



BOLETIN

IMARPE
Instituto del Mar del Perú

Vol. 19 / Nos. 1 y 2 / Diciembre 2000

TRABAJOS EXPUESTOS EN EL TALLER INTERNACIONAL SOBRE LA ANCHOVETA PERUANA (TIAP). 9-12 MAYO 2000. IMARPE.

BREVE REVISIÓN DE LOS CAMBIOS EN EL DESOVE DE LA ANCHOVETA PERUANA ENTRE 1966 Y 1999	
<i>Soledad Guzmán Cárdenas</i>	1
EL MÉTODO DE PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS EN LA ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA DESOVANTE DEL STOCK NORTE-CENTRO DE LA ANCHOVETA PERUANA	
<i>Patricia Ayón Dejo</i>	7
INTERACCIÓN TRÓFICA MERLUZA-ANCHOVETA: ¿EXISTE REALMENTE IMPACTO POR PREDACIÓN?	
<i>Pepe Espinoza</i>	15
CAMBIOS EN LA DIETA DE LA ANCHOVETA <i>ENGRAULIS RINGENS</i> Y SU INFLUENCIA EN LA DINÁMICA DE ALIMENTACIÓN	
<i>Pepe Espinoza y Verónica Blaskovic'</i>	21
VARIACIÓN ESTACIONAL E INTERANUAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA Y CONCENTRACIONES DE CLOROFILA A, FRENTE A LA COSTA PERUANA DURANTE 1976 - 2000	
<i>Sonia Sánchez Ramírez</i>	29
ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LA ANCHOVETA PERUANA DURANTE EL PERÍODO 1992 - 2000	
<i>Betsy Buitrón D. y Angel Perea M.</i>	45

2707
45
8, 108

CALLAO, PERÚ

CONSEJO DIRECTIVO DEL IMARPE

Vicealmirante (r) LUIS A. GIAMPIETRI ROJAS
PRESIDENTE

Vicealmirante RAUL SANCHEZ SOTOMAYOR
VICEPRESIDENTE

Economista GODOFREDO CAÑOTE SATAMARINA
DIRECTOR EJECUTIVO

Doctor LUIS ALFREDO ICOCHEA SALAS
DIRECTOR

Contralmirante HECTOR SOLDI SOLDI
DIRECTOR

Biólogo ROGELIO VILLANUEVA FLORES
DIRECTOR

Ingeniero EDUARDO PASTOR RODRIGUEZ
DIRECTOR

DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LA ANCHOVETA PERUANA CON RELACIÓN A VARIABLES AMBIENTALES EN EL PERÍODO 1986 - 2000	
<i>Marceliano Segura Zamudio</i>	55
LAS OPERACIONES EUREKA: UNA APROXIMACIÓN A LA ABUNDANCIA DE ANCHOVETA EN EL PERÍODO 1966 - 1982	
<i>Mariano Gutiérrez T., Miguel Ñiquen, Salvador Peraltilla N. y Naldí Herrera A</i>	83
ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN DE ANCHOVETA PERUANA DURANTE EL PERÍODO 1961 - 1999	
<i>Miguel Ñiquen C., Marco Espino S. y Marilú Bouchon C.</i>	103
CAPTURA Y ESFUERZO PESQUERO DE LA PESQUERÍA DE ANCHOVETA PERUANA (<i>ENGRAULIS RINGENS</i>)	
<i>Marilú Bouchon C., Sandra Cahuín V., Erich Díaz A. y Miguel Ñiquen C.</i>	109
PESQUERÍA DE ANCHOVETA EN EL MAR PERUANO. 1950 - 1999	
<i>Miguel Ñiquen C., Marilú Bouchon C., Sandra Cahuín V. y Erich Díaz A.</i>	117
ABUNDANCIA DE AVES GUANERAS Y SU RELACIÓN CON LA PESQUERÍA DE ANCHOVETA PERUANA DE 1953 A 1999	
<i>Elisa Goya Sueyoshi</i>	125
LOS LOBOS MARINOS Y SU RELACIÓN CON LA ABUNDANCIA DE LA ANCHOVETA PERUANA DURANTE 1979 - 2000	
<i>Milena Arias-Schreiber</i>	133
ESTIMADOS DE BIOMASA HIDROACÚSTICA DE LOS CUATRO PRINCIPALES RECURSOS PELÁGICOS EN EL MAR PERUANO DURANTE 1983 - 2000	
<i>Mariano Gutiérrez Torero</i>	139
VARIACIONES ESTACIONALES EN LA DISTRIBUCIÓN Y BIOMASA DE ANCHOVETA ENTRE 1983 Y 2000	
<i>Francisco Ganoza Ch., Pedro R. Castillo V. y Dora Marín S.</i>	157
CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE MARINO FRENTE A LA COSTA PERUANA	
<i>Octavio Morón Antonio</i>	179

Asesores científicos

Dra. Norma Chirichigno Fonseca

Dr. Felipe Ancieta Calderón

Editor científico

Dr. Pedro G. Aguilar Fernández

© 1999. **Instituto del Mar del Perú**

Esquina Gamarra y General Valle

Apartado Postal 22

Callao, PERU

Teléfono 429-7630 / 420-2000

Fax (511) 465-6023

E-mail: inarpe@inarpe.gob.pe

Hecho el depósito de ley. Número 2001-0629

Reservados todos los derechos de reproducción total

o parcial, la fotomecánica y los de traducción.

ISSN: 0378-7699 (International Center for the Registration of Serials, Paris).

Tiraje: 500 ejemplares. Terminado de imprimir: Julio 2001.

Impresión: Gráfica Técnico SRL.

Calle Los Talladores 184, Urb. El Artesano - Ate

Teléfono: 436-3140 / 437-5842 / 434-2032 Fax: 437-4085

BREVE REVISIÓN DE LOS CAMBIOS EN EL DESOVE DE LA ANCHOVETA PERUANA ENTRE 1966 Y 1999

SOLEDAD GUZMÁN CÁRDENAS¹

RESUMEN

GUZMÁN, S. 2000. Breve revisión de los cambios en el desove de la anchoveta peruana entre 1966 y 1999. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 1-5.

Se analiza brevemente la variabilidad del desove de anchoveta en el área entre los 3° y 14° S, durante el periodo 1966-1999, en el cual ocurrieron condiciones ambientales frías y cálidas, que favorecieron o perjudicaron el recurso. Utilizando índices de desove o promedios del número de huevos por m², durante el invierno, resultantes del análisis de muestras colectadas con redes Hensen, en la columna de 50 metros, se compara la magnitud del desove en periodos fríos y periodos El Niño, a fin de determinar las características del proceso, encontrándose que los más altos índices de desove se presentaron en 1966, cuando, además, los huevos alcanzaron su mayor cobertura, llegando hasta 150 millas de la costa. Por el contrario, el desove fue nulo en 1983, como consecuencia del Niño 1982-1983. Luego de El Niño 1997-1998, el desove ha vuelto a recuperarse, incrementando sus índices paulatinamente.

PALABRAS CLAVE: anchoveta, desove, El Niño, periodo 1966-1999, mar peruano.

ABSTRACT

GUZMÁN, S. 2000. Brief revision of the changes in Peruvian anchovy spawning since 1966 to 1999. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 1-5.

Anchovy spawning variability in an area between 3°-14° S, since 1966 to 1999, a period in which were different environmental conditions that caused benefit or damage to the resource, is analyzed. Also it is compared spawning magnitude in cold and warm periods using spawning rates expressed in number of eggs per m², which were the results of samplings with Hensen net in the column of 50 metres to the surface during Winter. High spawning rates were found in 1966, when eggs reached 150 miles off the coast. On the other hand, in 1983, as consequence of El Niño 1982-83 spawning was null. After the last El Niño 1997-1998, spawning began to recover, increasing these rates gradually.

KEY WORDS: anchovy, spawning, El Niño, 1966-1999 period, Peruvian sea.

INTRODUCCIÓN

Las bases para la comprensión de las características del proceso de desove de la anchoveta se establecieron en las investigaciones realizadas por SANTANDER Y DEL CASTILLO (1969). Diversos estudios dieron a conocer que la anchoveta es una especie cuya estrategia reproductiva está

ajustada a los cambios en el ambiente, presentando desove fraccionado por "baches" o tandas. Dicho proceso presenta dos picos: el de invierno, que es el principal, y el de verano que es de menor extensión, presentándose los huevos en casi todo el año, decreciendo entre abril y junio, principalmente (SANTANDER 1980, 1981).

1 Dirección de Oceanografía Biológica
E-mail: sguzman@imarpe.gob.pe

Las observaciones realizadas en el lapso de 1964 a 1986, durante el cual el ecosistema recibió el impacto de fuertes eventos cálidos (El Niño 1972-73 y El Niño 1982-83), evidenciaron los cambios en la distribución del recurso y sus patrones de comportamiento. Así también ocurrieron eventos de enfriamiento en el ecosistema (1967, 1985) que explican la ampliación de las áreas de desove. Los resultados de estos estudios se plasmaron en 90 cartas de distribución de huevos de anchoveta, publicadas por SANTANDER (1987).

MÉTODO

Para poder efectuar una comparación entre los desoves de décadas anteriores y los últimos años, se procedió a la obtención de los promedios del número de huevos de anchoveta por m², por estación de muestreo, lo que nos proporcionó un índice que pudiera reflejar las variaciones de este proceso. Las operaciones seleccionadas para el análisis fueron los cruceros realizados en los meses de invierno (agosto y setiembre) entre los años 1966 y 1999. En los primeros años de la década de los 90' no se ejecutaron cruceros en el invierno, o éstos no tuvieron suficiente cobertura, por lo cual hay un vacío en la información.

Con fines prácticos, y para tener una idea más clara del desarrollo del desove, la zona norte-centro fue dividida en 5 áreas, siguiendo la clasificación establecida por SANTANDER y DE CASTILLO (1969), cada una comprendiendo 2 grados de latitud:

- Area A: 03°30' S - 05°59' S
- Area B: 06°00' S - 07°59' S
- Area C: 08°00' S - 09°59' S
- Area D: 10°00' S - 11°59' S
- Area E: 12°00' S - 13°59' S

Los promedios se han graficado en forma logarítmica para una mejor representación de todos los valores.

FLUCTUACIONES DEL DESOVE

Distribución horizontal del desove de anchoveta

Los cambios en la distribución e intensidad del desove de la anchoveta durante los años 1964-1986 pueden observarse en las cartas de SANTANDER (1987), mostrando las zonas de concentración de huevos en el hábitat del stock norte-centro de la anchoveta (3°30'S a 14°S). Pueden apreciarse coberturas de distinta intensidad en la zona de estudio y tener una idea de los años en que el desove tuvo gran amplitud y focos de concentración con más de 4000 huevos/m².

En la década de los 60', cuando la biomasa de adultos de anchoveta llegó a sus valores más altos, el desove de esta especie alcanzó su mayor distribución longitudinal, observándose hasta las 150 millas, con focos de más de 4000 huevos/m², en una gran extensión (SANTANDER y DE CASTILLO 1969, SANTANDER y FLORES 1983).

El desove de la anchoveta continuó sin mayores variaciones hasta El Niño 1972-73, que originó su decaimiento. Posterior a este evento el desove fue recuperándose, pero disminuyó su extensión, ya que el recurso fue duramente golpeado por estos cambios ambientales y la presión de pesca.

La década de los 80' trajo una cierta estabilidad del proceso, pero El Niño 1982-83, de extraordinarios efectos sobre el ecosistema, anuló completamente el desove; en los cruceros efectuados en aquellos años, no se registró la presencia de huevos.

SENOCAK *et al.* (1989), usando los 90 mapas de SANTANDER (1987), estimaron la producción de huevos por meses, considerando dos periodos: uno entre 1964 y 1971 y el segundo entre 1972-1986, es decir antes y después de El Niño 1972-73, llegando a conclusiones muy interesantes respecto a los periodos de desove, el reposo y el desplazamiento de focos de desove hacia el sur, durante el segundo periodo considerado, que incluye El Niño 1982-83.

Las exploraciones en 1994 y 1995, para la estimación de la biomasa desovante de la anchoveta por el Método de Producción de Huevos, posibilitaron observar el repliegue del desove hacia la costa, si lo comparamos con la

distribución de los años 60' (GUZMÁN *et al.* 1995, GIRÓN 1996).

En 1996, catalogado como año muy frío, cuando las aguas costeras abarcaron distancias mayores de 100 millas de la costa, se encontró una distribución bastante dispersa de los huevos que llegaron más allá de las 120 millas de la costa (AYÓN 1997). Una extensión semejante se había presentado en 1985, año de similares características (SANTANDER y MALDONADO 1985).

Cambios en los índices de desove según áreas

La Figura 1 muestra las fluctuaciones del desove durante los años 1966-1999.

