución de los dinoflagelados oceánicos de aguas cálidas en la zona costera, así como la drástica disminución de las diatomeas. Similar aumento de especies foráneas también fue observado en el zooplancton. Es conocido que ante la ocurrencia de eventos tipo EN se produce un decremento en los estadios larvarios meroplanctónicos propios de la zona costera y el incremento de especies de áreas oceánicas o ecuatoriales en los que los organismos carnívoros ocupan un lugar importante SANTANDER & CARRASCO (1985).

4.4. RESPUESTA DEL MACROBENTOS A LA VARIACIÓN OCEANOGRÁFICA Y A LAS CONDICIONES LOCALES

Como era de esperar, las comunidades del macrobentos no mostraron una variación estacional significativa. Los ciclos de vida del macrobentos son de orden anual, por lo que, si bien pueden responder rápidamente a las perturbaciones ambientales, una vez reclutadas nuevas especies, la resiliencia posterior de la comunidad es mayor. Es por ello que la variabilidad temporal está dominada por la señal interanual, conforme lo demuestran los datos analizados. Sin embargo, el comportamiento de las comunidades mostró un patrón distinto al experimentado por otras comunidades sublitorales de la costa central (TARAZONA et al. 1988, GUTIÉRREZ et al. 2002), donde el desarrollo de EN está asociado con aumentos tempranos significativos de abundancia, biomasa y diversidad. El comportamiento de las comunidades sublitorales de la costa central durante los eventos EN ha sido explicado en función al incremento de la concentración de oxígeno disuelto sobre fondos hipóxicos en intensidad y permanencia en condiciones "normales" (TARAZONA et al. 1988). Frente a Paita y San José el macrobentos experimentó una disminución significativa en sus valores globales de abundancia y diversidad durante EN (Figuras 27, 29, 31, 32). Además, mientras frente a Paita la reducción de los niveles de abundancia y diversidad ocurrió entre diciembre 1997 y marzo 1998, frente a San José empieza a darse desde abril de 1997, dos meses después del impacto de la onda Kelvin previa a EN.

Frente a Paita, la hipoxia severa ($<0,5 \text{ mL.L}^{-1}$) sobre el fondo tiende a ocurrir sólo de manera episódica. No obstante, la mayor disminución de la riqueza específica y de la abundancia durante el período estudiado, ocurrió a principio de 1995 a ambas profundidades y los niveles de riqueza determinados en el segundo semestre de 1994 no han sido recu-

perados posteriormente. La información disponible no presenta indicaciones claras de los posibles factores que incidieron en los cambios de estos parámetros. La Figura 42 muestra la variación, entre 1994 y 2001, del caudal del río Chira, que desemboca en la bahía de Paita (H. SCHNEIDER com. pers.), y se caracteriza por un aumento en los meses de verano y otoño. Debe advertirse que la abundancia macrofaunal dentro de la Bahía, a 35 m tendió a aumentar entre invierno y primavera de cada año, sugiriendo un reclutamiento anual. Entre enero y mayo de 1994 se registraron caudales moderados del río Chira ($140 - 385 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Puesto que las concentraciones de carbono orgánico en la Bahía son relativamente bajas, inferiores a 1% en promedio (F. VELAZCO com. pers.), es posible que un aporte moderado de sólidos suspendidos y nutrientes, con el aumento de la descarga en la primera mitad de 1994, haya favorecido localmente la disponibilidad de alimento particulado en el fondo, permitiendo sostener un buen reclutamiento de especies bentónicas en la bahía de Paita.

De ser cierta la regulación de la disponibilidad de alimento por el aporte fluvial, ella también explicaría la rápida disminución de la riqueza al reducirse el aporte de material particulado a fines de 1994. Sin embargo, aún se registraron valores intermedios de abundancia y biomasa hasta inicios de 1996, especialmente a 65 m. En este caso, es probable que uno o varios episodios intensos de hipoxia durante unos tres a cuatro meses desde fines de 1995 causarían la rápida disminución de todos los parámetros comunitarios (Figuras 5, 42).

En las dos estaciones de Paita, la reducción de los parámetros comunitarios durante el verano 1998 no parece estar relacionada con la oxigenación del fondo ni con el incremento de la temperatura, que ocurrió en el segundo semestre de 1997. En este caso el aumento del caudal en, al menos un orden de magnitud a partir de diciembre de 1997

(hasta $1862 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en abril 1998), pudo alterar físicamente el ambiente sedimentario (en su composición granulométrica), eliminando principalmente a especies suspensívoras o resuspensívoras y favoreciendo a los depositívoros subsuperficiales. Coincidentemente, la composición por grandes taxa se modificó significativamente en el mismo período, con la disminución porcentual de crustáceos (especialmente anfípodos, de hábito suspensivo o depositivo de interfase) y el aumento relativo de otros grupos, tales como Enteropneusta (depositívoros subsuperficiales) (Figuras 26, 28, 33, 34). Posteriormente, la presencia de caudales relativamente altos del río Chira ($>700 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) y eventos de hipoxia más frecuentes en los meses de verano (Figuras 5, 42), pueden haber limitado la recuperación de la macrofauna béntica al interior de la bahía (35 m) o fuera de ella (65 m), respectivamente.

Frente a San José, ocurren períodos anuales de hipoxia severa ($<0,5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$) sobre la plataforma continental interior. La variación temporal de los parámetros comunitarios evidencia una clara respuesta a EN 1997-98, que consistió en dos etapas. La primera (desde abril 1997 hasta marzo 1998) consistió en una disminución sostenida y significativa de abundancia, biomasa y riqueza específica. La segunda etapa (desde junio 1998 hasta setiembre 1998) consistió en una rápida recuperación de los niveles de abundancia y diversidad. Posteriormente los valores de abundancia y biomasa oscilaron en torno a los niveles promedio iniciales, mientras que la riqueza específica tendió a mantenerse estable sin llegar a los niveles promedio previos a EN 1997-98. La disminución de la abundancia estuvo sustentada por la reducción de las especies dominantes *Paraprionospio pinnata* y *Ampelisca* spp., ambas del gremio consumidores de interfase (GUTIÉRREZ et al. 2000). Una respuesta similar del mismo gremio fue observada en sedimentos de alta concentración de carbono orgánico frente a Concepción (36°S) y frente a Callao (12°S) en

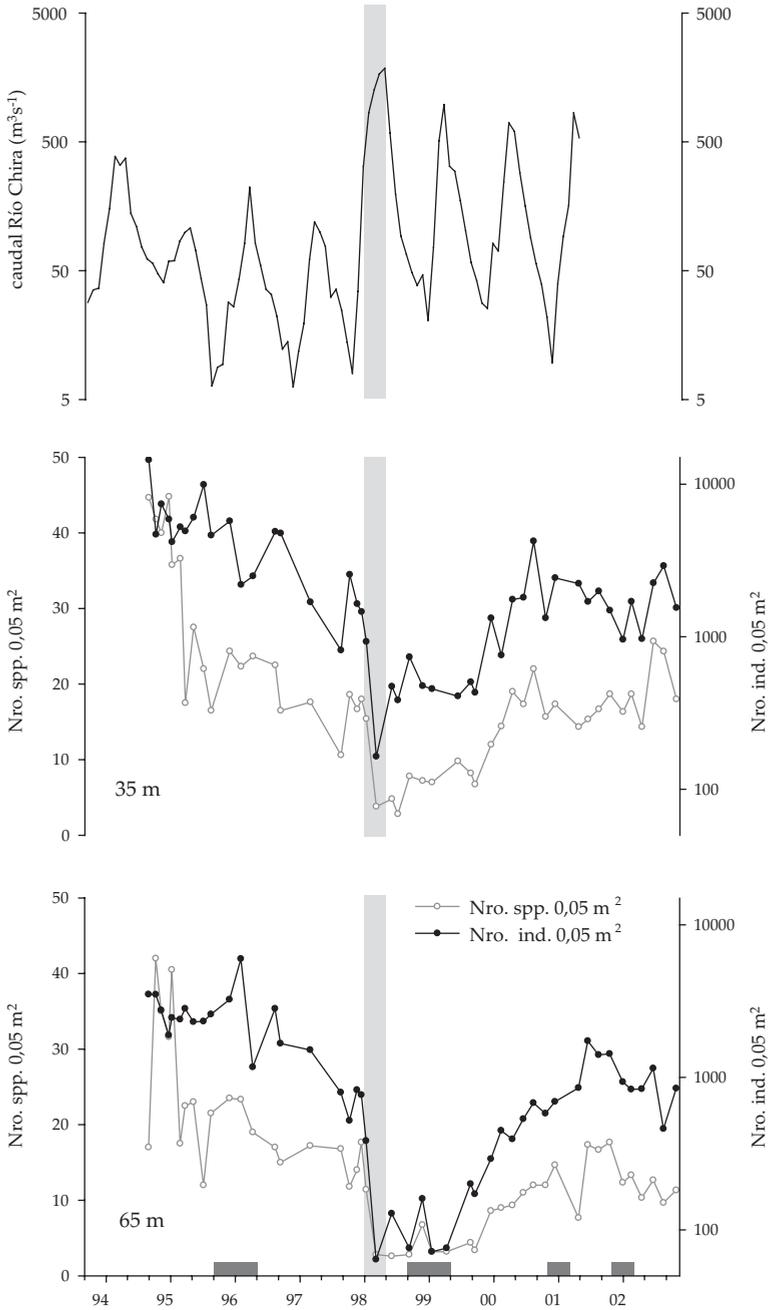


Figura 42. Valores mensuales de caudal del Río Chira en Puente Sullana y riqueza de especies y abundancia de la macrofauna frente a Paita (35 m, 65 m). El área sombreada en gris claro indica el período de máximo caudal durante EN 1997-98. Las áreas sombreadas en gris oscuro en la base indican la ocurrencia de episodio(s) de hipoxia en la capa subsuperficial (> 50 m) de la columna de agua.

el mismo período, coincidiendo con una reducción del flujo de materia orgánica de origen fitoplanctónico desde la columna de agua y una relajación de las condiciones reductoras en la interface sedimento/agua; en cambio se detectó un aumento relativo de los excavadores y depositívoros subsuperficiales (GUTIÉRREZ et al. 2000, 2002).