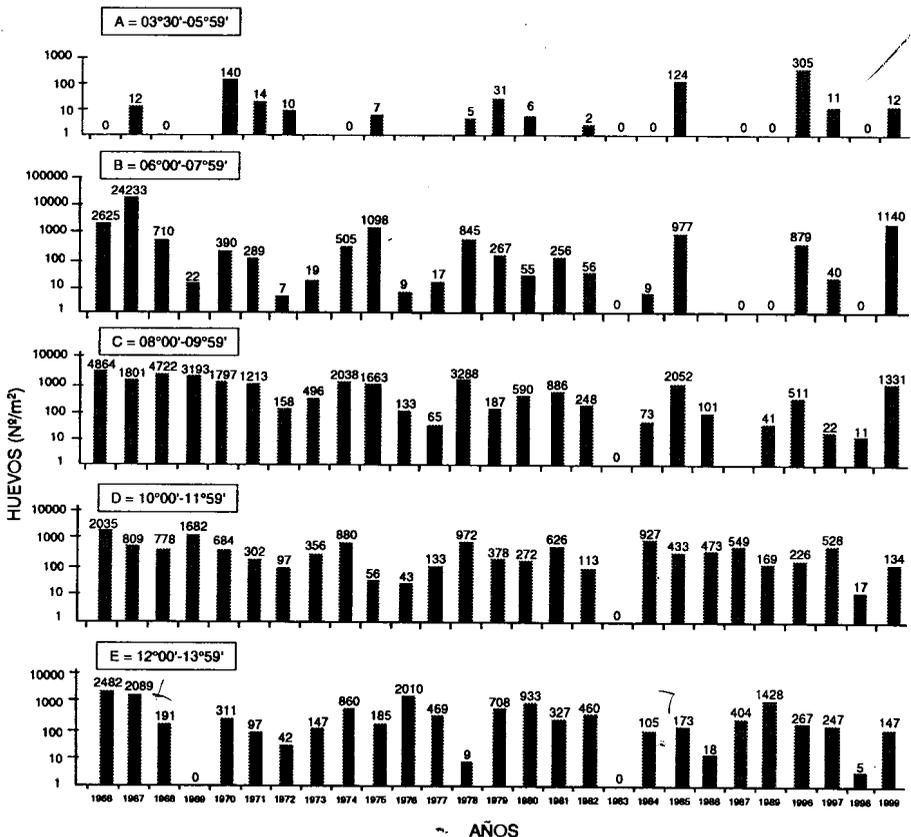


FIGURA 1. Abundancia promedio de huevos de anchoveta en el mar peruano por áreas (Nº huevos/m², durante el invierno. Año 1966 - 1999).

En los años 1966 y 1967 se obtuvieron los mayores índices de desove, para el área comprendida desde el extremo norte del litoral hasta los 14°S. En 1967 se detectó el máximo valor en el área B (6°00'-7°59') con un promedio/estación de 24.233 huevos/m².

En 1972 los índices de desove decayeron enormemente. En el área C (8°00'-9°59'), por ejemplo, se llegó a 158 huevos/m², pero años más adelante se observó una tendencia a la recuperación, llegando en 1978 a 3.288 huevos/m².

En la década de los ochenta el desove fue afectado por El Niño 1982-83. En 1982 el mayor índice de 460 huevos/m², se registró en el área E (12°00'-13°59'). En el año 1983 fue cuando más se sintieron los efectos del evento mencionado, anulándose el desove completamente. La recuperación vendría paulatinamente hasta que en 1985, debido al desarrollo de un evento muy frío, el índice llegó a 2.052 huevos/m², en el área C.

El último evento cálido que afectó el desove de la anchoveta se presentó en El Niño 1997-98, con la consecuente reducción de las áreas de desove, reflejándose en valores tan bajos como 17 huevos/m² en el área D (10°00'-11°59'), cifra que resultó ser la mayor en el año 1998.

Finalmente, en el invierno 1999, se observó una mejora en los índices de desove, al recuperarse el sistema de este último Niño, alcanzando un valor de 1.140 huevos/m² en el área B, donde no se había registrado desove en 1998.

CONCLUSIONES

A manera de recapitulación, y a la luz de las investigaciones hasta ahora efectuadas, podemos indicar que el

desove, como mecanismo para asegurar la supervivencia de la población, está influenciado en su magnitud, primero por el tamaño de esta población; y segundo por las características del ambiente, que pueden condicionar su distribución de acuerdo a la presencia y extensión de las aguas costeras frías; o que pueden reducirlo cuando el sistema se ve afectado por la incursión de aguas cálidas.

REFERENCIAS

- AYÓN, P. y B. BUITRÓN. 1997. Estimación de la biomasa desovante del stock norte-centro de la anchoveta por el Método de Producción de Huevos. Crucero BIC Humboldt 9608-09. Inf. Inst. Mar Perú 123: 13-19.
- EINARSSON, H., B. ROJAS DE MENDIOLA Y H. SANTANDER. 1966. Los desoves de peces en aguas peruanas durante 1961-1964. En: Memoria del Primer Seminario Latinoamericano sobre el Océano Pacífico Oriental. Lima-Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos:110-128.
- GIRÓN, M. 1996. Ictioplancton entre Tambo de Mora y Punta Falsa entre Agosto y Setiembre de 1995. Crucero BIC Humboldt 9508-09. Inf. Inst. Mar Perú 119: 70-77.
- GUZMÁN, S., P. AYÓN Y L. PIZARRO. 1995. Biomasa desovante de la anchoveta y condiciones oceanográficas. Crucero 9408-10. BIC SNP-1 y bolicheras. Inf. Inst. Mar Perú 115: 115 pp.
- SANTANDER, H. 1980. Fluctuaciones del desove de anchoveta y algunos factores relacionados. En: IOC. Workshop Report N°28. Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. Lima. 20 Abril-5 Mayo 1980:255-274.
- SANTANDER, H. 1981. Patrones de distribución y fluctuaciones de desoves de anchoveta y sardina.. En: DICKIE Y VALDIVIA (eds.). Investigación cooperativa de la anchoveta y su ecosistema (ICANE) entre Perú y Canadá. Bol. Inst. Mar Perú Vol. Extraordinario: 180-192.
- SANTANDER, H. 1987. Relationship between anchoveta egg standing stock and parent biomass off Peru, 4-14°S. En: PAULY Y TSUKAYAMA (eds.). The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. ICLARM. Studies and Reviews 15:179-207. Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Perú. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschbom, Federal Republic of Germany and Internacional Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines.

- SANTANDER, H. y O. S. DE CASTILLO, 1969. El desove de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en los periodos reproductivos de 1961 a 1968. Serie Inf. Espec. Inst. Mar Perú. N° 40:1-10.
- SANTANDER, H. y R. FLORES, 1983. Los desoves y distribución larval de cuatro especies pelágicas y sus relaciones con las variaciones del ambiente marino frente al Perú. En: SHARP y CSIRKE (eds.). Proceedings of the Expert Consultation to examine changes in abundance and species of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-19 Abril 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference of fisheries management and development. FAO Fish. Rep./FAO, Inf. Pesca 291(3):835-867.
- SANTANDER, H. y M. MALDONADO. 1985. Evaluación de las poblaciones desovantes de anchoveta y sardina por el Método de Producción de Huevos. Crucero BIC Humboldt 8508-09 y operación en boliceras. 28 Agosto-5 Octubre 1985. Area de Evaluación de Producción Secundaria IMARPE. Informe interno.
- SENOCAK, T., D. SCHNACK y D. PAULY. 1989. Mean monthly distribution, abundance and production of anchoveta eggs off Peru (4-14° S), 1964-1971 y 1972-1986, p. 143-154. En: PAULY, MUCK, MENDO Y TSUKAYAMA (eds.). The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings 18:143-154. Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschbom, Federal Republic of Germany and Internacional Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines.

EL MÉTODO DE PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS EN LA ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA DESOVANTE DEL STOCK NORTE-CENTRO DE LA ANCHOVETA PERUANA

PATRICIA AYÓN DEJO¹

RESUMEN

AYÓN, P. 2000. El método de producción diaria de huevos en la estimación de la biomasa desovante del stock norte-centro de la anchoveta peruana. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 7-14.

Se presenta una revisión de los resultados obtenidos con la aplicación del Método de Producción de Huevos, en los años 1981, 1985, 1990, 1994, 1995 y 1996 para estimar la biomasa desovante de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* del stock norte-centro, durante el periodo de máximo desove, que ocurre en invierno. Los estimados de biomasa desovante obtenidos estuvieron entre 1,2 y 8,5 millones de toneladas, con CV entre 0,16 y 0,28. Se determinó que los parámetros más sensibles a las variaciones son la fecundidad, frecuencia de desove y la producción de huevos, afectando significativamente los estimados finales de la biomasa.

PALABRAS CLAVE: método de producción diaria de huevos, biomasa desovante, anchoveta peruana, stock norte-centro.

ABSTRACT

AYÓN, P. 2000. The egg production method to estimate the spawning biomass of the north-central Peruvian anchoveta stock. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 7-14.

The author presents a revision of the results obtained with the application of the Egg Production Method, in 1981, 1985, 1990, 1994, 1995 and 1996, to estimate the spawning biomass of the Peruvian anchoveta of the north-central stock, during the winter when the maximum spawning period occurs. The estimated spawning biomasses were between 1,2 and 8,5 millions tons, with 0,16 and 0,28 variation coefficient. The most sensitive parameters to the variations were fecundity, spawning frequency and egg production, and they affect significantly the final biomass estimates.

PALABRAS CLAVE: egg production method, spawning biomass, Peruvian anchovy, north-central stock.

INTRODUCCIÓN

El Método de Producción de Huevos (MPH) es un método directo de evaluación, que permite estimar la biomasa desovante de especies desovadoras múltiples como la anchoveta y la sardina. Se está aplicando de forma permanente en Estados Unidos, España, Portugal, Sudafrica, Chile entre otros. Este método se caracteriza por obtener un estimado absoluto, instantáneo y directo de la biomasa desovante del recurso, y el nombre del método se debe a

que la biomasa deriva de los estimados de la producción diaria de huevos, y la tasa de producción de huevos por unidad de biomasa de la porción de adultos del stock.

Esta biomasa desovante se calcula a partir del modelo que se expone a continuación, el cual incluye las variables que relacionan los parámetros biológicos y reproductivos de la población de adultos.

$$B = \frac{K \text{ PoW}}{\text{FER}}$$

¹ Área de Evaluación de Producción Secundaria - DOB-DGIO. E-mail: payon@imarpe.gob.pe

en donde:

- B = Biomasa desovante;
- K = Constante;
- Po = Producción diaria de huevos;
- W = Peso promedio;
- F = Frecuencia de desove;
- E = Fecundidad parcial;
- R = Proporción sexual.

El Instituto del Mar del Perú aplicó por primera vez este método en 1981, y hasta la fecha se ha ejecutado un total de seis evaluaciones utilizando el MPH, con resultados satisfactorios.

A diferencia de otros métodos, éste tiene la ventaja de poder determinar cada parámetro y la evaluación final de biomasa, proporcionando un estimado instantáneo de producción de huevos y de biomasa desovante. Es el único método que estima biomasa absoluta, donde todos los parámetros son directamente medidos durante el crucero, y en donde cada parámetro se basa en una interpretación biológica y no dependiente de los estimados históricos o de los índices de abundancia.

Son desventajas, el mayor costo que otros métodos y el mayor número de horas/hombre de trabajo.

Aplicación del método de producción de huevos (MPH)

Diseño de muestreo

El diseño de muestreo está dirigido para evaluar el stock norte centro de la anchoveta comprendido entre Punta Falsa (6°S) y Tambo de Mora (14°S) (Fig. 1).

Para obtener mejores resultados, el MPH debe aplicarse durante el periodo principal de desove, con la finalidad de minimizar

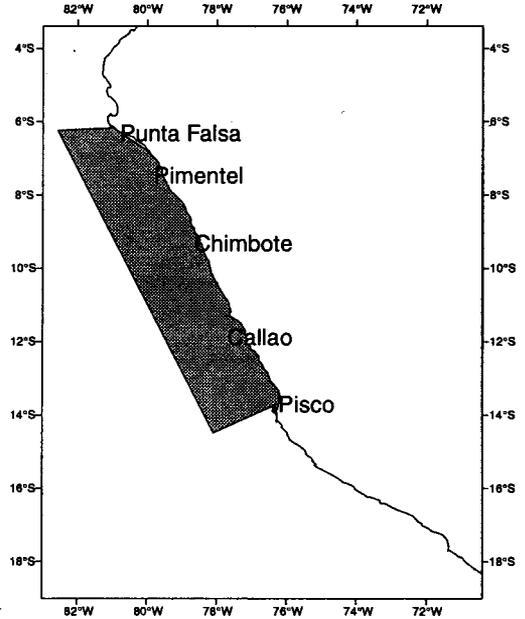


FIGURA 1. Área de evaluación del stock norte centro de la anchoveta mediante el Método de Producción Diaria de Huevos.

las varianzas. Para determinar la fecha de inicio de los cruceros se utiliza la información del índice gonadosomático (macroscópico) y del análisis microscópico de los ovarios. El diseño de los cruceros está basado en un muestreo sistemático creado por SANTANDER *et al.* (1982) consistente en 52 perfiles (cortos de 30 mn y largos de 60 mn), perpendiculares a la línea de costa y con una distancia entre cada perfil de 10 millas. De acuerdo a la presencia de huevos, en las muestras algunos perfiles largos podrían ser prolongados o recortados.

Colección de los huevos

Para la colecta de los huevos se utiliza una red CALVET (SMITH *et al.* 1985) en arrastres verticales con buque parado, desde 70 m de profundidad hacia la superficie.

Colección de los adultos

Los peces se colectan mediante dos tipos de aparejo, red de media agua y red de cerco. En los dos últimos cruceros sólo se usó el primero.

Estimación de los parámetros adultos

Se siguió la misma técnica empleada por SANTANDER *et al.* (1984).

Estimación de la producción diaria de huevos (P_0)

Los huevos se separaron y se les asignó un estadio en función de sus características morfológicas, al cual posteriormente se le determinó la edad utilizando la hora de colección y la temperatura en el momento de su colecta (mayor detalle SANTANDER *et al.* 1984). El P_0 se calculó según el modelo de STAUFFER Y PICQUELLE (1980).

$$P_i = P_0 e^{-z t_i (1 - e^{-0.5z}) / 0.5z}$$

En donde:

P_i = número de huevos de edad t_i durante el intervalo de tiempo (t_i, t_i+1).

ajustado a 12 horas de intervalo

t_i = tiempo (o edad) entre el desove y el intervalo de 12 horas.

z = tasa diaria de mortalidad instantánea de huevos

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción diaria de huevos (P_0)

Este parámetro es uno de los que presenta mayor variabilidad interanual. Así, los valores de P_0 (Tabla 1) durante las seis aplicaciones del método mostraron grandes diferencias tanto en su abundancia como en su valor estadístico, originadas fundamentalmente por la distribución y densidad de la biomasa desovante presente en el momento de las evaluaciones.

La mayor producción de huevos se determinó en el invierno de 1995 con 1,9 E+14 huevos/día, y la menor se determinó en 1990 con 3,0 E+13 huevos/día.

Al comparar los coeficientes de variación (CV) (Tabla 1), se observa claramente que en los periodos 1994 y 1995 se dieron los valores más bajos; esto se debió a que los huevos estuvieron densamente concentrados en la zona costera, principalmente entre Pimentel y Casma (Fig. 2), contrario a lo observado durante 1996 cuando se hallaron dos zonas de concentración, una en la región costera y otra en la región oceánica. La zona

Tabla 1.- Parámetros obtenidos para el MPH, en los inviernos 1981, 1985, 1990, 1994, 1995, 1996 para estimar la biomasa desovante de la anchoveta.

Parámetros	1981	1985	1990	1994	1995	1996
P_0	6,49E+13	13,80E+13	3,009E+13	15,12E+13	19,09E+13	10,14E+13
W	25,84	27,23	26,74	23,25	25,59	29,79
E	15.401	14.614	13.487	12.723	12.701	18.495
R	0,56	0,50	0,51	0,53	0,54	0,52
F	0,16	0,06	0,05	0,076	0,12	0,078
B	1.204.191	8.575.453	2.139.817	6.859.552	5.935.581	4.026.763

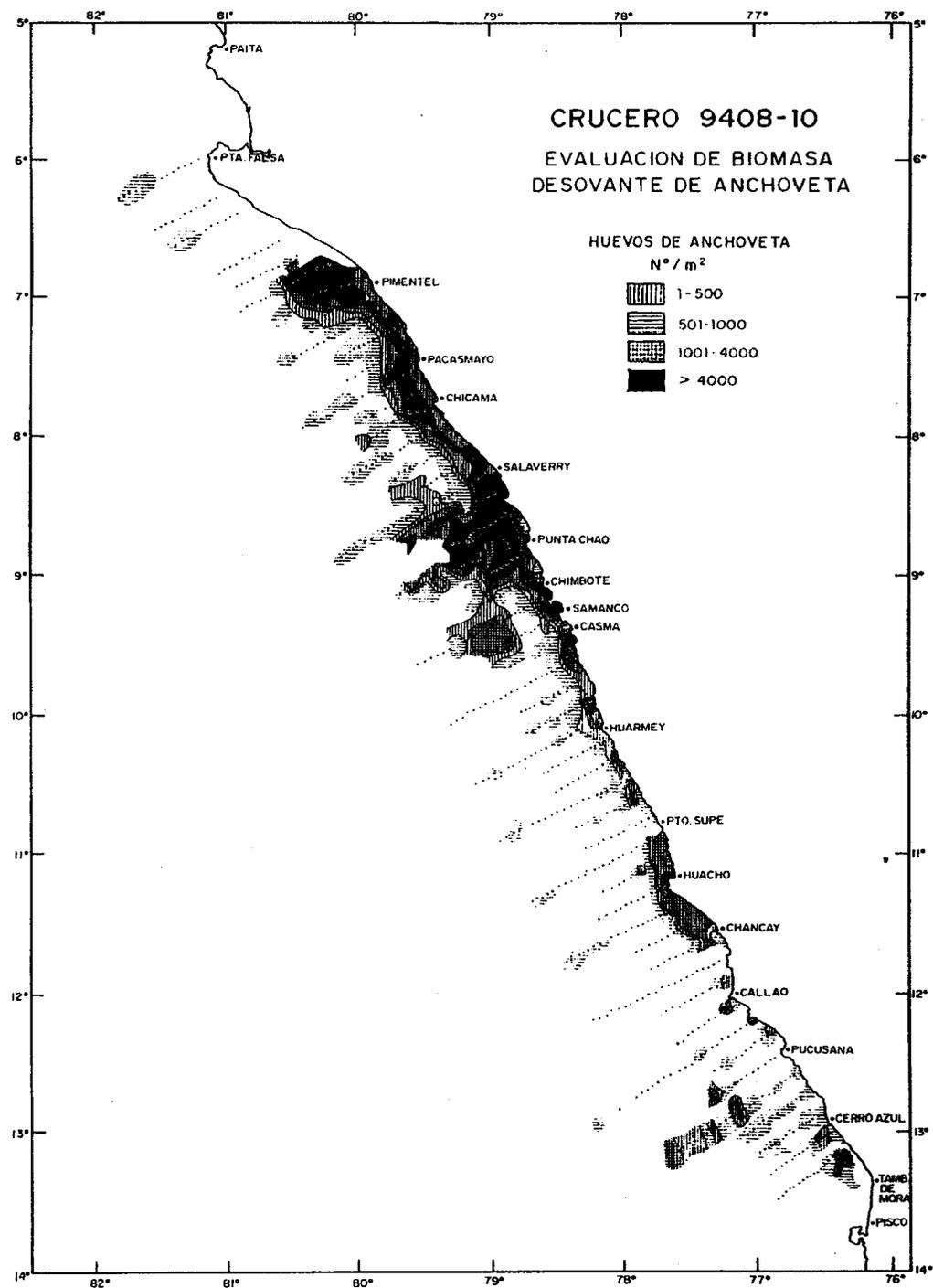


FIGURA 2. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta durante el Crucero de Evaluación de Biomasa desovante en invierno 1994.

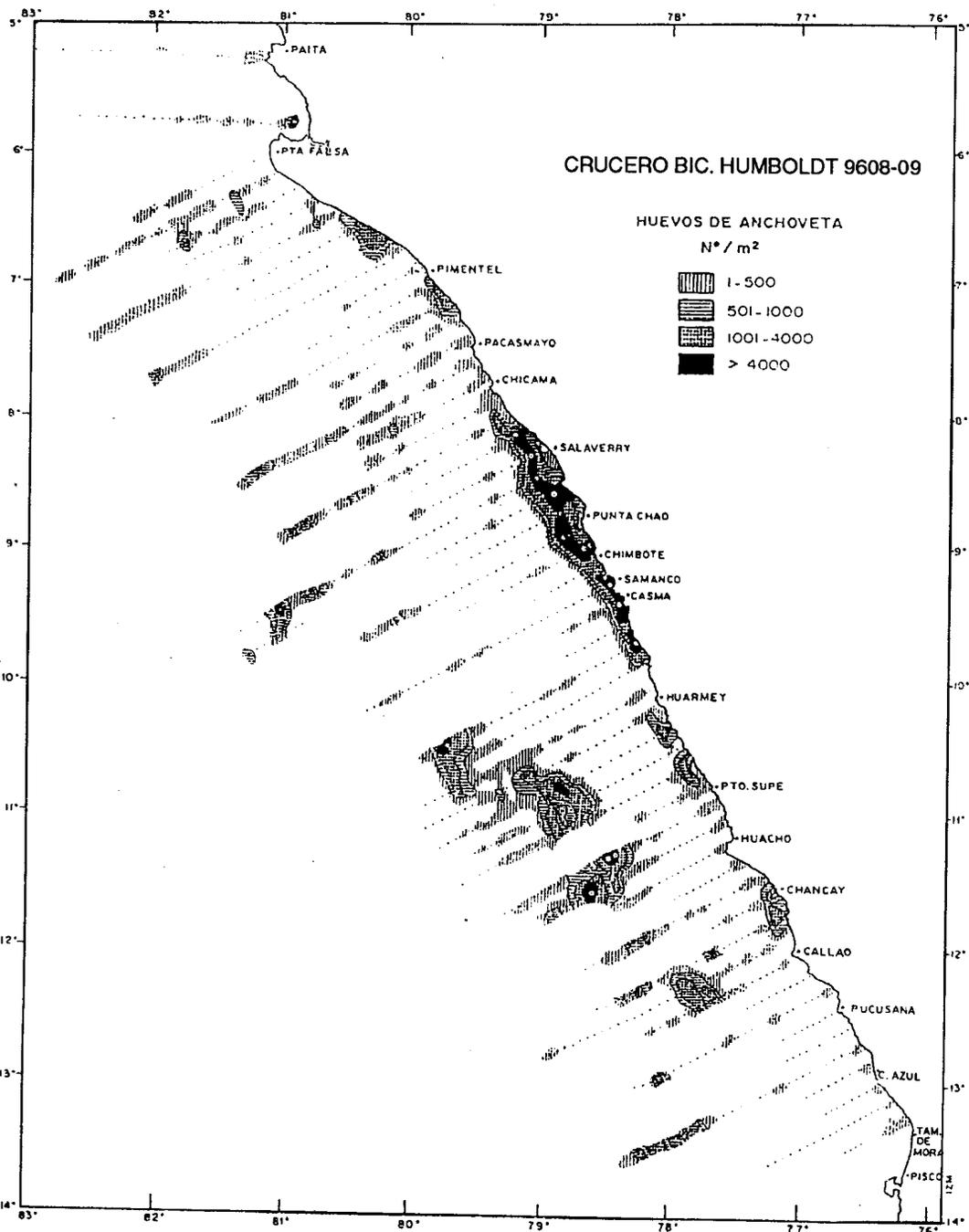


FIGURA 3. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta durante el Crucero de Evaluación de Biomasa desovante en invierno 1996. Cr. BIC Humboldt 9608-09.

oceánica no fue totalmente cubierta, pues el recurso se distribuyó por fuera de las 120 millas de la costa (Fig. 3). El mayor CV se observó en 1990 y de acuerdo con CARRASCO *et al.* (manuscrito) este alto valor se debió principalmente a que la región costera no había sido adecuadamente muestreada.

Fecundidad parcial (E)

La fecundidad parcial así como la fecundidad relativa, en casi todas las evaluaciones, han mantenido estimaciones poco variables (Tabla 2 y Fig. 4). Sin embargo, en 1996 se incrementó la fecundidad parcial en casi 6000 ovocitos/peso de hembra. AYÓN Y BUITRÓN (1997)

Tabla 2.- Fecundidad relativa de anchoveta.
(Fuente: AYÓN y BUITRÓN 1997).

Años	Fecundidad relativa	n
1981	577	105
1990	549	43
1994	546	71
1995	472	149
1996	902	259

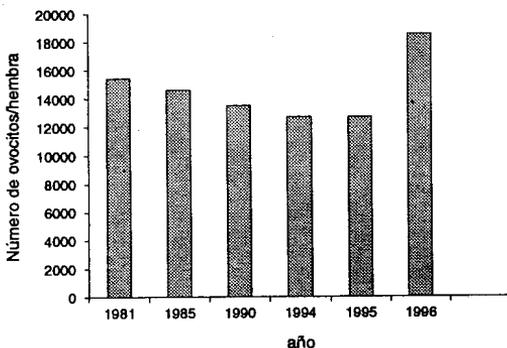


FIGURA 4. Fecundidad de la anchoveta encontrados durante los cruceros MPH.

hallaron que la fecundidad individual por estructura de tamaño tuvo valores altos; es decir, que ejemplares del mismo tamaño tenían fecundidades altas; un caso extremo fue el de individuos de 30 g de peso total con ovarios que pesaban 11 g.

De acuerdo con ALHEIT (1989), la fecundidad relativa es una medida conveniente para comparar variaciones en la fecundidad de peces del orden Clupeiformes. Así, cuando se comparó la fecundidad relativa de la anchoveta, se observó coincidentemente que para 1996 tuvo un incremento de casi el 50% del valor obtenido en los últimos cruceros (Tabla 2). Este incremento probablemente se debió al cambio de dieta alimentaria, dado que la fracción zooplanctónica aumentó en aproximadamente 20% (ALAMO *et al.* 1997) produciendo un mayor aporte calórico y favoreciendo el potencial reproductivo de esta especie.

Frecuencia de desove (F)

DICKERSON *et al.* (1992) consideran que la frecuencia del desove depende en gran medida del periodo reproductivo en el que se estima, encontrándose más alto durante el pico del desove y más bajo en los otros periodos. Asimismo, esta variación, de acuerdo con BUITRÓN Y PEREA (1996), además puede deberse a otros factores como disponibilidad del alimento, reservas energéticas, edad de la población desovante, disminución en el reclutamiento. Por esas razones este parámetro es tan variable y debe ser tratado con mucho cuidado en el momento de su estimación.

ARMSTRONG *et al.* (1988) y MELO (1994) consideraron solamente la información de los folículos post-ovulatorios del día 1, para evitar un problema del sesgo causado por los de mayor edad (día 2).

Tabla 3.- Coeficientes de variación de los parámetros y la biomasa de los cruceros

Parámetros	1981 ⁽¹⁾	1985 ⁽²⁾	1990 ⁽²⁾	1994 ⁽³⁾	1995 ⁽⁴⁾	1996 ⁽⁵⁾
P _o	0,26	Sin datos	0,32	0,09	0,16	0,25
W	0,03		0,03	0,08	0,04	0,01
E	0,04		0,03	0,02	0,04	0,01
R	0,06		0,24	0,22	0,18	0,19
F	0,05		0,05	0,08	0,04	0,05
B	0,28		0,28	0,25	0,16	0,31

(1) SANTANDER *et al.* 1984, (2) CARRASCO y AYÓN 1990, (3) GUZMÁN *et al.* 1995, (4) AYÓN 1996, (5) AYÓN y BUITRÓN 1997

Los valores de frecuencia de desove obtenidos han sido variados, los cuales fluctuaron entre 0,054 a 0,16, rango que debería ampliarse entre 5 y 19% de acuerdo a BUITRÓN Y PEREA (1996). Los CV han estado en un rango entre 0,06 y 0,25 (Tabla 3). En general, el rango de los valores estimados para la anchoveta es similar a los hallados para otros engrúlididos en otros mares del mundo.