Los sedimentos frente a San José son arenosos y presentan concentraciones de carbono orgánico inferiores a 1% en promedio. Esto indicaría que los procesos erosivos son dominantes y además la fauna bentónica estaría limitada por la disponibilidad de alimento. Si bien en el presente informe no presentamos mediciones directas de biomasa fitoplanctónica o de producción primaria, la serie de datos oceanográficos muestran una profundización significativa de la oxiclina y de la termoclina durante EN 1997/98, por lo que es posible que la producción nueva se haya reducido significativamente. En tal caso, la reducción de la abundancia y de la biomasa del gremio consumidores de interfase, que domina la comunidad, probablemente obedeció a la disminución del flujo de materia orgánica particulada desde la columna de agua. Por otra parte el ambiente sedimentario no es favorable para la colonización de depositívoros subsuperficiales, por lo que estos organismos no aumentaron significativamente durante el evento. Además, la carencia de alimento pudo desfavorecer el asentamiento exitoso de nuevas especies, mientras que pudo afectar negativamente la supervivencia de las especies residentes, incidiendo en la reducción de la diversidad durante el evento. Consistentemente, la recuperación de la comunidad en la fase final de EN y meses posteriores coincidió con el rápido restablecimiento de la estructura vertical de la columna de agua que debió favorecer el aumento de la producción fitoplanctónica y el flujo de material particulado al bentos. Estos elementos sugieren entonces que el factor fundamental que explicaría la diferencia entre las respuestas de las comunidades macrobentó-

nicas de San José y las de la costa central (TARAZONA et al. 1988; GUTIÉRREZ et al. 2002), sería el ambiente sedimentario que propiciaría la limitación de las comunidades por alimento frente a San José.

Cabe resaltar que a nivel específico se presentan respuestas disímiles a la variabilidad de los factores abióticos. La Tabla 7 agrupa las especies más abundantes de cada estación costera según su respuesta a la variabilidad oceanográfica en los cuatro períodos de estudio definidos (pre-EN, EN, LN y post-LN). En general, la mayoría de especies mostró una reducción en sus poblaciones durante EN, muchas veces sin recuperarse durante LN. En el caso de Paita, las poblaciones de las especies más abundantes desaparecieron en el primer semestre de 1998, luego de las altas precipitaciones que se produjeron sobre la zona. Destaca que los anfípodos gamáridos, especialmente de la familia Ampeliscidae, responden negativamente en abundancia a EN en ambas las áreas costeras. En cambio, *P. pinnata* y *M. phyllisae* mostraron un comportamiento distinto frente a Paita (sus poblaciones no se redujeron con EN) y frente a San José (disminuyeron significativamente). Solamente algunas especies mostraron un incremento a partir de EN o luego de EN (*M. phyllisae* y Ophiuroidea en Paita; *Tellina* sp. frente a San José), mientras que el poliqueto *Cossura chilensis* frente a San José fue la única especie cuya variabilidad fue independiente de las fases de ENOS.

4.5. SUMARIO

Nuestro estudio muestra que la variabilidad oceanográfica frente a Paita y a San José presenta componentes a varias escalas temporales, moduladas por el ciclo ENOS, la propagación de ondas atrapadas a la costa y el afloramiento costero. Durante otoño/invierno tendieron a registrarse condiciones subsuperficiales más oxigenadas (una oxiclina más profunda), mientras que durante el verano las condiciones tendieron a ser menos oxige-

nadas (hipóxicas, una oxiclina más somera). La variación del régimen de oxígeno disuelto subsuperficial no responde al patrón estacional del afloramiento costero y más bien coincide con la dinámica esperada de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell.

El evento EN 1997-98 fue antecedido por el impacto de una onda Kelvin en febrero de 1997, provocando anomalías positivas de temperatura, profundización de la estructura vertical y presencia de algunos indicadores de masas de agua cálidas en el plancton entre febrero y abril de 1997. Estas condiciones, además de la intrusión de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), se mantuvieron o intensificaron durante EN propiamente dicho. El evento LN 1998-99 se caracterizó por la ausencia de masas de agua cálidas cerca de la costa y la dominancia de aguas costeras frías, por la no propagación de ondas Kelvin, por la posición somera de aguas frías y pobres en oxígeno, así como por la hegemonía de indicadores planctónicos de aguas costeras frías.

Se determinaron los nichos térmicos y salinos de las siguientes especies planctónicas registradas como indicadoras de masas de agua: *Protopteridinium obtusum*, *Centropages brachiatatus* y *Eucalanus inermis* (Aguas Costeras Frías, ACF), *Ceratium breve* y *Centropages furcatus* (Aguas Ecuatoriales Superficiales, AES), *Ceratium praelongum* y *Mecynocera clausi* (Aguas Subtropicales Superficiales, ASS), entre otras. Durante el evento EN 1997-98, los cambios en la composición de las comunidades planctónicas fueron más significativos frente a San José que frente a Paita. Los indicadores biológicos de ACF estuvieron presentes en la mayoría del estudio excepto durante EN 1997-98, etapa en la cual el dinoflagelado *Goniodoma polyedricum* alcanzó su mayor frecuencia en San José. Este organismo puede considerarse como una especie de aviso temprano de EN. El copépodo *Centropages furcatus* (AES) incrementó su abundancia durante este evento frente a Paita

y además fue detectado frente a San José. Durante EN 1997-98 se evidenciaron cambios en la composición específica del plancton, reportándose un incremento en la riqueza de especies. La biomasa fitoplanctónica y zooplanctónica tendieron a mostrar una relación directa bajo condiciones neutras del ENOS; sin embargo, al ocurrir variaciones ambientales (El Niño (EN) y la Niña (LN)) presentaron una tendencia contraria.

Las comunidades del macrobentos fueron afectadas negativamente por EN 1997-98 en ambas áreas costeras. Frente a Paita, probablemente producto de la alteración de las condiciones sedimentarias por la alta descarga del río Chira, y frente a San José posiblemente como resultado de la disminución de la producción primaria y del flujo de alimento particulado al bentos. Los anfípodos gamáridos, especialmente de la familia Ampeliscidae, mostraron la respuesta más consistente a la variabilidad ambiental, al disminuir significativamente sus poblaciones durante EN 1997-98 en ambas áreas costeras. Sin embargo, la riqueza y la abundancia de las comunidades sublitorales de Paita mostraron una variabilidad más allá de la señal ENOS, probablemente como resultado de la interacción de la dinámica del aporte de sedimentos a la Bahía por el Río Chira y de la ocurrencia de episodios de hipoxia estacional durante el verano.

5. CONCLUSIONES GENERALES

El monitoreo biooceanográfico ha permitido describir hasta tres escalas temporales de variabilidad oceanográfica (intraestacional, estacional e interanual), cómo se expresan en la capa superficial y en la capa subsuperficial y cómo cada una de las escalas desencadena respuestas de los ensambles biológicos, que a su vez se expresan en escalas temporales diferenciadas. En términos de bioindicadores de masas de agua, este trabajo muestra que el microfitoplancton es el ensamble más sensi-

ble a los cambios de corta duración en la distribución de las masas de agua, mientras que el mesozooplankton, por la mayor duración de su ciclo vital, puede permanecer por semanas a meses, en ciertas áreas, como memoria o registro de una perturbación anterior de las condiciones oceanográficas, aunque éstas hayan variado nuevamente. La macrofauna béntica en cambio, debido a la duración de su ciclo vital, no puede variar a la misma frecuencia que el plancton, sino solamente a escala interanual.

En este marco, nuestra hipótesis resulta válida en relación a las respuestas de los ensamblajes biológicos a EN 1997-98, a través de cambios de riqueza específica (aumentando en el plancton y disminuyendo en el bentos). La importancia del factor local fue más evidente en Paita, donde a la dinámica más compleja de las masas de agua por la ubicación geográfica, se suma la variabilidad del caudal del río Chira, afectando eventualmente la salinidad y el transporte de sedimentos a la Bahía. Coincidentemente, en esta área el volumen de plancton presentó mayores fluctuaciones y la variabilidad del macrobentos también se expresó en una escala independiente del ciclo ENOS.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los valiosos comentarios y correcciones del Biólogo M.Sc. LEONARDO ROMERO, Profesor de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este trabajo resulta del Programa de 'Estaciones Fijas Costeras' del IMARPE que tuvo su origen en 1994, a partir de un convenio entre el IMARPE y el Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) de Alemania, dirigido al monitoreo biooceanográfico de estaciones fijas constituidas en perfiles frente a Paita (05°00'S)

y San José (06°55'S). Posteriormente, de 1998 a 1999 este proyecto fue ejecutado por el IMARPE con fondos propios, y a partir del 2000 continuó como parte del proyecto "Mejoramiento de la Capacidad de Pronóstico y Evaluación de EN para la Prevención y Mitigación de Desastres en el Perú", dentro de la actividad Indicadores del Plancton y Bentos. Sirva nuestro reconocimiento a todas estas fuentes de financiamiento.