Proporción sexual (R)

Este parámetro presentó una variación muy ligera con rango entre 0,5 y 0,56; con un CV muy bajo, menor al 0,08 (Tabla 3). Consideramos que este parámetro es el más estable en comparación con los otros.

Peso promedio (W)

El promedio de peso de hembras maduras ha variado entre 23,5 g y 29,79 g con un CV bastante estable (Tabla 3). Sin embargo, en 1996 se obtuvo el mayor promedio en peso y con el CV más bajo; y esto se debió en parte a la situación explicada anteriormente para la fecundidad parcial. Estas pequeñas variaciones no afectaron las estimaciones finales de la biomasa desovante.

Biomasa desovante de anchoveta (B)

En la Tabla 1 se muestran los estimados de biomasa con sus respectivos valores estadísticos para seis años: 1981, 1985, 1990, 1994, 1995 y 1996. Puede apreciarse que la mayor biomasa desovante de determinó para el invierno de 1985 (8,5 millones t) y la menor se encontró en el invierno de 1981 (1,2 millones t).

En general los CV encontrados estuvieron influenciados por la producción diaria de huevos; sin embargo, en 1994 el CV alto estuvo dado principalmente por la frecuencia de desove, a pesar de que en este periodo el CV del P_o fue bajo en comparación con otros años (Tabla 3). Esto estaría indicando que no solamente el parámetro de la producción diaria de huevos (P_o) influye en el CV sino también es necesario tener mayor precisión en la frecuencia de desove (F).

Otro aspecto importante está dado por los valores de los parámetros; así podemos apreciar, por ejemplo, que en el año 1996, pese a que hubo una alta producción diaria de huevos (P_o), la fecundidad (E) fue alta en comparación con otros años, haciendo que el estimado final de la biomasa desovante (B) disminuyera.

CONCLUSIONES

1. Los parámetros empleados en el Método de Producción de Huevos (MPH) son muy sensibles a los cambios en los estimados de la biomasa desovante (B), por lo que es importante minimizar la varianza, con la finalidad de obtener resultados más precisos.

2. Los parámetros que intervienen en la estimación de la biomasa desovante por el MPH se pueden clasificar en dos grupos: (a) uno cuya estimación no presenta mayores dificultades, bastante precisos como son peso (W) y proporción sexual (R); y (b) otro grupo que presenta muchas dificultades en su estimación y son menos precisos, como son producción diaria de huevos (Po), frecuencia de desove (F) y fecundidad parcial (E), pudiendo afectar de modo muy significativo la estimación final de la biomasa desovante.

REFERENCIAS

- ALAMO, A., P. ESPINOZA, P. ZUBIATE e I. NAVARRO. 1997. Comportamiento alimentario de la anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, durante el invierno de 1996. Crucero BIC Humboldt 9608-09. Inf. Inst. Mar Perú 123:38-46.
- ALHEIT, J. 1989. Comparative biology of anchovies, sardines and sprats. Rapp. P.-v. Reun. cons. int. Explor. Mer. 191:7-14.
- ARMSTRONG, M., P. SHELTON, I. HAMPTON, G. JOLLY e Y. MELO. 1988. Egg production estimates of anchovy biomass in the Southern Benguela System. Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Report. Vol. 29:137-157.
- AYÓN, P. 1996. Biomasa desovante 1995 del stock norte-centro de la anchoveta peruana *Engraulis ringens*, estimada por el Método de Producción de Huevos. Inf. Inst. Mar Perú 119:27-33.
- AYÓN, P. y B. BUITRÓN. 1997. Estimación de la biomasa desovante del stock norte-centro de la anchoveta por el método de producción de huevos durante el invierno 1996. Inf. Inst. Mar Perú 123:13-19.
- BUITRÓN, B. y A. PEREA. 1996. Frecuencia de desove de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* en agosto y setiembre de 1995. Inf. Inst. Mar Perú 119:27-33.
- CÁRDENAS, G., L. ESCUDERO, A. ECHEVARRÍA y J. PELLÓN. 1997. Distribución, concentración y aspectos biológico pesqueros de los principales recursos pelágicos. Crucero BIC Humboldt 9608-09. Inf. Inst. Mar Perú 123: 28-37.
- CARRASCO, S. y P. AYÓN. 1990. Biomasa desovante de la anchoveta y sardina en agosto de 1990. Informe interno del Área de Evaluación de Producción Secundaria. DGOB. DGIO. IMARPE.
- DICKERSON, T., B. MACEWICZ y J. HUNTER. 1992. Spawning frequency and batch fecundity of chub mackerel *Scomber japonicus*, during 1985. CalCOFI Rep. Vol. XXIX:130-140.
- GUZMÁN, S., P. AYÓN y P. PIZARRO. 1995. Biomasa desovante de la anchoveta y condiciones oceanográficas. Crucero 9408-10. BIC SNP-1 y bolicheras. Inf. Inst. Mar Perú 115:1-115.
- MELO, Y. 1994. Spawning frequency of the anchovy *Engraulis capensis*. S. Afr. mar. Sci. 14:321-331.
- SANTANDER, H., P. E. SMITH y J. ALHEIT. 1982. Determinación del esfuerzo de muestreo requerido para el estimado de producción de huevos de anchoveta *Engraulis ringens*, frente al Perú. Bol. Inst. Mar Perú 7(1):5-8.
- SANTANDER, H., J. ALHEIT y P. E. SMITH. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana *Engraulis ringens* en 1981 por aplicación de Método de Producción de Huevos. Bol. Inst. Mar Perú. 8(6):209-250.
- SMITH P. E., E. W. FLERX y R. P. HEWITT. 1985. The CalCOFI Vertical Egg Tow (CalVET) Net. En: An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy, *Engraulis mordax* (Reuben Lasker, Editor). NOAA Technical Report NMFS 36:27-32.
- STAUFFER, G. D. Y S. J. PICQUELLE. 1980. Estimates of the 1980 spawning biomass of the central sub-population of northern anchovy. Southwest Fisheries Center Administrative Rep. Nº LJ: 80-90.

INTERACCIÓN TRÓFICA MERLUZA-ANCHOVETA: ¿EXISTE REALMENTE IMPACTO POR PREDACIÓN?

PEPE ESPINOZA¹

RESUMEN

ESPINOZA, P. 2000. Interacción trófica merluza-anchoveta: ¿existe realmente impacto por predación?. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 15-20.

Se analiza la importancia de la anchoveta en la dieta de la merluza durante el período 1996-1999, en términos de biomasa, para discutir los efectos de la interacción merluza-anchoveta. Los resultados obtenidos indican que las anchovetas >10 cm constituyen una de las presas más importantes en la dieta de merluzas que miden 31 a 40 cm de longitud. Esta interacción se presenta generalmente en años normales, es decir, sin un evento El Niño. Cuando no hay predación sobre la anchoveta, se incrementa el canibalismo dentro de las poblaciones de merluza, lo que se grafica en una regresión potencial inversa entre ambos casos. Considerando que las áreas principales de distribución de ambos recursos no coinciden totalmente, se discute si la predación por parte de la merluza pueda estar impactando realmente a la población de anchoveta.

PALABRAS CLAVE: merluza, anchoveta, predación, predador-presa, mar peruano.

ABSTRACT

ESPINOZA, P. 2000. Peruvian hake-anchoveta trophic interaction: does the impact caused by predation really exist?. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 15-20.

The importance of anchovy in Peruvian hake's diet is analysed according to biomass, in order to discuss the effects of hake-anchovy interaction during 1996-1999. Results obtained indicate that anchovetas larger than 10 cm are one of the most important preys for hakes measuring 31 to 40 cm long. This interaction mainly occurs under normal environmental conditions, without any El Niño event. It has been observed that cannibalism increases when predation on anchovy does not occur; this fact is here represented by an inverse potential regression between the two cases. The real impact of hake predation on anchovy population is discussed because the main distribution areas of both anchovy and hake resources are not coincident.

KEY WORDS: Peruvian hake, anchoveta, predation, predator-prey, Peruvian sea.

INTRODUCCIÓN

La interrelación merluza-anchoveta ha sido estudiada con cierto detalle por MUCK *et al.* (1988), MUCK (1989) y FUENTES *et al.* (1989), quienes hallaron que la predación de la merluza sobre la anchoveta no es significativa en sus principales áreas de distribución. Sin embargo, ESPINO *et al.* (1985) mencionan que esto podría cambiar

durante un evento El Niño, ya que la merluza se desplaza hacia las áreas de mayor concentración de anchoveta. Tal apreciación no pudo confirmarse durante El Niño 1997-98 debido a la alternancia de presas observada (ALAMO y ESPINOZA 1997b, BLASKOVIC´ y ESPINOZA 1998), pues el comportamiento alimentario de la merluza se ha adecuado a las condiciones fluctuantes de su entorno, que modifican

¹ Laboratorio de Ecología Trófica, DGIRH. IMARPE.
E-mail: pespinoza@imarpe.gob.pe

la distribución de sus presas, y varían sus componentes tróficos. Al respecto, PRENSKI y ANGELESCU (1993) mencionan que la explotación sobredimensionada de los stocks de merluza podría afectar seriamente el equilibrio entre la ingesta y la captura comercial, con cambios de componentes tróficos y descensos considerables de las capturas comerciales como ha ocurrido en algunas pesquerías de gádidos, clupéidos y engráulidos de otras latitudes.

Al considerarse la merluza como predador, esta acción puede ejercer un impacto sobre la población interactuante. Para ello siempre se necesita información de series de tiempo, con las cuales se puede llegar a un acercamiento a la realidad y contribuir de esa manera a entender los procesos que están implicados en las fluctuaciones de las poblaciones de interés, tanto comercial como ecológico.

Este trabajo forma parte de las investigaciones que se vienen realizando en el Laboratorio de Ecología Trófica del IMARPE, respecto a la predación sobre la anchoveta a distintos niveles, proponiéndose que los análisis en series de tiempo, del contenido estomacal de los principales predadores, son de gran utilidad para llegar a estimar el impacto de esta interacción.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha integrado el resultado de los análisis de 5.167 estómagos de merluza, efectuados desde abril 1996 hasta diciembre 1999, provenientes de los desembarques de pesca comercial en Paita y Tumbes. Se ha incluido, además, la información de 972 estómagos analizados en tres Cruceros de Evaluación del Stock de Merluza efectuados por el IMARPE: BIC SNP-1 9607-08 (ALAMO y ESPINOZA 1997a), BIC Humboldt 9705-06 (ALAMO y ESPINOZA 1997b), BIC José

Olaya Balandra 9806-07 (BLASKOVIC' y ESPINOZA 1998).

Con la información referida al peso porcentual de la anchoveta en la dieta de la merluza y la relación de las tallas predador-presa, se intenta estimar el impacto de predación de la merluza sobre la anchoveta referido a dos aspectos: (a) la relación entre capturas tróficas como medida de impacto de la predación; (b) sector de la población de la anchoveta sobre la que se produce la predación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Importancia de la anchoveta en la dieta de la merluza

Durante los cruceros 9607-08 y 9705-06, se ha hallado que la anchoveta constituye una presa de gran importancia para individuos de merluza entre 31 y 40 cm de longitud, grupo que es definido como una unidad trófica (ALAMO y ESPINOZA 1997a,b) (Figs. 1 y 2). Con relación al tamaño de la merluza, FUENTES *et al.* (1989) informaron que, para el período 1976-86, las merluzas hasta los 54 cm se alimentaron de anchoveta en primavera, y las comprendidas entre 35 y 54 cm lo hicieron

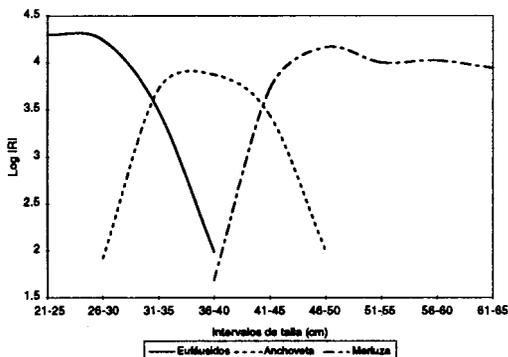


FIGURA 1. Presas más importantes por intervalos de talla de la merluza. Crucero BIC SNP-1 9607-08.

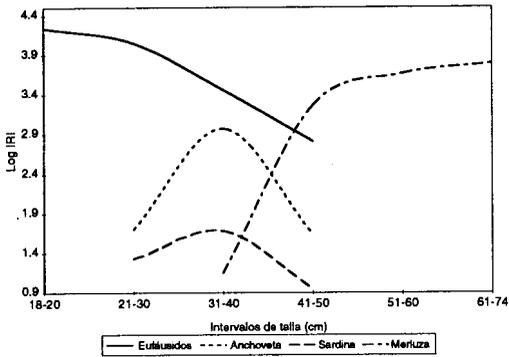


FIGURA 2. Presas más importantes por intervalos de talla de la merluza. Crucero BIC SNP-1 9705-06.

en otoño; CASTILLO *et al.* (1995), registraron que la anchoveta fue presa importante para las merluzas de 35 a 44 cm y de 50 a 69 cm, en la zona de Paita, en un año que no se presentó El Niño.

Al realizar la distribución de tallas de la anchoveta hallada en los estómagos de merluza colectada durante los Cruceros 9607-08 y 9705-06, se ha encontrado que la predación fue mayor sobre individuos entre 11-14 y 14-15 cm, respectivamente (Figuras 3 y 4). Al respecto, FUENTES *et al.* (1989) señalaron que la merluza en el

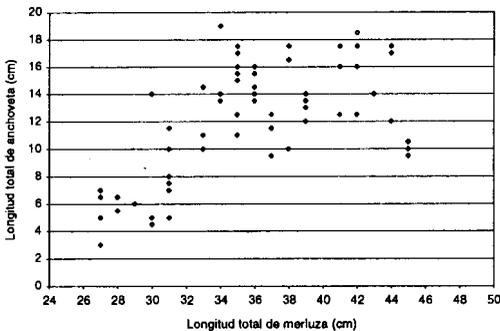


FIGURA 3. Distribución de longitudes de la anchoveta predada por la merluza durante el Crucero BIC Humboldt 9705-06.

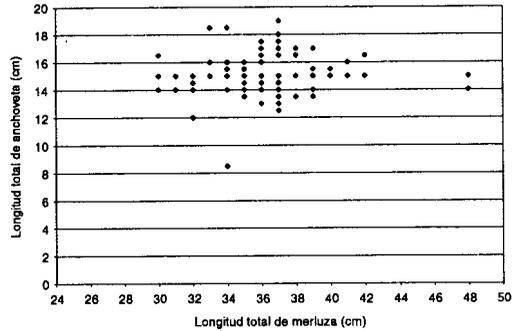


FIGURA 4. Distribución de longitudes de la anchoveta predada por la merluza durante el Crucero BIC Humboldt 9705-06.

verano consume anchovetas entre 9 y 12 cm principalmente; en otoño, las de 11 y 12 cm y en primavera las de 11-13 cm, coincidiendo con lo observado por MUCK (1989). Es importante mencionar que, según FERNÁNDEZ (1988), las merluzas entre 20 y 30 cm tienen 2 años, y entre 30 y 40 cm tienen de 3 a 4 años.

Un hecho similar se ha registrado en Sudáfrica, donde, en la costa oeste, *Engraulis capensis* fue la presa más importante para individuos de *Merluccius capensis*, menores de 30 cm (PUNT *et al.* 1992) y, en la costa sur, para individuos entre 20 y 30 cm; en este último caso representaba el 75% de la dieta en términos de biomasa (PILLAR y WILKINSON 1995). También se observó que *Engraulis capensis* empieza a ser importante en la dieta de *Merluccius capensis* de 2 años de edad (PUNT *op. cit.*) considerando además que esto obedece más a la alta disponibilidad de la anchoveta como presa.

La importancia de la anchoveta en la dieta de la merluza, considerando la biomasa, fue obtenida anualmente durante el periodo 1996-1999, la que fue relacionada como presa, con el peso porcentual de la

merluza, de acuerdo a la relación dada por ESPINO y WOSNITZA-MENDO (1989) (Figura 5). La relación obtenida durante este período concuerda con lo hallado por los autores mencionados, aunque ellos emplearon información de biomasa estimada a partir del análisis de cohortes para la merluza durante el periodo 1953-1987, e información de biomasa de anchoveta con datos recopilados de informes publicados. Además, manifestaron que la anchoveta podría estar controlando el tamaño del stock de merluza, vía depredación de los huevos de esta última.

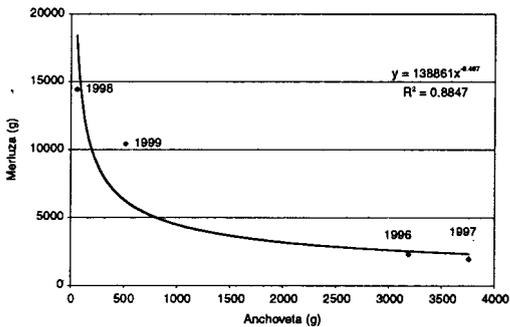


FIGURA 5. Importancia en términos de biomasa de la predación sobre anchoveta y el canibalismo en la merluza durante 1996-1999, provenientes de Paita y Tumbes.

Disponibilidad de la anchoveta como presa de la merluza

MUCK (1989) estimó la sobreposición de los stocks de anchoveta y de merluza y la predación, desde 1953 hasta mediados de los '80, concluyendo que la merluza consume anchoveta dependiendo de tres factores:

1. *Abundancia de los grupos ictiófagos de merluza*: principalmente los predadores de anchoveta, que corresponden a individuos entre 2 a 3 años, los cuales

constituyen el grupo más importante de la estructura poblacional de la merluza; al igual que el segmento de la población de anchoveta que consume, es decir, los individuos mayores de 10 cm.

2. *Extensión norte-sur del área de distribución de la merluza*: la que se amplía hacia el sur durante los eventos El Niño (ESPINO *et al.* 1985), y la fracción poblacional de la merluza que se distribuye en las zonas principales de la anchoveta, donde puede llegar a tener a esta especie como presa exclusiva; sin embargo, siendo la densidad de la merluza en estas zonas normalmente muy baja, su impacto en la población de la anchoveta es probablemente de poca importancia (MUCK *et al.* 1988).

3. *Disponibilidad de la anchoveta para la merluza*: sobre este aspecto, MUCK *et al.* (1988) mencionan que, en el área de la merluza, está presente sólo una pequeña fracción de la población total de la anchoveta; y eso explicaría su presencia limitada en la zona de Paita.

CASTILLO *et al.* (1995) durante la primavera 1989, considerado un año normal, registraron una predación intensa de *Merluccius gayi peruanus* sobre *Engraulis ringens* entre las 11 y 14 horas coincidiendo con el inicio del período de ingesta de las anchovetas mayores de 10 cm. Este hecho resulta similar a lo registrado por ANGELESCU y PRENSKI (1987), en el mar argentino, cuando los cardúmenes de *Merluccius hubbsi* se desplazan de la superficie al fondo y *Engraulis anchoita*, hacia la superficie, predando la merluza sobre los bordes inferiores de los cardúmenes de anchoita.

El desplazamiento de la merluza del fondo hacia la superficie y viceversa, nos da idea de la existencia de un momento de

superposición espacial con los cardúmenes de anchoveta, lo que al parecer sucede sólo parcialmente, en concordancia con lo mencionado en la interacción *Merluccius hubbsi* - *Engraulis anchoita* del mar argentino, en donde la predación se rige de acuerdo a la menor superposición espacial con respecto al área de distribución del predador (ANGELESCU y PRENSKI *op. cit.*).

Se desconoce si durante El Niño hay un encuentro masivo entre ambas especies (MUCK *et al.* 1988). Hay que mencionar que durante El Niño la distribución de la merluza en las zonas de la anchoveta no es muy concentrada y tiene un mayor radio de acción, estando a su disposición otras especies que reemplazan a la anchoveta en su dieta.

Para el caso de la predación, la probable relación sería la alternancia del consumo de anchoveta por la merluza en años que no se presenta El Niño, y el incremento del canibalismo en la merluza durante este evento.

CONCLUSIÓN

Los segmentos de población de la merluza (26 a 45 cm) y anchoveta (principalmente mayores de 10 cm) interactuantes, representan los sectores sometidos a una intensa pesquería y la predación tiene un relativo impacto sobre la anchoveta, en la zona donde ambas poblaciones confluyen, no afectando mayormente a esta última, ya que, de acuerdo a los antecedentes, ambas poblaciones tienen áreas de distribución con sobreposición mínima.

REFERENCIAS

- ALAMO, A. y P. ESPINOZA. 1997a. Comportamiento alimentario de la merluza peruana durante el invierno de 1996. Crucero BIC SNP-1 9607-08. Inf. Inst. Mar Perú 124:79-85.
- ALAMO, A. y P. ESPINOZA. 1997b. Espectro alimentario de la merluza peruana durante el otoño de 1997. Crucero BIC Humboldt 9705-06, Callao a Puerto Pizarro. Inf. Inst. Mar Perú 128:47-55.
- ANGELESCU, V. y L. B. PRENSKI. 1987. Ecología trófica de la merluza común del mar argentino (*Merlucciidae*, *Merluccius hubbsi*). Parte 2. Dinámica de la alimentación analizada sobre la base de las condiciones ambientales, la estructura y las evaluaciones de los efectivos en su área de distribución. Contrib. INIDEP N° 561. 205 pp.
- BLASKOVIC', V. y P. ESPINOZA. 1998. Alimentación de la merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* a comienzos del invierno 1998. Crucero BIC José Olaya Balandra 9806-07 de Puerto Pizarro a Huarmey. Inf. Inst. Mar Perú 138:63-70.
- CASTILLO, R., L. JUÁREZ y L. ALDANA. 1995. Composición y consumo del alimento de la merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* (Guichenot) con especial énfasis en la ración diaria total. Inf. Inst. Mar Perú 112. 18 pp.
- ESPINO, M., C. BENITES y M. MALDONADO. 1985. Situación de la población de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) durante "El Niño". En: ARNTZ, LANDA y TARAZONA (eds.). "El Niño" su impacto en la fauna marina. Vol. Extr. Bol. Inst. Mar Perú:159-162.
- ESPINO, M. y C. WOSNITZA-MENDO. 1989. Biomass of Hake (*Merluccius gayi*) off Peru 1953-1987. En: PAULY, MUCK, MENDO y TSUKAYAMA (eds.) The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings 18:297-305.
- FERNÁNDEZ, F. 1988. Crecimiento de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*) 1981-1987. En: SALZWEDEL y LANDA (eds.) Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Vol. Extr. Bol. Inst. Mar Perú:245-247.
- FUENTES, H., E. ANTONIETTI y P. MUCK. 1989. Alimentación de la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) de la zona de Paita. En: JORDÁN, KELLY, MORA, CH. DE VILDOSE y HENRÍQUEZ (eds.) CPPS, Rev. Pacífico Sur (número especial): 279-286.
- MUCK, P., M. ESPINO, H. FUENTES, C. WOSNITZA-MENDO y M. ESQUERRE. 1988. Predación de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*) sobre la anchoveta (*Engraulis ringens*). En: SALZWEDEL y LANDA (eds.) Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Vol. Extr. Bol. Inst. Mar Perú: 249-253.
- MUCK, P. 1989. Anchoveta Consumption of Peruvian Hake: A Distribution and Feeding Model. En: D. PAULY, P. MUCK, J. MENDO e I. TSUKAYAMA (eds.) The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings 18: 306-320.
- PILLAR, S. C. e I. S. WILKINSON. 1995. The diet of Cape hake *Merluccius capensis* on the south coast of South Africa. S. Afr. J. Mar. Sci. 15:225-239.

PRENSKI, L. B. y V. ANGELESCU. 1993. Ecología trófica de la merluza común (*Merluccius hubbsi*) del mar argentino. Parte 3. Consumo anual de alimento a nivel poblacional y su relación con la explotación de las pesquerías multiespecíficas. INIDEP Doc. Cient. 1:118 pp.

PUNT, A. E., R. W. LESLIE y S. E. DU PLESSIS. 1992. Estimation of the annual consumption of food by Cape hake *Merluccius capensis* and *M. paradoxus* off the South African west coast. EN: PAYNE, BRINK, MANN y R. HILBORN (eds.). Benguela Trophic Functioning. S. Afr. J. Mar. Sci. 12: 611-634.

CAMBIOS EN LA DIETA DE LA ANCHOVETA *ENGRAULIS RINGENS* Y SU INFLUENCIA EN LA DINÁMICA DE ALIMENTACIÓN

PEPE ESPINOZA Y VERÓNICA BLASKOVIC¹

RESUMEN

ESPINOZA, P. y V. BLASKOVIC¹. 2000. Cambios en la dieta de la anchoveta *Engraulis ringens* y su influencia en la dinámica de alimentación. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 21-27.

En cada uno de los Cruceros de Evaluación Hidroacústica realizados por el IMARPE, de 1996 a 1999, se ha relacionado el número de horas del período de ingesta de la anchoveta, tanto con la ración diaria de alimentación, como con la calidad de la dieta. Se ha tomado como base el análisis de 6.606 estómagos de anchoveta.

Se halló que durante El Niño el período de ingesta se inició más temprano, incrementándose el número de horas, con la consiguiente disminución de la ración diaria. En la zona norte-centro la alimentación era a base de diatomeas antes de El Niño, y de copépodos durante el evento; en la zona sur ocurrió lo contrario. Al final y después del evento, el consumo de copépodos predominó en ambas zonas.

Al término de El Niño la dieta varió de acuerdo a la talla. Los individuos <10 cm, en todo el litoral, consumieron principalmente copépodos, teniendo ritmo de alimentación nocturno, del atardecer al amanecer del día siguiente. Los ejemplares >10 cm tuvieron un ritmo diurno y se alimentaron sobre todo de copépodos en la zona norte-centro y de diatomeas en el sur.

Los cambios en la dieta durante el periodo estudiado confirman el carácter oportunista de la anchoveta ante las fluctuaciones del medio, cambiando la estrategia y dinámica de alimentación.

PALABRAS CLAVE: anchoveta, ritmo de alimentación, ración diaria, El Niño, mar peruano.

ABSTRACT

ESPINOZA, P. and V. BLASKOVIC¹. 2000. Changes in diet of Peruvian anchoveta *Engraulis ringens* and its influence on feeding dynamics. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 21-27.

On the basis of 6,606 stomachs of Peruvian anchoveta analysed, during 1996-1999, the number of hours used during the ingestion period has been related to the daily feeding ration and diet quality. Samples were collected during Hydroacoustic Evaluation Cruises carried out by IMARPE.

It has been found that the ingestion period started earlier during El Niño event. Total of ingestion hours increased and the daily feeding ration decreased. Before El Niño event, in the northern-central zone, the anchovy fed mainly on diatoms, and ate copepods during it; in the southern area the inverse fact was observed. At the end and after El Niño, in both areas, the copepods predominated in the diet.

When El Niño finished, the anchovy diet changed as its size increased. Along the littoral, individuals <10 cm fed on copepods and had a nocturnal feeding rhythm, from sunset to sunrise of the next day. Individuals >10 cm fed on copepods in northern-central area and on diatoms in southern area, showing a diurnal rhythm.