Agradecemos a la Bióloga SOLEDAD GUZMÁN, Jefa de la Unidad de Oceanografía Biológica, quien estuvo a cargo de la ejecución y coordinación de los muestreos de las Estaciones Costeras Fijas. También presentamos nuestro agradecimiento a los científicos, técnicos y tesisistas de los Laboratorios de Fitoplancton, Zooplancton y Bentos que colaboraron directa o indirectamente. Extendemos los agradecimientos a los investigadores de las Unidades de Oceanografía Física y Oceanografía Química y Geológica que compartieron generosamente la información colectada en el campo. Asimismo, agradecemos a los Directores, personal científico y técnico de los laboratorios Costeros del IMARPE de Paita y San José. El Dr. WILMER CARBAJAL VILLALTA colaboró con la interpretación de parte de nuestros resultados, al proporcionarnos los datos de vientos de San José. El Dr. HEINZ SCHNEIDER (Institute of Geological Sciences, University of Bern) colaboró desinteresadamente con datos de caudales del río Chira. Igualmente, la Oceanógrafa CARMEN GRADOS colaboró valiosamente al proporcionarnos definiciones actualizadas de las principales masas de agua. Finalmente, agradecemos a la Blga. SULMA CARRASCO, promotora y ejecutora del Proyecto de Cooperación entre AWI e IMARPE, que dio origen al inicio de la base de datos de las estaciones costeras permitiendo el análisis retrospectivo.

7. REFERENCIAS

- ABANTO M. 2001. Composición, distribución y abundancia de copépodos planctónicos marinos en la Costa Norte – Centro (003°30'S – 14°00'S) frente al Litoral Peruano entre los años 1980 y 1989. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología UN Federico Villarreal. 72 pp.
- ALAMO V, VALDIVIESO V. 1997. Lista Sistemática de moluscos marinos del Perú. Public. Esp. Inst. Mar Perú. Segunda edición. 183 pp.
- ANTONIETTI E, VILLANUEVA P, DELGADO E, CHANG F. 1993. Dinoflagelados indicadores de El Niño 1991-92. Boletín ERFEN (N° 32-33): 20-24.
- ARONÉS K. 1997. Distribución horizontal de los Amphipoda (Crustacea) en el mar peruano durante el Fenómeno El Niño. Verano 1983. Tesis para Licenciado en Biología UPRicardo Palma. 118 pp.
- ARONÉS K, AYÓN P. 2002. Effects of El Niño 1997-1998 on Copepod Community Structure at San José Coastal Station (Perú). Investigaciones Marinas 30(1):104-105.
- ARNTZ W, FAHRBACH YE. 1996. El Niño: experimento climático de la naturaleza. Causas físicas y efectos biológicos. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- AYÓN P, GIRÓN M. 1997. Composición y Distribución del Zooplancton e Ictioplancton frente a la Costa Peruana durante febrero a abril 1997. Inf. Inst. Mar Perú 127: 49-55.
- AYÓN P, ARONÉS K, ZÁRATE M. 1999. Variaciones en el comportamiento del copépodo calanoideo *Centropages brachiatus* (Dana, 1849), frente a la costa peruana durante el Evento El Niño 97-98. In: A. Tresierra y Z. Culquichicón (eds.). Libro de resúmenes Ampliados, Tomo II. VI Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar (COLACMAR), 17-21 de octubre 1999. Perú.
- BAKUN A, MENDELSSOHN R. 1989. Alongshore wind stress, 1953-1984.: correction, reconciliation and update through 1986. En: Pauly, D., P. Muck, J. Mendo & I. Tsukayama (eds.). The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings 18: 77-81.
- BALECH E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Public. Espec. Inst. Español de Oceanog. España. 310 p.
- BALECH E, FERRANDO HJ. 1964. Fitoplancton marino. Ed. Universal Buenos Aires, EUDEBA. 147 pp.
- BLANCO JL, THOMAS A, CARR ME, STRUB T. 2001. Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region of northern Chile. J. Geophys. Res., 106 (C6): 11451-11467.
- BOSCHI EE. 1981. Larvas de Crustacea decápoda. En "Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino" (D. Boltovskoy, Ed.), Public. Esp. Inst. Nac. Inv. Desarrollo Pesq., Mar del Plata: 699-757.
- BOUILLON J. 1999. Hydromedusae. In "South Atlantic Zooplankton" (D. Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 1:385-465.
- BOWMAN TE, GRUNER HE. 1973. The families and genera of Hyperiididae (Crustacea: Amphipoda). Smithsonian Contrib. Zool., 146:1-64.
- BRADFORD-GRIEVE J, MARKHASEVA E, ROCHA C, ABIAHY B. 1999. Copepods. In "South Atlantic Zooplankton" (D. Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 2:869-1098.
- CARRASCO S. 1993. Ictioplancton como indicadores de El Niño. Boletín ERFEN (N°32-33): 12-19.
- CARRASCO S, LOZANO O. 1989. Seasonal and Long-term Variatons of Zooplancton Volumes in the Peruvian Sea 1964-1987. En: Pauly D, Muck P, Mendo J, Tsukayama I (eds.). The Peruvian Upwelling Ecosystem: Dinamics and Interactions. ICLARM Conference Proceedings 18: 82-85.
- CARRIT D, CARPENTER J. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. J. Mar. Res 24: 286-318.
- CHÁVEZ F, RYAN J, LLUCH-COTA S, NÍQUEN M. 2003. From anchovies to sardines and back; climate, fish, ocean productivity, and atmospheric carbon dioxide. Science, 299:217-221
- CHEN F, MARCUS NH. 1977. Subitaneous, diapause, and dilayed – hatching egg of planktonic copepods from the northern. Gulf of Mexico :Morphology and hatching sucess. Marine Biology 127: 587-598.
- CHIRICHIGNO N. 1970. Lista de Crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda). Inf. Inst. Mar Perú. 35, 95 pp.

- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 5: 1-237.
- EINARSSON H, ROJAS DE MENDIOLA B. 1963. Descripción de huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). Bol. Inst. Invest. Recurs. Mar., Callao, 1 (1): 1-23.
- ENFIELD D. 1974. Oceanografía de la región norte del frente ecuatorial: aspectos físicos. Grupo de trabajo sobre el Fenómeno El Niño, Guayaquil-Ecuador.
- FAUCHALD K. 1977. The Polychaete worms. Definitions and keys to the order, families and genera. University of Southern California. Science Series 28: 1-188.
- GRAHAM HW. 1942. Studies on the morphology, taxonomy and ecology of the peridinales. Carnegie Ins. Wash. Publ. 542: 1-29.
- GRAHAM HW, BRONIKOVSKY N. 1944. The genus *Ceratum* in the Pacific and North Atlantic Oceans. Carnegie Ins. Wash publ. 565: 1-208.
- GURNEY R. 1942. The larvae of decapod Crustacea. Ray. Soc. Publ., London, pp. 1-306.
- GUTIÉRREZ D, AYÓN P, VILLANUEVA P, VÁSQUEZ L, FLORES G. 1995. Informe Monitoreo Bio-oceanográfico del Fenómeno El Niño en áreas seleccionadas Paita (05°01'S) y San José (06°50'S) 1994. Convenio AWI – IMARPE.
- GUTIÉRREZ D, GALLARDO VA, MAYOR S, NEIRA C, VÁSQUEZ C, SELLANES J, RIVAS M, SOTO A, CARRASCO F, BALTASAR M. 2000. Effects of dissolved oxygen and fresh organic matter on the bioturbation potential of macrofauna in sublittoral sediments off central Chile, during the 1997-98 El Niño. Marine Ecology Progress Series, 202:81-99
- GUTIÉRREZ D, GALLARDO VA, LEVIN L, QUIPÚZCOA L, SOLÍS J. 2002. Biomass and bioturbation responses of macrobenthos during El Niño 1997-1998 in continental margin sediments off the Southeastern Pacific. In: S. Salinas, H.J. Urban & W.E. Arntz (eds.) Extended abstracts of the El Niño Symposium and Workshop. Impacts of El Niño and basin-scale climate change on ecosystems and living marine resources. Viña del Mar, Chile, 2002.
- HASLE GR, SYVERTSEN EE. 1996. Marine Diatoms. En: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Chapter 2. Academic Press, Inc. 5-385 pp.
- HENDEY I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). Her Majesty's Stationery Office, London: 317 pp.
- HOBSON KD, BANSE K. 1981. Sedentary and archannelid polychaetes of British Columbia and Washington. Bull. Fish. Aquat. Sci. 209: 1-144.
- HUSTEDT F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed). Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971: 920 pp.
- ICOCHEA L, ROJAS E. 2001. La Corriente Cromwell y sus variaciones en los 0°N, 110°W. En: M Espino, M Samamé, R Castillo (eds.) Forum Inst. Mar Perú: La merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*): biología y pesquería. Documento de trabajo: 20-28.
- IMARPE. 1998. Memoria Anual 1996. III: Investigaciones Oceanográficas: 30-33.
- KEEN M. 1971. Sea shells of tropical west América, Marine mollusks from Baja California to Perú. Second Ed Standford Univ. Press. California.
- LICEA S, MORENO L, SANTOYO H. 1995. Dinoflagelados del golfo de California. Universidad Autónoma de baja California Sur. SEP-FOMES, PROMARCO, México, 165 pp.
- LICEA S, MORENO L, SANTOYO H. 1996. Diatomeas del golfo de California. Universidad Autónoma de baja California Sur. SEP-FOMES, PROMARCO, México, 272 pp y 34 láminas.
- LÓPEZ E, SERNA JA. 1999. Variación estacional del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. Rev. Biol.trop. 47(4).
- MCPHADEN MJ. 1999. Genesis and evolution of the 1997-98 El Niño. Science 238, 950-954.
- NIXON S, THOMAS A. 2001. On the size of the Peru upwelling ecosystem. Deep-Sea Res. I, 48: 2521-2528.
- OCHOA N, GÓMEZ O. 1997. Dinoflagelados del mar peruano como indicadores de masas de agua durante los años 1982 a 1985. Bol. Inst. Mar Perú. 16 (2): 1-60.

- OCHOA N, ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O. 1985. Identificación de fenómeno "El Niño" a través de los organismos fitoplanctónicos. En: Arntz W, Landa A. y Tarazona J. (eds), El Niño y su impacto en la Fauna Marina. Bol. Inst. Mar Perú Vol. Ext.: 23-31.
- ONBÉ T. 1999. Ctenopoda and Onychopoda (Cladocera). In South Atlantic Zooplankton I (D. Boltovskoy, ed.) Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 797-813.
- PIZARRO O, SHAFFER G, DEWITTE B, RAMOS M. 2002. Dynamics of seasonal and interannual variability of the Peru-Chile undercurrent. Geophys. Res. Lett., 29(12), 1581, doi:10.1029/2002GL014790, 2002.
- POHLE G, MANTELATTO F, NEGREIROS-FRANSOZO M, FRANSOZO A. 1999. Larval Decapoda. In "South Atlantic Zooplankton" (D. Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 2: 1281-1351.
- PUGH PR. 1999. Siphonophorae. In South Atlantic Zooplankton I (D. Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands: 467-511.
- ROBERTSON A. 1970. An improved apparatus for determining plankton volume. Fish. Bull. S. Africa. 6(1): 23-26.
- ROJAS DE MENDIOLA B, OCHOA N, GÓMEZ O. 1981. Los dinoflagelados como indicadores biológicos de masas de agua, fenómeno El Niño 1972. Mem. Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plancton. Inst. Mar Perú, UNESCO: 54 - 73.
- ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O, OCHOA N. 1985. Efectos del Fenómeno El Niño sobre el fitoplancton. En: Arntz W., Landa A. y Tarazona J. (eds). El Niño y su impacto en la Fauna Marina. Bol. Inst. Mar Perú Vol. Ext.: 33-40 p.
- SÁNCHEZ S. 2000. Variación estacional e interanual de la biomasa fitoplanctónica y concentraciones de clorofila "a", frente a la costa peruana durante 1976 - 2000. Bol. Inst. Mar Perú 19: 29-43.
- SÁNCHEZ G, CALIENES R, ZUTA S. 2000. The 1997-98 El Niño and its effects on the coastal marine ecosystem off Peru. CALCOFI Rep. 41: 62-86.
- SANDOVAL DE CASTILLO O. 1979. Distribución y variación estacional de larvas de peces en la costa peruana. Inf. Inst. Mar Perú. 63. 69 pp.
- SANTANDER H, CARRASCO S. 1985. Cambios en el Zooplancton durante el Niño 1982-1983 en el área de Chimbote. Anales I Congreso Nacional de Biología Pesquera (28 junio-01 julio, 1984). Ecología y Contaminación Acuática. Editor: Alvaro Tresierra Aguilar. P201-201-206.
- SANTANDER H, SANDOVAL DE CASTILLO O. 1981. Algunos indicadores biológicos del ictioplancton. En: Memorias, Seminario sobre indicadores biológicos del ictioplancton (8-11 Setiembre 1980): 89-103.
- SCHILLER J. 1971a. Dinoflagellate (Peridinae) in monographischer Behandlung. 2 Teil. En: L. Rabenhorst (ed). Kriptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, 1971, Vol. 10 Section 3, Part 1: 617 pp.
- SCHILLER J. 1971b. Dinoflagellate (Peridinae) in monographischer Behandlung. 2 Teil. En: L. Rabenhorst (ed). Kriptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, 1971, Vol. 10 Section 3, Part 2: 589 pp.
- SHAFFER G, HORMAZÁBAL S, PIZARRO O, SALINAS S. 1999. Seasonal and interannual variability of currents and temperature off central Chile. J. Geophys. Res., 104 (C12): 29251-29961.
- SILVA N, KONOW D. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill, Crucero 3-4, julio-agosto 1974. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, 3:63-75.
- SMITH R. 1978. Poleward propagating perturbations in currents and sea levels along the Peru coast. J. Geophys. Res., 83: 6083-6092.
- SOURNIA A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. En: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Chapter 2. Academic Press, Inc. 387- 570 pp.
- STRUB PT, MESÍAS JM, MONTECINO V, RUTLLANT J, SALINAS S. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. In: Robinson, A.R. & K.H. Brink (eds). The global coastal ocean. The Sea, Vol. 11. Interscience, New York: 273-313.

- SUNDSTRÖM B. 1986. The Marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Tesis Doctoral, Universidad de Lund, Suecia: 196 pp.
- TARAZONA J, SALZWEDEL H, ARNTZ WE. 1988. Positive effects of "El Niño" on macrozoobenthos inhabiting hypoxic areas of Peruvian upwelling system. *Oecologia*, 76:184-190.
- ULLOA O, ESCRIBANO R, HORMAZÁBAL S, QUIÑONES R, GONZÁLEZ R, RAMOS M. 2001. Evolution and biological effects of the 1997-98 El Niño in the upwelling ecosystem of northern Chile. *Geophysical Research Letters*, 28 :1591-1594.
- VÁSQUEZ L., SÁNCHEZ G, GRADOS C, HUARINGA E, FLORES G. 2000. Condiciones Oceanográficas durante los Períodos Cálidos y Fríos de las Décadas de 1980 y 1990. Taller Internacional sobre la Anchoqueta Peruana (TIAP). IMARPE (Informe Interno, sin publicar).
- VÉLIZ M. 1981. Sifonóforos como posibles indicadores biológicos. En: Memorias del Seminario sobre indicadores biológicos del plancton. IMARPE, Callao 8-11 Setiembre 1980. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y El Caribe. UNESCO. Montevideo. 104-116.
- VILLANUEVA P. 1997. Caracterización del Area Costera de Tumbes por organismos del Fitoplancton durante 1990-1991. Tesis para Licenciado en Biología. UP Ricardo Palma 84 pp.
- WATSON W, SANDKNOP EM. 1996a. Clupeidae. In: CALCOFI Atlas N°3 (Moser, Ed.): 159-172.
- WATSON W, SANDKNOP.EM 1996b. Engraulidae. In: CALCOFI Atlas N°3 (Moser, Ed.): 173-183.
- ZUTA S, GUILLÉN O. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú*. 2(5):157-324.
- ZUTA S, ENFIELD D, VALDIVIA J, LAGOS P, BLANDIN C. 1976. Aspectos Físicos del Fenómeno El Niño 1972-1973. Actas de la Reunión de Trabajo sobre el fenómeno El Niño. Guayaquil, Ecuador, 4-12 diciembre 1974. FAO Inf. Pesca (185): 3-61.
- ZUTA S. 1988. Variations of the mass field and currents off the Peru coast. Time Series of Ocean Measurements, Volume 4. IOC Tech. Ser. 33.

8. ANEXOS

ANEXO 1. Frecuencia de las especies de microfitorplancton frente a Paita (1994 - 2002).