Changes in the diet during this period confirm the opportunistic character of anchovy, varying its strategy and feeding dynamics, when environment changes occur.

KEY WORDS: Peruvian anchoveta, feeding rhythm, daily ration, El Niño, Peruvian sea.

INTRODUCCIÓN

Por efecto de factores ambientales que modifican la distribución, tanto de la población de consumidores como de productores, los requerimientos dietéticos de todo individuo varían en el espacio y tiempo de acuerdo a la disponibilidad y calidad de alimento, propiciando un comportamiento alimentario oportunista, surgiendo con ello cambios en el flujo de energía (CRAWFORD 1987). Los estudios, en el ambiente natural, de la ración diaria de alimentación y los patrones de llenura estomacal, son herramientas útiles aplicables al conocimiento de la autoecología de una especie de pez, y sirven de base para validar los modelos de carácter bioenergético realizados experimentalmente (TUDELA Y PALOMERA 1995).

Una de las estrategias empleadas por los peces pelágicos ante situaciones de limitación de alimento, es segregarse por grupos de tallas, para evitar la competencia (PITCHER *et al.* 1985). En el caso de la

anchoveta peruana *Engraulis ringens*, al parecer no sólo ocurre esto sino que, al igual que la anchoveta de California *Engraulis mordax*, puede alternar dos estrategias de alimentación de acuerdo a la disponibilidad de las presas, empleando filtrado o mordisqueo del alimento (LEONG Y O'CONNELL 1969).

Estas consideraciones han motivado la realización del presente trabajo, habiéndose analizado los estimados de ración diaria durante 1996-1999, y ellos han variado conforme la dieta se ha ido modificando en el tiempo, al igual que los mecanismos alimentarios aplicados durante este período.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha recopilado la información obtenida del análisis de 6.606 estómagos de anchoveta, provenientes de los siguientes Cruceros de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos, efectuados por el IMARPE, desde 1996 hasta 1999:

BIC SNP-1 9602-04	Feb. -Abr. 1996	(ALAMO <i>et al.</i> 1996)
BIC SNP-1 9611-12	Nov. -Dic. 1996	(Manuscrito).
BIC SNP-1 y Humboldt 9702-04	Feb. -Abr. 1997	(ALAMO <i>et al.</i> 1997).
BIC Humboldt 9709-10	Set. -Oct. 1997	(ALAMO Y ESPINOZA 1998)
BIC Humboldt 9803-05	Mar. -May 1998	(ESPINOZA <i>et al.</i> 1998a).
BIC José Olaya Balandra 9808-09	Ago. -Set. 1998	(ESPINOZA <i>et al.</i> 1998b)
BIC José Olaya 9811-12	Nov. -Dic. 1998	(BLASKOVIC' <i>et al.</i> 1999)
BIC José Olaya 9902-03	Feb. -Mar. 1999	(Manuscrito)
BIC José Olaya 9911-12	Nov. -Dic. 1999	(Manuscrito)

Se ha recalculado la ración diaria de alimentación de la anchoveta referida al Crucero BIC SNP-1 9602-04, y se han

evaluado los estimados respectivos a los Cruceros BIC SNP-1 9611-12 y BIC José Olaya Balandra 9902-03. Luego, se han

relacionado los estimados de ración diaria y la duración del período de ingesta, comparándolos con el patrón de ritmo diario de alimentación para la especie.

En cada uno de los cruceros considerados se han obtenido los promedios de diatomeas, copépodos y eufáusidos, consumidos por individuo de anchoveta, separándolos para los dos principales stocks: región norte-centro (al norte de 14°S) y región sur (sur de los 14°S). La información correspondiente al Crucero BIC José Olaya Balandra 9808-09, se agrupó por intervalos de talla de 2 cm, ya que cubre un rango de 4,5 a 16 cm de longitud total.

Esta información fue sometida a un análisis de varianza de una vía ($\alpha=0,05$), para conocer si existen diferencias significativas en el consumo de los tres grupos planctónicos. Para el Crucero 9808-09, el cálculo de la similitud alimentaria por tallas se realizó con los datos transformados a la forma $\log(x+1)$, a fin de disminuir la variación, aplicando el Índice de Similitud de MORISITA. La periodicidad alimentaria de juveniles y adultos, fue calculada utilizando la regresión polinómica de tercer orden, con el fin de ver solamente las tendencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Periodo de alimentación

Durante 1996-1999 han ocurrido años fríos y cálidos, registrándose variaciones en el periodo de alimentación. En los años fríos las horas de ingesta tendieron a disminuir; y en los años cálidos tendieron a incrementarse, lo cual concuerda con lo señalado por PAULY *et al.* (1989) para el período de 1953-1982 (Fig. 1).

Siguiendo el ciclo de alimentación diaria de la anchoveta se observó que en los años

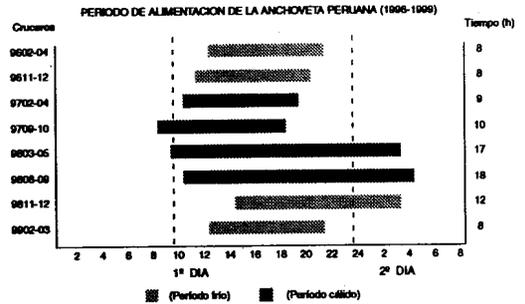


FIGURA 1. Progresión del período de ingesta de la anchoveta durante 1996-99.

cálidos comenzaba a alimentarse más temprano, y en los años fríos, más tardíamente. Esto difiere con lo señalado por PAULY *et al.* (1989), quienes encontraron un patrón diurno de alimentación de la anchoveta. Este patrón diurno guarda concordancia con lo mencionado por TUDELA y PALOMERA (1995) para la anchoveta europea *Engraulis encrasicolus*, y es opuesto a lo hallado por JAMES (1987), quien describió un patrón de alimentación nocturno para la anchoveta sudafricana *Engraulis capensis*, con dos puntos más altos, uno al anochecer y otro al amanecer.

Ración diaria

Los estimados de ración diaria de alimentación presentaron fluctuaciones, siendo notorio su descenso en épocas cálidas y su aumento en las frías, pero en diferente magnitud (Fig. 2). Durante los Cruceros 9602-04 y 9611-12 (1996 fue año considerado frío), la ración diaria se incrementó con respecto al promedio patrón; pero descendió notablemente en más del 40% durante el pico máximo de El Niño 1997-98; después fue incrementándose lentamente sin llegar aún a los niveles normales, concordante con el esquema de la caracterización del ambiente marino en función a los recursos

pelágicos, durante los años cálidos y fríos (Ñiquen *et al.* 1998), promoviendo con ello la alternancia de la oferta alimentaria y de los consumidores.

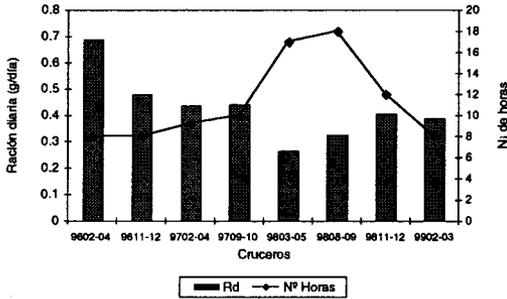


FIGURA 2. Ración diaria (Rd) de alimentación respecto del número de horas empleado en el período de ingesta.

Componentes de la dieta

Los componentes principales de la dieta fueron las diatomeas, los copépodos y, en menor medida, los eufáusidos. En la zona norte-centro (Fig. 3), la dieta estuvo constituida principalmente por diatomeas durante los períodos fríos (Cruceseros 9602-04 y 9611-12), y en los periodos cálidos por copépodos (Cruceseros 9702-04, 9709-10,

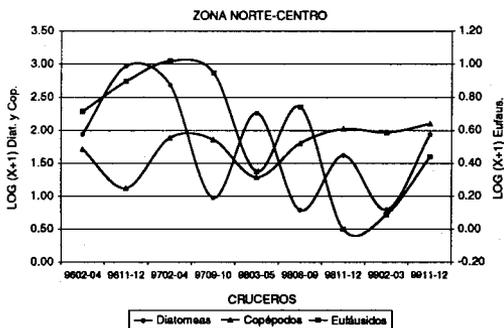


FIGURA 3. Fluctuación de los principales grupos plactónicos en la dieta de la anchoveta, al norte de los 14°S.

9803-05, 9808-09), encontrándose diferencias significativas en el consumo de los principales grupos planctónicos durante este período ($F=2,11$; $p<0,05$). Sin embargo, durante el período posterior a El Niño 1997-98, los copépodos fueron predominantes en la dieta (Cruceseros 9811-12, 9902-03 y 9911-12). La presencia de eufáusidos en la dieta fue concordante con la fluctuación de diatomeas registrada en los contenidos estomacales.

En la zona sur (Fig. 4) se encontraron diferencias significativas en el consumo de los grupos planctónicos componentes de la dieta ($F=1,47$; $p<0,05$). Las diatomeas y los eufáusidos presentaron la misma tendencia; sin embargo, los copépodos predominaron con relación a las diatomeas en la etapa fría, sucediendo lo contrario que en la etapa cálida, lo que estaría interrelacionado con las condiciones oceanográficas más tenues y a la presencia de otras masas de agua.

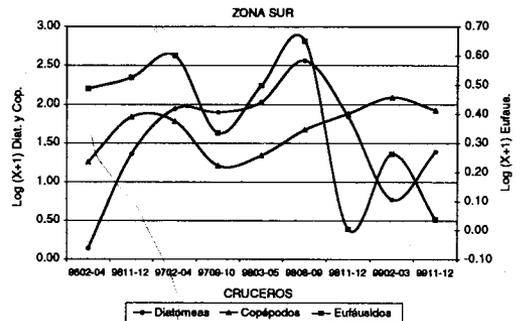


FIGURA 4. Fluctuación de los principales grupos plactónicos en la dieta de la anchoveta, al sur de los 14°S.

Según ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1969), en el contenido estomacal de anchoveta en la zona norte, predomina el fitoplancton y en el sur el zooplancton, principalmente copépodos; y, mencionaron que la temperatura probablemente actúe como

modificador de los procesos metabólicos, influyendo así en la digestión. VILLAVICENCIO y MUCK (1983) informaron que durante el evento El Niño 1982-83, las variaciones de temperatura influyeron en bajos desoves y poca disponibilidad de alimento, impidiéndole de esa manera satisfacer su ración mínima vital, induciendo el desplazamiento hacia zonas más frías.

Las condiciones ambientales durante el Crucero 9808-09 se caracterizaron por ser próximas a lo normal y corresponder a un período invernal (MORÓN 1998), describiéndose un panorama semejante al observado en setiembre 1982, cuando los principales componentes de la dieta de la anchoveta en la zona norte-centro fueron los copépodos y entre las diatomeas se observaron elementos propios de aguas cálidas (SÁNCHEZ *et al.* 1985). Debemos señalar que durante el invierno hay predominio del zooplancton en la dieta de la anchoveta y del fitoplancton en verano (ROJAS DE MENDIOLA 1978). También se debe tener en cuenta lo mencionado por TSUKAYAMA (1965), quien diferenció dos subpoblaciones de *Engraulis ringens* sobre la base del número de branquispinas, indicando que en el norte este número es mayor que en el sur, lo que permite inferir que la estrategia de alimentación por filtración en el norte es más eficiente que en el sur.

La presencia de elementos zooplanctónicos en la dieta de la anchoveta peruana va a fluctuar de acuerdo a la disponibilidad de alimento y el régimen ambiental físico. Un caso particular de la presencia de elementos zooplanctónicos en la dieta se da en la anchoveta sudafricana *Engraulis capensis* con un claro predominio de copépodos calanoideos y eufáusidos (JAMES 1987), discutiéndose la disponibilidad de los copépodos como alimento durante el período reproductivo (RICHARDSON *et al.* 1997).

Variación de la dieta según el tamaño de la anchoveta

Se analizó la similitud dietética en función del tamaño (Fig. 5) ($F=2,45$; $p<0,05$), con información del Crucero 9808-09, encontrándose que los individuos juveniles, entre 4-10 cm, conformaron un grupo con diferente comportamiento alimentario, respecto a los individuos adultos >10 cm. Los juveniles se alimentaron preferentemente de copépodos, en ambas zonas; los adultos se alimentaron mayormente de copépodos en el norte-centro y de diatomeas en el sur (Fig. 6). ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1969) mencionaron que en la dieta de adultos predominan los componentes fitoplanctónicos, y que larvas y juveniles prefieren el zooplancton, principalmente los copépodos. Durante el invierno, en una zona de afloramiento como San Juan, ROJAS DE MENDIOLA (1978) halló sólo zooplancton en estómagos de anchovetas entre 4,7 y 7,0 cm y en los individuos mayores predominó el fitoplancton; durante el verano solamente encontró individuos entre 11 y 16 cm en cuya dieta predominó el fitoplancton.

Esta diferencia en las dietas de adultos y juveniles, se hizo más notoria al analizar la cronología alimentaria para ambos

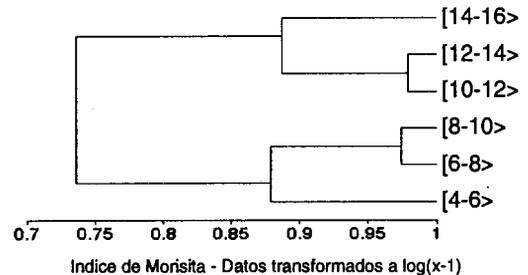


FIGURA 5. Dendrograma de similitud dietaria por intervalos de talla de la anchoveta. Crucero BIC Humboldt y BIC José Olaya Balandra 9808-09.