Período	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN
N° de observaciones	16	7	5	15
Riqueza de especies				
Total	164	136	71	152
Diatomeas	81	70	48	83
Dinoflagelados	80	64	22	65
Silicoflagelados	2	2	1	3
DIATOMEAS	%	%	%	%
1 <i>Achnanthes longipes</i>	0	0	0	13
2 <i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	20	7
3 <i>Asterionellopsis glacialis</i>	6	0	20	7
4 <i>Asteromphalus heptactis</i>	13	14	0	20
5 <i>Asteromphalus robustus</i>	0	14	0	13
6 <i>Bacteriastrium delicatulum</i>	6	0	0	0
7 <i>Bacteriastrium hyalinum</i>	0	14	20	7
8 <i>Biddulphia alternans</i>	6	0	0	13
9 <i>Cerataulina pelagica</i>	31	29	20	13
10 <i>Chaetoceros affinis</i>	13	57	20	13
11 <i>Chaetoceros atlanticus</i>	6	0	0	60
12 <i>Chaetoceros brevis</i>	0	29	0	0
13 <i>Chaetoceros coarctatus</i>	19	57	0	0
14 <i>Chaetoceros compressus</i>	25	14	20	7
15 <i>Chaetoceros concavicornis</i>	0	0	0	33
16 <i>Chaetoceros constrictus</i>	6	0	20	0
17 <i>Chaetoceros costatus</i>	6	0	0	27
18 <i>Chaetoceros curvoisetus</i>	25	43	40	0
19 <i>Chaetoceros danicus</i>	0	0	0	0
20 <i>Chaetoceros debilis</i>	44	0	0	40
21 <i>Chaetoceros decipiens</i>	6	14	20	0
22 <i>Chaetoceros didymus</i>	44	71	0	27
23 <i>Chaetoceros diversus</i>	0	14	0	0
24 <i>Chaetoceros eibonii</i>	0	0	20	20
25 <i>Chaetoceros laevis</i>	0	14	0	0
26 <i>Chaetoceros lauderi</i>	25	0	0	0
27 <i>Chaetoceros lorenzianus</i>	56	43	0	0
28 <i>Chaetoceros pendulus</i>	6	14	0	33
29 <i>Chaetoceros peruvianus</i>	6	14	20	53
30 <i>Chaetoceros pseudocurvoisetus</i>	13	43	0	7
31 <i>Chaetoceros radicans</i>	0	0	0	13
32 <i>Chaetoceros socialis</i>	31	29	0	7
33 <i>Chaetoceros</i> sp.	6	29	0	27
34 <i>Climacodium frauenfeldianum</i>	0	0	0	7
35 <i>Corethron hystrix</i>	13	29	0	0
36 <i>Coscinodiscus centralis</i>	13	0	0	7
37 <i>Coscinodiscus concinnus</i>	0	0	0	7
38 <i>Coscinodiscus granii</i>	44	71	20	13
39 <i>Coscinodiscus perforatus</i>	63	57	40	0
40 <i>Coscinodiscus radiatus</i>	6	0	0	27
41 <i>Coscinodiscus wailesii</i>	50	71	60	87
42 <i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	20	0
43 <i>Cyclotella</i> sp.	6	0	0	27
44 <i>Cylindrotheca closterium</i>	56	29	20	0
45 <i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	6	0	0	0
46 <i>Detonula confervacea</i>	50	57	20	7
47 <i>Detonula pumila</i>	63	29	40	7
48 <i>Ditylum brightwellii</i>	44	71	20	47
49 <i>Ethmodiscus gazellae</i>	0	0	20	27
50 <i>Eucampia cornuta</i>	19	14	0	67
51 <i>Eucampia zoodiacus</i>	56	29	20	7
52 <i>Fragilariopsis doliulus</i>	6	0	0	7

Período	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN
53 <i>Grammatophora angulosa</i>	0	0	60	47
54 <i>Grammatophora marina</i>	6	14	0	13
55 <i>Guinardia delicatula</i>	0	14	40	0
56 <i>Guinardia flaccida</i>	63	57	0	7
57 <i>Guinardia striata</i>	44	71	20	33
58 <i>Gyrosigma</i> sp.	13	0	0	20
59 <i>Helicotheca tamesis</i>	25	29	20	33
60 <i>Hemiaulus hauckii</i>	0	0	0	33
61 <i>Hemiaulus membranaceus</i>	13	43	0	20
62 <i>Hemiaulus sinensis</i>	6	43	0	20
63 <i>Hemidiscus cuneiformis</i>	6	14	0	7
64 <i>Lauderia annulata</i>	44	29	20	7
65 <i>Leptocylindrus danicus</i>	13	0	20	7
66 <i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	6	14	0	20
67 <i>Licnophora abbreviata</i>	25	0	20	13
68 <i>Lioloma delicatulum</i>	6	43	0	0
69 <i>Lioloma pacificum</i>	31	43	0	33
70 <i>Lithodesmium undulatum</i>	63	43	40	0
71 <i>Melosira moniliformis</i>	0	0	0	13
72 <i>Melosira sulcata</i>	0	0	20	40
73 <i>Navicula</i> sp.	25	14	20	0
74 <i>Odontella longicurris</i>	0	14	20	0
75 <i>Odontella mobiliensis</i>	0	14	0	0
76 <i>Odontella sinensis</i>	0	43	0	0
77 <i>Planktoniella sol</i>	50	43	20	0
78 <i>Pleurosigma</i> sp.	19	0	20	0
79 <i>Proboscia alata</i> f. <i>gracillima</i>	38	29	0	20
80 <i>Proboscia alata</i> f. <i>indica</i>	19	14	0	20
81 <i>Proboscia alata</i>	13	43	0	13
82 <i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i>	0	0	0	33
83 <i>Pseudo-nitzschia lineola</i>	0	0	0	7
84 <i>Pseudo-nitzschia pacifica</i>	0	0	20	13
85 <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	38	57	40	7
86 <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	38	43	0	13
87 <i>Rhizosolenia acuminata</i>	19	14	20	20
88 <i>Rhizosolenia bergonii</i>	25	57	0	33
89 <i>Rhizosolenia castracanei</i>	0	0	0	7
90 <i>Rhizosolenia chunii</i>	44	0	20	27
91 <i>Rhizosolenia formosa</i>	13	14	0	20
92 <i>Rhizosolenia hyalina</i>	6	57	20	7
93 <i>Rhizosolenia imbricata</i>	25	43	0	13
94 <i>Rhizosolenia polydactyla</i>	0	14	0	13
95 <i>Rhizosolenia pungens</i>	19	43	20	0
96 <i>Rhizosolenia robusta</i>	63	43	20	0
97 <i>Rhizosolenia styliformis</i>	38	100	0	40
98 <i>Rhizosolenia temperei</i>	0	0	20	20
99 <i>Skeletonema costatum</i>	19	29	0	20
100 <i>Stephanopyxis palmeriana</i>	0	0	0	7
101 <i>Stephanopyxis turris</i>	56	71	0	0
102 <i>Thalassionema bacillare</i>	6	43	20	20
103 <i>Thalassionema frauenfeldii</i>	44	29	20	27
104 <i>Thalassionema nitzschioides</i>	56	57	60	27
105 <i>Thalassiosira angulata</i>	19	0	0	0
106 <i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	0	0	0	7
107 <i>Thalassiosira mendiolana</i>	0	0	20	7
108 <i>Thalassiosira parthenica</i>	6	14	0	60
109 <i>Thalassiosira rotula</i>	13	0	40	40
110 <i>Thalassiosira subtilis</i>	19	14	20	7
111 <i>Thalassiosira</i> sp.	13	14	0	0
112 <i>Thalassiothrix longissima</i>	6	0	0	0

Periodo	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN
DINOFLAGELADOS	%	%	%	%
1 <i>Alexandrium monilatum</i>	6	0 ⁰	0 ⁰	27 ⁰
2 <i>Amphisolenia bidentata</i>	0 ⁰	57	0	40
3 <i>Amphisolenia bispinosa</i>	0	29	20	20
4 <i>Amphisolenia complanata</i>	0	0	20	0
5 <i>Ceratium azoricum</i>	50	14	0	0
6 <i>Ceratium breve</i> var. <i>parallelum</i>	25	43	0	0
7 <i>Ceratium breve</i> var. <i>schmidtii</i>	13	0	0	0
8 <i>Ceratium buceros</i>	19	0	0	0
9 <i>Ceratium candelabrum</i>	50	57	20	27
10 <i>Ceratium carnegiei</i>	0	0	0	20
11 <i>Ceratium carriense</i> var. <i>volans</i>	0	29	20	20
12 <i>Ceratium concilians</i>	0	29	0	13
13 <i>Ceratium contortum</i> var. <i>karstenii</i>	19	29	0	0
14 <i>Ceratium declinatum</i>	0	0	0	7
15 <i>Ceratium dens</i>	6	57	0	0
16 <i>Ceratium digitatum</i>	0	0	0	13
17 <i>Ceratium extensum</i>	0	29	0	0
18 <i>Ceratium falcatifforme</i>	19	29	20	73
19 <i>Ceratium falcatum</i>	0	14	0	0
20 <i>Ceratium furca</i>	75	86	20	13
21 <i>Ceratium fusus</i>	38	14	20	0
22 <i>Ceratium fusus</i> var. <i>fuscus</i>	13	0	0	7
23 <i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i>	31	43	0	0
24 <i>Ceratium gibberum</i> var. <i>dispar</i>	13	14	40	60
25 <i>Ceratium gibberum</i> var. <i>subaquale</i>	19	14	0	13
26 <i>Ceratium gravidum</i>	6	0	0	33
27 <i>Ceratium gravidum</i> var. <i>elongatum</i>	13	29	0	7
28 <i>Ceratium hexacanthum</i> var. <i>contortum</i>	31	29	0	20
29 <i>Ceratium incisum</i>	0	14	0	0
30 <i>Ceratium inflatum</i>	19	14	0	7
31 <i>Ceratium kofoidii</i>	6	14	0	0
32 <i>Ceratium limulus</i>	6	0	0	0
33 <i>Ceratium longirostrum</i>	0	29	0	7
34 <i>Ceratium lunula</i>	31	29	0	0 ⁰
35 ⁰ <i>Ceratium massiliense</i>	75	57	0	7
36 ⁰ <i>Ceratium paradoxides</i>	6	14	0	0
37 ⁰ <i>Ceratium pentagonum</i>	13	29	0	0
38 ⁰ <i>Ceratium platycorne</i>	0	0	0	13
39 ⁰ <i>Ceratium praelongum</i>	13	14	0	7
40 ⁰ <i>Ceratium ranipes</i>	13	14	0	33
41 ⁰ <i>Ceratium strictum</i>	13	29	0	0
42 ⁰ <i>Ceratium trichoceros</i>	56	71	20	7
43 ⁰ <i>Ceratium tripos atlanticus</i>	6	0	0	20
44 ⁰ <i>Ceratium tripos</i> f. c. c.	44	0	20	13
45 ⁰ <i>Ceratium tripos</i>	81	29	20	0
46 ⁰ <i>Ceratium cultur</i>	31	0	0	0
47 ⁰ <i>Ceratocorys armata</i>	6	0	0	0
48 ⁰ <i>Ceratocorys horrida</i>	6	14	0	27
49 ⁰ <i>Ceratocorys reticulata</i>	0	14	0	0
50 ⁰ <i>Dinophysis acuminata</i>	31	0	0	13
51 ⁰ <i>Dinophysis caudata</i>	44	43	20	47
52 ⁰ <i>Dinophysis cuneus</i>	13	14	0	7
53 ⁰ <i>Dinophysis doryphorum</i>	6	14	0	0
54 ⁰ <i>Dinophysis favus</i>	6	0	0	0
55 <i>Dinophysis hastata</i>	0	0 ⁰	0	13 ⁰
56 ⁰ <i>Dinophysis mitra</i>	6	0	0	0
57 ⁰ <i>Dinophysis ovum</i>	0	0	0	27
58 ⁰ <i>Dinophysis tripos</i>	25	0	0	20
59 ⁰ <i>Diplopelta asymmetrica</i>	94	57	20	0