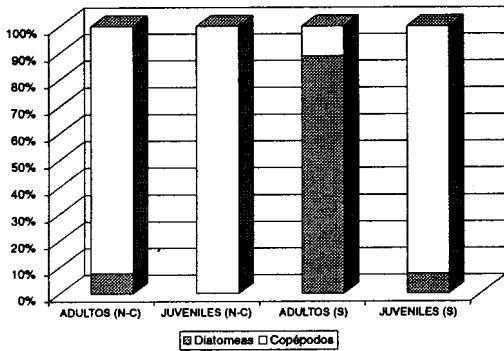


FIGURA 6. Proporción de diatomeas y copépodos en adultos y juveniles de anchoveta de las zonas Norte-Centro y Sur. Crucero BIC Humboldt y BIC José Olaya Balandra 9808-09.

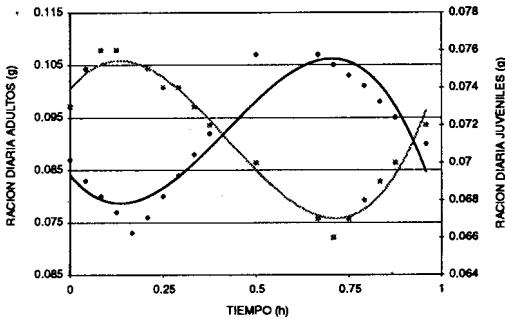


FIGURA 7. Cronología alimentaria por tallas de la anchoveta. Crucero 9808-09. Juveniles (menores de 10 cm) y adultos (mayores de 10 cm).

grupos (Fig. 7). Se observó la segregación horaria de alimentación en esta etapa post-Niño, destacando el hecho que mientras los adultos se alimentaban en un período diurno, los juveniles estarían en proceso de evacuación y el período de ingesta estuvo comprendido entre el atardecer y las primeras horas del día siguiente.

ESPINOZA *et al.* (1998) encontraron que la tasa de evacuación se vio incrementada al final de El Niño 1997-98, lo que estaría obedeciendo a que su aparato digestivo está diseñado para la filtración, aunque,

en contraposición a esta idea, hallaron que la anchoveta empleó un mayor número de horas en la ingesta y la tasa de ingestión respectiva disminuyó en relación con años anteriores, evidenciando de esa manera de acuerdo a la calidad de la dieta, un cambio de estrategia de alimentación pasando de filtración de diatomeas a la aprehensión de copépodos, principalmente, en concordancia con lo hallado para *Engraulis mordax* por LEONG y O'CONNELL (1969).

CONCLUSIONES

1. La calidad de la dieta influye en las estimaciones de ración diaria, así como también en la cronología alimentaria.

2. Un mayor consumo de copépodos y disminución de diatomeas en la dieta, implica un número mayor de horas durante el período de ingesta, como consecuencia de la constitución morfológica del sistema digestivo de tipo filtrador de la anchoveta.

3. Se comprobó la existencia de una segregación por intervalos de talla, por lo menos ante situaciones que no son habituales para la distribución del recurso, como la observada durante agosto y setiembre 1998.

Agradecimientos

Al personal del Laboratorio de Ecología Trófica del IMARPE y a la Blga. ALBERTINA KAMEYA por la revisión del presente informe.

REFERENCIAS

- ALAMO, A., I. NAVARRO, P. ESPINOZA y P. ZUBIATE. 1996. Relaciones tróficas, espectro alimentario y ración de alimentación de las principales especies pelágicas en el verano 1996. Inf. Inst. Mar Perú 122:36-46.
- ALAMO, A., P. ESPINOZA, P. ZUBIATE e I. NAVARRO. 1997. Comportamiento alimentario de los principales recursos pelágicos peruanos en verano y

- comienzos de otoño 1997. Inf. Inst. Mar Perú 127:82-89.
- ALAMO, A. y P. ESPINOZA. 1998. Variaciones alimentarias en *Engraulis ringens* y otros recursos pelágicos durante invierno-primavera 1997. Inf. Inst. Mar Perú 130:45-52.
- BLASKOVIC', V., P. ESPINOZA, F. TORRIANI e I. NAVARRO. 1999. Hábitos alimentarios de la anchoveta frente al litoral peruano durante la primavera 1998. Crucero BIC José Olaya Balandra 9811-12. Inf. Inst. Mar Perú 146:77-84.
- CRAWFORD, R. J. M. 1987. Food and population variability in five regions supporting large stocks of anchovy, sardine and horse mackerel. En: PAYNE, A. I. L., GULLAND, J. A. AND K. H. BRINK (eds.) The Benguela and Comparable Ecosystems. S. Afr. J. mar. Sci. 5:735-757.
- ESPINOZA, P. I. NAVARRO y F. TORRIANI. 1998a. Variaciones en el espectro alimentario de los principales recursos pelágicos durante otoño 1998. Crucero BIC Humboldt 9803-05 de Tumbes a Tacna. Inf. Inst. Mar Perú 135:134-142.
- ESPINOZA, P., V. BLASKOVIC e I. NAVARRO. 1998b. Comportamiento alimentario de *Engraulis ringens*, a finales del invierno 1998. Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 9808-09. Inf. Inst. Mar Perú 141:67-71.
- JAMES, A. G. 1987. Feeding ecology, diet and field-based studies on feeding selectivity of the Cape anchovy *Engraulis capensis* Gilchrist. En: PAYNE, A. I. L., GULLAND, J. A. AND K. H. BRINK (eds.) The Benguela and Comparable Ecosystems. S. Afr. J. mar. Sci. 5: 673-692.
- LEONG, R. J. H. y O'CONNELL, C. P. 1969. A laboratory study of particulate and filter feeding of the northern anchovy *Engraulis mordax*. J. Fish. Res. Bd. Can. 26: 557-582.
- MORÓN, O., N. DOMÍNGUEZ y P. CHAPILLIQUÉN. 1998. Características oceanográficas durante el crucero pelágico BIC Humboldt y BIC José Olaya Balandra 9808-09 de Paita a Los Palos (Tacna). Inf. Inst. Mar Perú 141:96-113.
- ÑIQUEN, M., A. ECHEVARRÍA, M. BOUCHON, J. QUIÑONEZ, J. VALDEZ y S. CAHUÍN. 1998. Cambios biológicos observados en los principales recursos pelágicos durante otoño de 1998 en el mar peruano. Crucero BIC José Olaya Balandra 9805-06 de Tacna a Máncora. Inf. Inst. Mar Perú 137:43-56.
- PAULY D., A. JARRE, S. LUNA, V. SAMBILAY JR., B. ROJAS DE MENDIOLA y A. ALAMO. 1989. On the quantity and types of food ingested by Peruvian anchoveta, 1953-1982. En: D. PAULY, P. MUCK, J. MENDO E I. TSUKAYAMA (eds.). The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings 18:109-124
- PITCHER, T. J., A. E. MAGURRAN y J. L. EDWARDS. 1985. Schooling mackerel and herring choose neighbours of similar size. Mar. Biol. 86:319-322.
- RICHARDSON, A. J., H. M. VERHEYE, J. G. FIELD, S. M. PAYNE y E. WRIGHT. 1997. Assessment of the food available to Cape anchovy during their spawning season. S. Afr. J. mar. Sci. 18: 113-117.
- ROJAS DE MENDIOLA, B., N. OCHOA, R. CALIENES y O. GÓMEZ. 1969. Contenido estomacal de anchoveta en cuatro áreas de la Costa Peruana. Inf. Inst. Mar Perú 27. 30 pp.
- ROJAS DE MENDIOLA, B. 1978. El alimento de la anchoveta *Engraulis ringens* J. en un área de afloramiento (San Juan). Inf. Inst. Mar Perú 49. 15 pp.
- SÁNCHEZ, G., A. ALAMO y H. FUENTES. 1985. Alteraciones en la dieta alimentaria de algunos peces comerciales por efecto del fenómeno El Niño. En: W. ARNTZ, A. LANDA y J. TARAZONA (eds.) El Niño su impacto en la fauna marina. Vol. Extraord. Bol. Inst. Mar Perú:135-142.
- TSUKAYAMA, I. 1965. El número de branquias como carácter diferencial de subpoblaciones de anchoveta *Engraulis ringens* en la Costa del Perú. Tesis para optar la licenciatura en Biología (UNMSM), Lima, Perú. 25 pp.
- TUDELA, S. e I. PALOMERA. 1995. Diel feeding intensity and daily ration in the anchovy *Engraulis encrasicolus* in the northwest Mediterranean Sea during the spawning period. Mar. Ecol. Prog. Ser. 129:55-61.
- VILLAVICENCIO, Z. y P. MUCK. 1983. La ración de mantenimiento, la densidad de mantenimiento de *Engraulis ringens* y *Sardinops sagax sagax* como una medida de su potencia ecológica. Bol. Inst. Mar Perú 7(4):73-107.

VARIACIÓN ESTACIONAL E INTERANUAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA Y CONCENTRACIONES DE CLOROFILA A, FRENTE A LA COSTA PERUANA DURANTE 1976 - 2000

SONIA SÁNCHEZ RAMÍREZ¹

RESUMEN

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(1-2): 29-43.

La distribución de las diversas masas de agua influyó en los patrones espaciales y temporales de los volúmenes de fitoplancton y clorofila a. Los eventos EN fueron negativos para la producción primaria, registrándose valores $<1,0 \text{ mL/m}^3$, y las especies oceánicas son las más abundantes. Los periodos fríos o "La Niña" favorecieron la biomasa fitoplanctónica alcanzando volúmenes promedio $>3,0 \text{ mL/m}^3$; la composición del fitoplancton también varía en periodos fríos, con ampliación de las áreas de afloramiento y dominan especies pequeñas de alta tasa de reproducción de las primeras fases de la sucesión.

Se observaron cambios significativos entre 1976-1987 y entre 1988-1999, asociados a periodos de baja y alta producción primaria.

PALABRAS CLAVE: plancton, fitoplancton, biomasa planctónica, fenómeno El Niño, La Niña, mar peruano.

ABSTRACT

SÁNCHEZ, S. 2000. Stational and interannual variation of the phytoplanktonic biomass and chlorophyll a in front of Peruvian coast during 1976-2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 29-43.

The distribution of the different masses of water produces significant changes in the spatial and temporal pattern of phytoplankton volumes and chlorophyll. The EN events had negative effects on the primary production, with low average volumes $<1,0 \text{ mL/m}^3$, with oceanic species as dominant. The cold phases or "La Niña" caused increment of the phytoplankton biomass, with average volumes $>3,0 \text{ mL/m}^3$. The composition of the phytoplankton has also variations in cold phase, with larger upwelling areas, dominating small species of high range of reproduction of the first fase of the succession.

Between 1976-1987 and 1988-1999 significant changes, associated to periods of low and high primary production were observed.

KEY WORDS: plankton, phytoplankton, planktonic biomass, El Niño event, La Niña event, Peruvian sea.

INTRODUCCIÓN

Las anomalías a las que está expuesto el ecosistema marino peruano, causadas por El Niño Oscilación Sur (ENOS), han traído consigo marcadas variaciones estacionales e interanuales influyendo

directamente en todos los niveles de las cadenas tróficas.

Las modificaciones observadas a lo largo de una serie de tiempo importante, han producido cambios en la distribución y composición del fitoplancton, el cual se

1 Área de Fitoplancton y Producción Primaria. DOB. DGIO. IMARPE.

ha caracterizado por su alto grado de endemismo, con una baja diversidad de especies en los ambientes más costeros, en contraste con los ambientes oceánicos. Su alto grado de sensibilidad ante condiciones anómalas ha hecho que sea considerado como un excelente sensor ambiental.

Estos cambios espacio-temporales nos han llevado a realizar estudios de interrelación entre los procesos físicos, químicos y biológicos, en donde los vientos superficiales juegan un rol importante.

El objetivo del presente trabajo es analizar las diversas modificaciones del plancton, con especial referencia del fitoplancton a nivel estructural (composición, distribución y organismos indicadores), asociadas a las cartas de distribución de clorofila *a*, en periodos cálidos y fríos. Adicionalmente se dan los valores medios estacionales y anuales de la biomasa planctónica, así como en la estación fija Chicama, en un periodo de 24 años (1976-2000).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos utilizados corresponden a información proveniente de los cruceros de investigación científica nacionales e internacionales, realizados entre 1976 y 2000, correspondientes al BIC SNP-1, BIC Humboldt, BAP Unanue, Tareq, Operaciones Eurekas y BIC Nansen.

Se emplean cartas de distribución superficial de los volúmenes de plancton (mL/m^3), así como cartas de distribución de los organismos fitoplanctónicos indicadores de masas de agua.

El área investigada está comprendida entre $03^{\circ}30'$ a $18^{\circ}30'S$ con una extensión aproximada de 200 mn afuera de la costa.

Las muestras para la determinación de los volúmenes planctónicos han sido colectadas con red estándar de fitoplancton de 75 micras de abertura de malla, realizando arrastres superficiales por 5 minutos a una velocidad de 3 nudos.

En el laboratorio se procedió a la obtención de los volúmenes mediante el método de centrifugación (2400 rpm) durante 5 minutos, utilizando la siguiente fórmula.

$$V = \text{vol. centrifugado}/K$$

Los resultados finales se dan a conocer en mililitros de plancton por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL/m^3). Cada muestra es analizada cualitativamente según su abundancia, otorgándole valores porcentuales a los principales grupos planctónicos dominantes, obteniendo de esta manera la mayor o menor predominancia del fitoplancton con respecto a otros grupos.

Las muestras para determinar la clorofila *a*, fueron obtenidas con botellas NANSEN y VAN DORN, para luego ser pasadas a través de filtros de fibra de vidrio WHATMAN GF/C, adicionándoles carbonato de magnesio y guardadas en una congeladora para su posterior análisis. El método empleado siguió las recomendaciones de LORENZEN (1967) desde 1967 hasta 1978; posteriormente se volvió a emplear el método espectrofotométrico de STRICKLAND Y PARSONS (1968). Las cartas de distribución de clorofila *a* han sido proporcionados por la Dirección de Oceanografía Química del IMARPE.