Periodo	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN
DINOFLAGELADOS	%	%	%	%
60 ⁰ <i>Diplopelta steinii</i>	0 ⁰	43 ⁰	20 ⁰	0 ⁰
61 ⁰ <i>Dissodinium elegans</i>	6	0	0	0
62 ⁰ <i>Goniadoma polyedricum</i>	31	57	0	7
63 ⁰ <i>Gonyaulax fusiformis</i>	0	0	0	33
64 ⁰ <i>Gonyaulax monacantha</i>	0	0	0	7
65 ⁰ <i>Gonyaulax polygramma</i>	13	0	0	0
66 ⁰ <i>Gonyaulax spinifera</i> ↗	6 ⁰	0	0	20 ⁰
67 ⁰ <i>Gymnodinium sanguineum</i>	0 ⁰	0	0 ⁰	7
68 ⁰ <i>Lingulodinium polyedra</i> ↗	6	0 ⁰	0	13 ⁰
69 ⁰ <i>Noctiluca scintillans</i>	19	14	0	7
70 ⁰ <i>Ornithocercus magnificus</i>	13	43	0	7
71 ⁰ <i>Ornithocercus thumii</i>	6	0	0	7
72 ⁰ <i>Oxytoxum gigas</i>	0	0	0	13
73 ⁰ <i>Podolampas bipes</i>	0	43	0	0
74 ⁰ <i>Prorocentrum pelagica</i>	0	0	0	7
75 ⁰ <i>Prorocentrum arcuatum</i>	13	0	0	0
76 ⁰ <i>Prorocentrum micans</i>	13	14	0	0
77 ⁰ <i>Protoperidinium brochii</i>	6	0	0 ⁰	7
78 ⁰ <i>Protoperidinium claudicans</i>	25	0	20	0
79 ⁰ <i>Protoperidinium conicum</i>	50	43	0	0
80 ⁰ <i>Protoperidinium crassipes</i>	50	14	0	20
81 ⁰ <i>Protoperidinium depressum</i>	88	100	60	7
82 ⁰ <i>Protoperidinium divergens</i>	19	0	0	7
83 ⁰ <i>Protoperidinium elegans</i>	6	14	0	0
84 ⁰ <i>Protoperidinium excentricum</i>	13	0	0	40
85 ⁰ <i>Protoperidinium grande</i>	0	14	0	40
86 ⁰ <i>Protoperidinium globulus</i>	0	0	20	0
87 ⁰ <i>Protoperidinium leonis</i>	19	14	0	33
88 ⁰ <i>Protoperidinium longipes</i>	6	0	0	0
89 ⁰ <i>Protoperidinium longispinum</i>	6	0	0	20
90 ⁰ <i>Protoperidinium mendiolae</i>	6	0	0	7
91 ⁰ <i>Protoperidinium murrayii</i>	25	0	0	0
92 ⁰ <i>Protoperidinium oblongum</i>	19	14	0	20
93 ⁰ <i>Protoperidinium obtusum</i>	25	0	0	20
94 ⁰ <i>Protoperidinium oceanicum</i>	25	14	0	0
95 ⁰ <i>Protoperidinium ovum</i>	0	14	0	0
96 ⁰ <i>Protoperidinium pellucidum</i>	13	0	0	0
97 ⁰ <i>Protoperidinium pentagonum</i>	44	29	0	0
98 ⁰ <i>Protoperidinium peruvianum</i>	6	0	0	0
99 ⁰ <i>Protoperidinium pyrnum</i>	19	29	0	7
100 ⁰ <i>Protoperidinium quarnerense</i>	0	0	20	27
101 ⁰ <i>Protoperidinium subinerme</i>	6	0	0	0
102 ⁰ <i>Protoperidinium steinii</i>	0	14	20	27
103 ⁰ <i>Protoperidinium tenuissimum</i>	0	0	40	7
104 ⁰ <i>Protoperidinium truncatum</i>	13	14	0	0
105 ⁰ <i>Protoperidinium tristylum</i>	0	0	0	13
106 ⁰ <i>Protoperidinium venustum</i>	0	0	0	7
107 ⁰ <i>Protoperidinium</i> sp.	0	0	0	7
108 ⁰ <i>Pyrocystis fusiformis</i> f. <i>biconica</i>	0	14	0	27
109 ⁰ <i>Pyrocystis fusiformis</i>	13	14	20	0
110 ⁰ <i>Pyrocystis lunula</i>	6	29	0	0
111 ⁰ <i>Pyrocystis noctiluca</i>	50	86	0	0
112 ⁰ <i>Pyrophacus steinii</i>	13	29	0	0
113 <i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	0	0	60
SILICOFAGELADOS	%	%	%	%
1 ⁰ <i>Dictyocha fibula</i>	31	14	20	27
2 ⁰ <i>Dictyocha speculum</i>	13	29	0	20
3 <i>Oectaxis octonaria</i>	0	0	0	20

ANEXO 2. Frecuencia de las especies de microfitorplancton frente a San José (1994 - 2002)

Periodo	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN	Periodo	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN
Nº observaciones	16	8	6	17	DIATOMEAS	%	%	%	%
Riqueza de especies					52 <i>Fragilariopsis doliolus</i>	0	0	0	24
Total	101	153	85	131	53 <i>Grammatophora marina</i>	6	0	0	6
Diatomeas	65	86	56	71	54 <i>Guinardia delicatula</i>	31	38	33	18
Dinoflagelados	34	65	27	58	55 <i>Guinardia flaccida</i>	31	63	0	0
Silicoflagelados	2	2	2	2	56 <i>Guinardia striata</i>	6	75	0	0
					57 <i>Gyrosigma</i> sp.	13	25	50	18
DIATOMEAS	%	%	%	%	58 <i>Helicotheca tamesis</i>	6	38	17	0
1 <i>Achnanthes longipes</i>	13	0	0	6	59 <i>Hemiaulus sinensis</i>	13	38	17	6
2 <i>Actinocyclus curvatulus</i>	6	0	0	0	60 <i>Hemidiscus cuneiformis</i>	0	13	0	0
3 <i>Actinocyclus</i> sp.	13	0	0	29	61 <i>Lauderia annulata</i>	50	38	33	6
4 <i>Actinocyclus senarius</i>	38	0	17	35	62 <i>Leptocylindrus danicus</i>	13	38	33	29
5 <i>Amphiprora</i> sp.	19	0	17	29	63 <i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	38	38	0	29
6 <i>Amphora</i> sp.	0	0	0	12	64 <i>Licnophora abbreviata</i>	0	0	17	0
7 <i>Asterionellopsis glacialis</i>	50	25	50	12	65 <i>Lioloma delicatulum</i>	6	25	17	6
8 <i>Asteromphalus heptactis</i>	0	13	0	12	66 <i>Lioloma pacificum</i>	0	38	0	6
9 <i>Asteromphalus robustus</i>	0	0	0	6	67 <i>Lithodesmium undulatum</i>	81	75	50	59
10 <i>Bacteriastrum delicatulum</i>	0	13	0	0	68 <i>Navicula</i> sp.	38	25	67	6
11 <i>Bacteriastrum hyalinum</i>	0	0	17	0	69 <i>Odontella mobilensis</i>	0	13	0	0
12 <i>Cerataulina pelagica</i>	31	38	17	18	70 <i>Planktoniella sol</i>	44	50	17	47
13 <i>Chaetoceros affinis</i>	19	25	83	24	71 <i>Pleurosigma</i> sp.	63	13	0	47
14 <i>Chaetoceros anastomosans</i>	0	13	0	0	72 <i>Porosira</i> sp.	0	0	0	6
15 <i>Chaetoceros atlanticus</i>	0	13	0	6	73 <i>Proboscia alata</i>	25	25	0	6
16 <i>Chaetoceros brevis</i>	0	13	0	0	74 <i>Proboscia alata</i> f. <i>gracillima</i>	0	50	50	6
17 <i>Chaetoceros coarctatus</i>	0	0	0	6	75 <i>Proboscia alata</i> f. <i>indica</i>	44	13	17	29
18 <i>Chaetoceros compressus</i>	6	13	33	6	76 <i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i>	25	38	50	6
19 <i>Chaetoceros concavicornis</i>	0	0	0	6	77 <i>Pseudo-nitzschia pacifica</i>	6	25	33	0
20 <i>Chaetoceros constrictus</i>	25	13	67	12	78 <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	69	50	67	71
21 <i>Chaetoceros convolutus</i>	6	13	17	0	79 <i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	0	25	0	0
22 <i>Chaetoceros costatus</i>	0	38	0	0	80 <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	6	63	33	6
23 <i>Chaetoceros curvisetus</i>	19	50	67	12	81 <i>Rhizosolenia acuminata</i>	0	13	0	0
24 <i>Chaetoceros debilis</i>	56	38	67	41	82 <i>Rhizosolenia bergonii</i>	0	50	0	12
25 <i>Chaetoceros decipiens</i>	0	13	17	0	83 <i>Rhizosolenia castracanei</i>	0	13	0	0
26 <i>Chaetoceros didymus</i>	56	25	50	18	84 <i>Rhizosolenia chunii</i>	56	0	0	53
27 <i>Chaetoceros eibonii</i>	0	13	17	0	85 <i>Rhizosolenia formosa</i>	0	13	0	0
28 <i>Chaetoceros laevis</i>	0	13	0	0	86 <i>Rhizosolenia hyalina</i>	0	38	0	0
29 <i>Chaetoceros lauderi</i>	38	13	17	24	87 <i>Rhizosolenia imbricata</i>	0	50	0	6
30 <i>Chaetoceros lorenzianus</i>	56	50	33	53	88 <i>Rhizosolenia polydactyla</i>	0	13	0	0
31 <i>Chaetoceros messanensis</i>	0	13	0	0	89 <i>Rhizosolenia pungens</i>	0	38	33	0
32 <i>Chaetoceros peruvianus</i>	0	25	17	6	90 <i>Rhizosolenia robusta</i>	56	88	33	47
33 <i>Chaetoceros pseudo-curvisetus</i>	0	25	0	0	91 <i>Rhizosolenia setigera</i>	0	25	0	0
34 <i>Chaetoceros rostratus</i>	0	0	0	6	92 <i>Rhizosolenia styliformis</i>	19	50	17	12
35 <i>Chaetoceros socialis</i>	31	25	0	0	93 <i>Skeletonema costatum</i>	44	13	33	29
36 <i>Chaetoceros</i> sp.	31	13	17	0	94 <i>Stellarima</i> sp.	0	13	0	0
37 <i>Corethron hystrix</i>	0	25	0	0	95 <i>Stephanopyxis palmeriana</i>	6	0	33	6
38 <i>Coscinodiscus centralis</i>	50	13	17	0	96 <i>Stephanopyxis turris</i>	25	63	0	12
39 <i>Coscinodiscus granii</i>	25	25	0	41	97 <i>Thalassionema frauenfeldii</i>	31	38	0	0
40 <i>Coscinodiscus perforatus</i>	75	75	50	94	98 <i>Thalassionema nitzschioides</i>	19	50	83	53
41 <i>Coscinodiscus radiatus</i>	13	13	33	12	99 <i>Thalassiosira angulata</i>	44	38	33	12
42 <i>Coscinodiscus walesii</i>	6	63	50	18	100 <i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	25	0	33	6
43 <i>Coscinodiscus</i> sp.	6	0	50	6	101 <i>Thalassiosira eccentrica</i>	6	0	0	0
44 <i>Cyclotella</i> sp.	0	13	0	6	102 <i>Thalassiosira leptopus</i>	0	13	0	0
45 <i>Cylindrotheca closterium</i>	56	50	50 ^o	12	103 <i>Thalassiosira mendiolana</i>	25	0	0	12
46 <i>Dactyliosolen fragilissimum</i>	0	0	0	6	104 <i>Thalassiosira parthenocia</i>	0	25	0	6
47 <i>Detonula confervacea</i>	0	63	0	12	105 <i>Thalassiosira rotula</i>	38	63	50	12
48 <i>Detonula pumila</i>	44	50	33	18	106 <i>Thalassiosira subtilis</i>	44	88	33	12
49 <i>Ditylum brightwellii</i>	0	75	33	29	107 <i>Thalassiosira</i> sp.	13	25	17	0
50 <i>Eucampia cornuta</i>	0	25	0	0	108 <i>Thalassiothrix longissima</i>	6	38	0	12
51 <i>Eucampia zodiacus</i>	69	75	33	29	Centrales (d: 24µ -80µ)	6	0	17	0

Período	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN
DINOFLAGELADOS	%	%	%	%
1 <i>Amphisolenia bidentata</i>	0	13	0	0
2 <i>Ceratium azoricum</i>	44	25	17	53
3 <i>Ceratium bucceros</i>	81	13	17	59
4 <i>Ceratium candelabrum</i>	0	13	0	0
5 <i>Ceratium carriense</i>	0	25	0	6
6 <i>Ceratium concilians</i>	0	13	0	0
7 <i>Ceratium contortum</i>	0	38	0	0
8 <i>Ceratium deflexum</i>	0	0	0	12
9 <i>Ceratium dens</i>	6	63	33	71
10 <i>Ceratium extensum</i>	0	13	0	0
11 <i>Ceratium falcatifforme</i>	0	13	0	0
12 <i>Ceratium furca</i>	94	63	83	88
13 <i>Ceratium fusus</i> var. <i>fusus</i>	44	75	17	47
14 <i>Ceratium giberum</i> var. <i>dispar</i>	0	13	17	6
15 <i>Ceratium gravidum</i>	0	13	0	0
16 <i>Ceratium gravidum</i> var. <i>elongatum</i>	0	0	0	6
17 <i>Ceratium incisum</i>	0	13	0	0
18 <i>Ceratium limulus</i>	0	13	0	0
19 <i>Ceratium longirostrum</i>	0	25	0	0
20 <i>Ceratium lunula</i>	0	13	0	6
21 <i>Ceratium macroceros</i>	0	13	0	0
22 <i>Ceratium massiliense</i>	0	50	0	12
23 <i>Ceratium pentagonum</i>	0	13	0	6
24 <i>Ceratium ranipes</i>	0	13	0	6
25 <i>Ceratium trichoceros</i>	0	75	17	0
26 <i>Ceratium tripos</i>	69	75	67	59
27 <i>Ceratium tripos</i> f.c.c.	13	0	17	0
28 <i>Ceratium vultur</i>	0	13	0	6
29 <i>Ceratocorys horrida</i>	0	13	0	0
30 <i>Dinophysis acuminata</i>	6	0	0	24
31 <i>Dinophysis caudata</i>	50	88	33	59
32 <i>Dinophysis cuneus</i>	0	13	0	0
33 <i>Dinophysis doryphora</i>	0	0	0	6
34 <i>Dinophysis hastata</i>	0	13	0	6
35 <i>Dinophysis mitra</i>	0	13	0	0
36 <i>Dinophysis ovum</i>	0	13	0	0
37 <i>Dinophysis rotundata</i>	0	0	0	12
38 <i>Dinophysis tripos</i>	25	13	33	18
39 <i>Diplopelta asymmetrica</i>	38	50	50	18
40 <i>Diplopelta steinii</i>	0	63	17	12
41 <i>Diplopetopsis minor</i>	0	0	0	53
42 <i>Dissodinium elegans</i>	0	0 ^o	17	0 ^o
43 <i>Goniodoma polyedricum</i>	13	75	0	6
44 <i>Gonyaulax</i> sp.	6	13	0	6
45 <i>Gymnodinium lohmanni</i>	0	0	17	6
46 <i>Gymnodinium sanguineum</i>	0	13	0	24
47 <i>Gymnodinium</i> sp.	6	0	0	0
48 <i>Noctiluca scintillans</i>	50	63	33	41
49 <i>Ornithocercus quadratus</i>	0	38	0	0

Período	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN
DINOFLAGELADOS	%	%	%	%
50 <i>Ornithocercus steinii</i>	0	38	0	0
51 <i>Ornithocercus thumii</i>	0	0	0	6
52 <i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	0	13	0	18
53 <i>Podolampas bipes</i>	0	13	0	0
54 <i>Podolampas spinifera</i>	0	13	0	0
55 <i>Pronoctiluca pelagica</i>	0	-	0	12
56 <i>Prorocentrum arcuatum</i>	0	13	0	0
57 <i>Prorocentrum gracile</i>	0	13	17	12
58 <i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	6
59 <i>Protoperidinium claudicans</i>	25	25	33 ^o	29 ^o
60 <i>Protoperidinium conicum</i>	69	50	50	53
61 <i>Protoperidinium crassipes</i>	44	63	33	53
62 <i>Protoperidinium depressum</i>	88	100	83	94
63 <i>Protoperidinium divergens</i>	0	0	0	6
64 <i>Protoperidinium excentricum</i>	31	25	17	29
65 <i>Protoperidinium globulus</i>	0	13	0	0
66 <i>Protoperidinium grande</i>	0	25	0	0
67 <i>Protoperidinium granii</i>	13	-	0	18
68 <i>Protoperidinium leonis</i>	13	13	0	18
69 <i>Protoperidinium longipes</i>	0	13	0	0
70 <i>Protoperidinium longispinum</i>	13	0	0	18
71 <i>Protoperidinium mendiolae</i>	6	0	33	12
72 <i>Protoperidinium minutum</i>	6	0	0	18
73 <i>Protoperidinium murrayi</i>	6	0	0	18
74 <i>Protoperidinium oblongum</i>	31	13	0	6
75 <i>Protoperidinium obtusum</i>	56	13	33	47
76 <i>Protoperidinium oceanicum</i>	25	50	83	6
77 <i>Protoperidinium ovum</i>	0	13	0	0
78 <i>Protoperidinium pellucidum</i>	31	0	17	35
79 <i>Protoperidinium pentagonum</i>	19	0	0	35
80 <i>Protoperidinium peruvianum</i>	6	0	0	6
81 <i>Protoperidinium subinerme</i>	19	0	50	6
82 <i>Protoperidinium tenuissimum</i>	0	13	0	0
83 <i>Ptychodiscus noctiluca</i>	0	0	0	6
84 <i>Pyrocystis fusiformis</i>	0	13	0	6
85 <i>Pyrocystis fusiformis</i> f. <i>biconica</i>	0	13	0	0
86 <i>Pyrocystis lunula</i>	0	25	0	6
87 <i>Pyrocystis noctiluca</i>	6	63	0	12
88 <i>Pyrophacus horologium</i>	0	13	0	18
89 <i>Pyrophacus steinii</i>	0	25	0	0

Período	pre-EN	EN 1997-98	LN 1998-99	post-LN
SILICOFLAGELADOS	%	%	%	%
1 <i>Dictyocha fibula</i>	31	50	33	47
2 <i>Dictyocha speculum</i>	19	38	67	0
3 <i>Octactis octonaria</i>	0	0	0	18

AÑOS Y NÚMEROS DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS DEL IREMAR Y DEL IMARPE

BOLETÍN IREMAR (ISSN 020-3920)Ⓢ Año 1963 Vol. 1 números 1 - 5
INFORME IREMAR (ISSN 0457-1762)Ⓢ Año 1962 (Vol. 1) Números 1-6 (6)
 Ⓢ Año 1963 (Vol. 2) Números 7-22 (16)
 Ⓢ Año 1964 (Vol. 3) Números 23-28) (6)

BOLETÍN IMARPE (Bol Inst Mar Perú, ISSN 0458 - 7766)

AÑOⓈ	VOL.Ⓢ	NÚMEROS	AÑOⓈ	VOL.Ⓢ	NÚMEROS	AÑOⓈ	VOL.Ⓢ	NÚMEROS
1964Ⓢ	IⓈ	1	1980Ⓢ	-----Ⓢ	-----	1990Ⓢ	XIVⓈ	1, 2
1965Ⓢ		2, 3	1981Ⓢ		V, VI	1991Ⓢ	-----Ⓢ	-----
1966Ⓢ		4, 5, 6	Ⓢ		+ 1 extraord.	1992Ⓢ	-----Ⓢ	-----
1967Ⓢ	-----Ⓢ	-----	1982Ⓢ		VIIⓈ 1	1993Ⓢ	-----Ⓢ	-----
1968Ⓢ	Ⓢ	7, 8, 9, 10	1983Ⓢ	Ⓢ	2, 3, 4, 5, 6	1994Ⓢ	-----Ⓢ	-----
1969Ⓢ	IIⓈ	1, 2, 3, 4	1984Ⓢ	VIIIⓈ	1, 2, 3, 4, 5, 6,	1995Ⓢ	-----Ⓢ	-----
1970Ⓢ		5, 6	Ⓢ		6a	1996Ⓢ	XVⓈ	1, 2
1971Ⓢ	-----Ⓢ	-----	1985Ⓢ	IXⓈ	1, 2	1997Ⓢ	XVIⓈ	1, 2
1972Ⓢ	Ⓢ	7, 8, 9	Ⓢ	XⓈ	1	1998Ⓢ	XVIIⓈ	1- 2
1973Ⓢ	-----Ⓢ	-----	Ⓢ		+ 2 extraord.	1999Ⓢ	XVIIIⓈ	1- 2
1974Ⓢ		10	1986Ⓢ	Ⓢ	2, 3, 4, 5, 6, 7,	2000Ⓢ	XIXⓈ	1- 2
1974Ⓢ	IIIⓈ	1, 2, 3	Ⓢ		8	2001Ⓢ	XXⓈ	1- 2
1975Ⓢ	-----Ⓢ	-----	1987Ⓢ	XIⓈ	1, 2, 3, 4, 5, 6	2002Ⓢ	-----Ⓢ	-----
1976Ⓢ	-----Ⓢ	-----	Ⓢ		+ 3 extraord.	2003Ⓢ	-----Ⓢ	-----
1977Ⓢ		4	1988Ⓢ	Ⓢ	1, 2	2004Ⓢ	XXIⓈ	1-2
1978Ⓢ		5	Ⓢ		+ 1 extraord.	2005Ⓢ	XXIIⓈ	1-2
1979Ⓢ	IVⓈ	1, 3	1989Ⓢ	XIIIⓈ	1, 2			

INFORME IMARPE (Inf Inst Mar Perú, ISSN 0378 - 7702)

AÑOⓈ	VOL.Ⓢ	NÚMEROS	AÑOⓈ	VOL.Ⓢ	NÚMEROS	AÑOⓈ	VOL.Ⓢ	NÚMEROS
1965Ⓢ	(01)Ⓢ	01-09Ⓢ (9)	1979Ⓢ	(12)Ⓢ	52-73Ⓢ (22)	1993Ⓢ	-----	-----
1966Ⓢ	(02)Ⓢ	10-15Ⓢ (6)	1980Ⓢ	(13)Ⓢ	75-78Ⓢ (4)	1994Ⓢ	(24)Ⓢ	105Ⓢ (1)
1967Ⓢ	(03)Ⓢ	16-19Ⓢ (4)	1981Ⓢ	(14)Ⓢ	79-82Ⓢ (4)	1995Ⓢ	(25)Ⓢ	106-115Ⓢ (10)
1968Ⓢ	(04)Ⓢ	20-26Ⓢ (7)	1982Ⓢ	-----	-----	1996Ⓢ	(26)Ⓢ	116-122Ⓢ (7)
1969Ⓢ	(05)Ⓢ	27-30Ⓢ (4)	1983Ⓢ	(15)Ⓢ	83-85Ⓢ (3)	1997Ⓢ	(27)Ⓢ	123-129Ⓢ (7)
1970Ⓢ	(06)Ⓢ	31-35Ⓢ (5)	1984Ⓢ	(16)Ⓢ	86-88Ⓢ (3)	1998Ⓢ	(28)Ⓢ	130-142Ⓢ (13)
1971Ⓢ	(07)Ⓢ	36-37Ⓢ (2)	1985Ⓢ	-----	-----	1999Ⓢ	(29)Ⓢ	143-150Ⓢ (8)
1972Ⓢ	(08)Ⓢ	38-40Ⓢ (3)	1986Ⓢ	(17)Ⓢ	89Ⓢ (1)	2000Ⓢ	(30)Ⓢ	151-158Ⓢ (8)
1973Ⓢ	(09)Ⓢ	41-43Ⓢ (3)	1987Ⓢ	(18)Ⓢ	90-91Ⓢ (3)	2001Ⓢ	(31)Ⓢ	159-164Ⓢ (6)
1974Ⓢ	(10)Ⓢ	44Ⓢ (1)	1988Ⓢ	(19)Ⓢ	92-93Ⓢ (2)	2002Ⓢ	-----	-----
1975Ⓢ	-----	-----	1989Ⓢ	(20)Ⓢ	94-96Ⓢ (3)	2003Ⓢ	-----	-----
1976Ⓢ	-----	-----	1990Ⓢ	(21)Ⓢ	97-99Ⓢ (3)	2004Ⓢ	32Ⓢ	1, 2, 3, 4Ⓢ (4)
1977Ⓢ	-----	-----	1991Ⓢ	(22)Ⓢ	100-101Ⓢ (2)			
1978Ⓢ	(11)Ⓢ	45-5Ⓢ (7)	1992Ⓢ	(23)Ⓢ	102-104Ⓢ (3)			

INFORME PROGRESIVO IMARPE

AÑOⓈ	NÚMEROS	AÑOⓈ	NÚMEROS	AÑOⓈ	NÚMEROS
1995Ⓢ	1-16Ⓢ (16)	1998Ⓢ	73-96Ⓢ (24)	2001Ⓢ	136-159Ⓢ (24)
1996Ⓢ	17-48Ⓢ (32)	1999Ⓢ	97-111Ⓢ (15)	2002Ⓢ	-----
1997Ⓢ	49-32Ⓢ (24)	2000Ⓢ	112-135Ⓢ (24)	2003Ⓢ	-----

ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE

2004 Vol. 1 Enero-diciembre 2001

2005 Vol. 2 Enero-diciembre 2002
2005 Vol. 3 Enero-diciembre 2003

Para pedidos de publicaciones, solicitar nuestro CATÁLOGO DE PUBLICACIONES, dirigiendo su correspondencia a
 BIBLIOTECA DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ, Apartado Postal 22, Callao, Perú.
 Fax (511) 429-9811. Correo Electrónico: imarpe-bib@imarpe.gob.pe



INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

Esquina Gamarra y General Valle s/n
Apartado postal 22. Callao, Perú
Teléfonos: 429-7630 y 420-2000
Fax: (511) 429-9811
E-mail: imarpe@imarpe.gob.pe