Se han obtenido promedios anuales y estacionales de los volúmenes de plancton para los años en mención, tomando en consideración la predominancia del fitoplancton en cada una de las áreas estudiadas. Se utilizan áreas isoparalitorales

correspondientes a 0-30; 30-60 y más de 60 mn, selección que se basa en los diferentes procesos biológicos que ocurren cerca y lejos de la costa. Para la descripción de la variación estacional de la biomasa fitoplanctónica se han tomado en cuenta los datos comprendidos entre los veranos 1990 y 2000. Las variaciones interanuales comprenden los periodos entre 1976 y 1999.

RESULTADOS

Periodos normales

Estudios sobre la composición, distribución del fitoplancton y clorofila a en el mar peruano, en una serie de tiempo importante, han permitido establecer patrones estacionales e interanuales de distribución en superficie acorde con las condiciones oceanográficas imperantes.

En periodos normales, la biomasa planctónica cerca de la costa es alta presentando volúmenes promedio $>3,0 \text{ mL/m}^3$, con una predominancia del fitoplancton en más del 80% de toda el área estudiada, concentraciones que van disminuyendo gradualmente conforme se aleja de la costa.

Composición especiológica

Se caracteriza por su alto grado de endemismo, destacando, en su etapa inicial, diatomeas pequeñas de alta tasa de reproducción (*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros debilis*, *Ch. curvisetus*, *Ch. affinis* y *Detonula pumilla*, entre otras); siguen especies de fases más avanzadas (*Thalassionema nitzschioides*, *Proboscia alata*, *Coscinodiscus* spp., *Lithodesmium undulatum*, etc.) Esta alternancia en la dominancia y sucesión especiológica de la comunidad fitoplanctónica estaría relacionada estrechamente a la intensidad

de los afloramientos con un periodo de transición espacial y temporal de ambientes turbulentos y ambientes más estables en la columna de agua. En ambientes oceánicos el fitoplancton está representado principalmente por los dinoflagelados (*Ceratium gibberum*, *C. trichoceros*, *C. macroceros*, *C. kofoidii*, *Protoperidinium oceanicum*, entre otros), así como diatomeas grandes con baja tasa de asimilación y reproducción (*Chaetoceros coarctatus*, *Ch. peruvianus*, *Guinardia flaccida*, *Planktoniella sol*, *Pseudosolenia calcar avis*, *Rhizosolenia styliformis*, etc.).

Cambios estacionales

Estacionalmente, los máximos picos de concentración de la biomasa planctónica con el predominio del fitoplancton se registran en primavera y parte de otoño.

En cuanto a la concentración de clorofila a, alcanza su máximo a mediados de verano y comienzos de otoño, decreciendo en invierno. Su distribución está asociada a procesos locales de circulación, con concentraciones que oscilan entre $0,02$ y $12,69 \text{ ug.L}^{-1}$.

Indicadores de masas de agua

Los indicadores biológicos de masas son de gran utilidad en la detección temprana del evento EN. El mar frente a la costa peruana está influenciado por las siguientes masas de agua:

- Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), distribuidas al norte de 4°S y pueden llegar hasta 6°S con temperaturas $>22^{\circ}\text{C}$ y salinidad de 34,8 ups. Su indicador biológico señalado es el dinoflagelado *Ceratium breve*.
- Aguas Costeras Frías (ACF), localizadas a lo largo del litoral peruano, muy ricas

en nutrientes, de temperaturas bajas entre 13 °C y 17 °C en invierno y de 17 °C y 23 °C en verano, asociadas a valores de salinidad <35,1 ups. Su indicador biológico señalado es el dinoflagelado *Protoperidinium obtusum*.

- Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), se localizan al oeste de las ACF, se caracterizan por presentar temperaturas >19 °C y salinidades de 35,1 ups. Como sus indicadores biológicos se han señalado a *Ceratium praelongum*, *C. incisum* y *C. extensum*.

La distribución normal de estos organismos nos estaría indicando condiciones normales, para el período en estudio.

Periodos cálidos

En general los patrones de distribución de la comunidad fitoplanctónica anteriormente descritos, en períodos cálidos o eventos EN o El Niño (1976; 1982-83; 1986-87; 1992-93 y 1997-98) sufren diversas modificaciones según la intensidad del mismo. Entre los factores más indicativos tenemos: la menor concentración de fitoplancton; la drástica disminución del área de distribución de las diatomeas que se retiran a áreas muy costeras o desaparecen; y la amplia distribución en el plancton nerítico de especies termófilas (*Ceratium trichoceros*, *C. hexacantum*, *C. gravidum*, *Goniodoma polyedricum*, *Ceratocorys borrida*, *C. reticulata*, etc.), provenientes de ASS o AES.

El Niño 1982-83, «Niño Extraordinario»

Temperaturas superficiales del mar (TSM)

Comenzó a manifestarse en el segundo semestre de 1982, iniciándose con un proceso de débil calentamiento, el mismo que en setiembre ya registraba anomalías positivas de +2 °C a +3 °C, causadas por

la penetración anormal de las ASS, principalmente de 8°S a 13°S, mientras que las AES se encontraban al norte de Puerto Pizarro. Esta anomalía térmica se acentuó considerablemente en noviembre y diciembre con valores de +4 °C a +6 °C por encima del promedio normal. El fitoplancton ante estos cambios océano-atmosféricos, se replegó a áreas muy costeras con focos de concentración relativamente altos (4 mL/m³) observados de Talara a Paita y entre Huarmey – Punta Doña María. Para verano y otoño 1983, las concentraciones de plancton decrecieron notablemente encontrándose, en más del 93% de las muestras, valores menores de 0,1 mL/m³, con focos aislados de 0,5 mL/m³. Las temperaturas registradas en este evento El Niño excedieron a los 31 °C frente a Paita y valores >24 °C frente al Callao (Figs. 1, 2 y 3).

Clorofila a

Los núcleos importantes estuvieron estrechamente relacionadas a las mayores concentraciones del fitoplancton. En el segundo semestre 1982 alcanzaron valores de 3 ug.L⁻¹, con focos aislados superiores a 5 ug.L⁻¹. Para el verano 1983, dichas concentraciones tendieron a disminuir, manteniéndose aún en la región costera núcleos superiores a los 3 ug.L⁻¹ con mínimos menores de 1,0 ug.L⁻¹ (Fig. 4).

Los indicadores de masas de agua

Registraron el desplazamiento de las mismas, logrando identificar su distribución y extensión (Fig. 5).

Ceratium breve, especie tropical intolerante, en setiembre 1982 se encontró desde Puerto Pizarro a Paita hasta las 60 mn; y de Punta Aguja a Chicama por fuera de las 60 mn. Este ligero desplazamiento aun cuando las

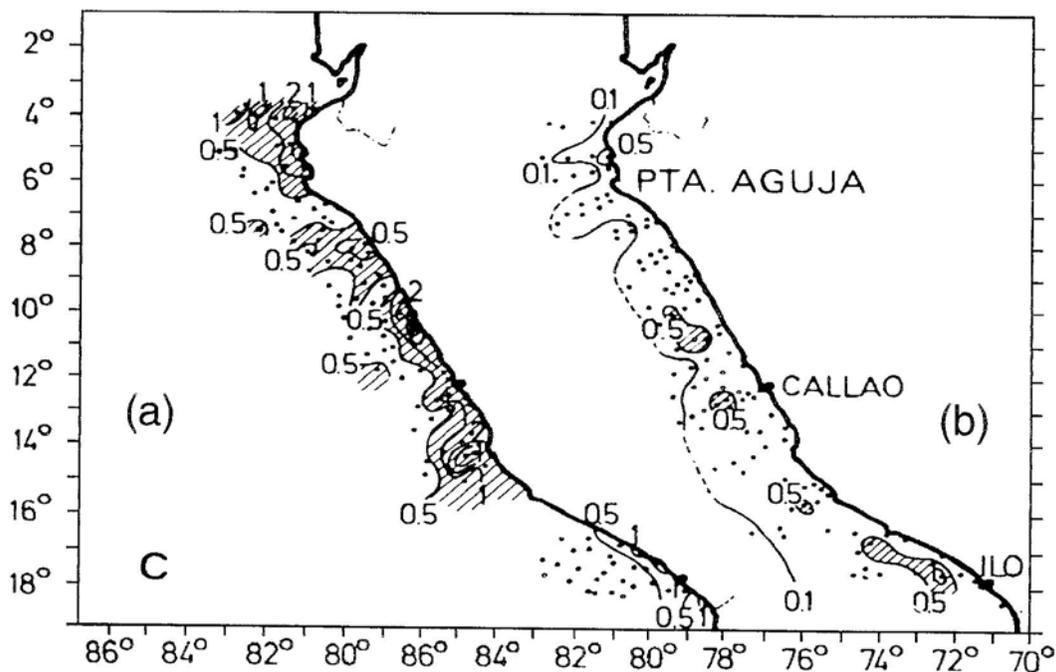


FIGURA 1. Distribución de volúmenes de plancton (mL.m⁻³) (a) octubre 1981 y (b) noviembre-diciembre 1982. ROJAS DE MENDIOLA *et al.* 1985.

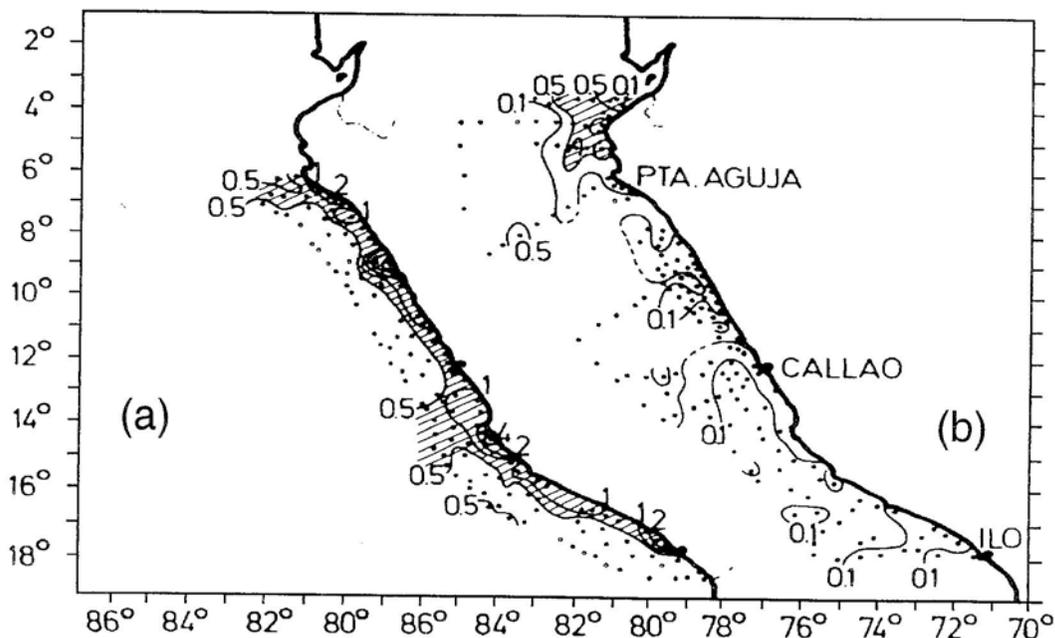


FIGURA 2. Distribución de volúmenes de plancton (mL.m⁻³) (a) febrero 1975 y (b) enero-febrero 1983. ROJAS DE MENDIOLA *et al.* 1985.

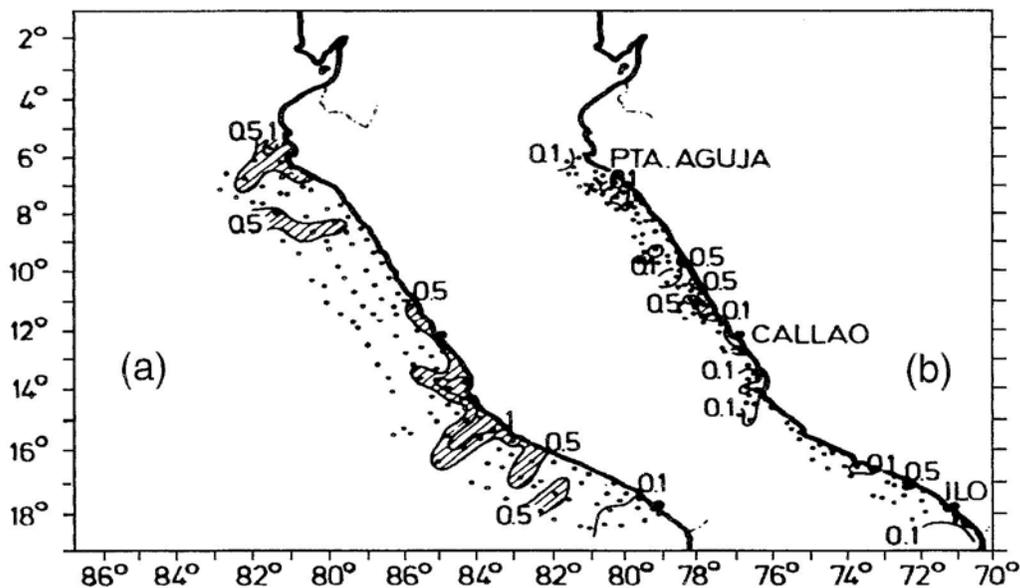


FIGURA 3. Distribución de volúmenes de plancton (a) mayo 1974 y (b) marzo-abril 1983. ROJAS DE MENDIOLA *et al.* 1985.

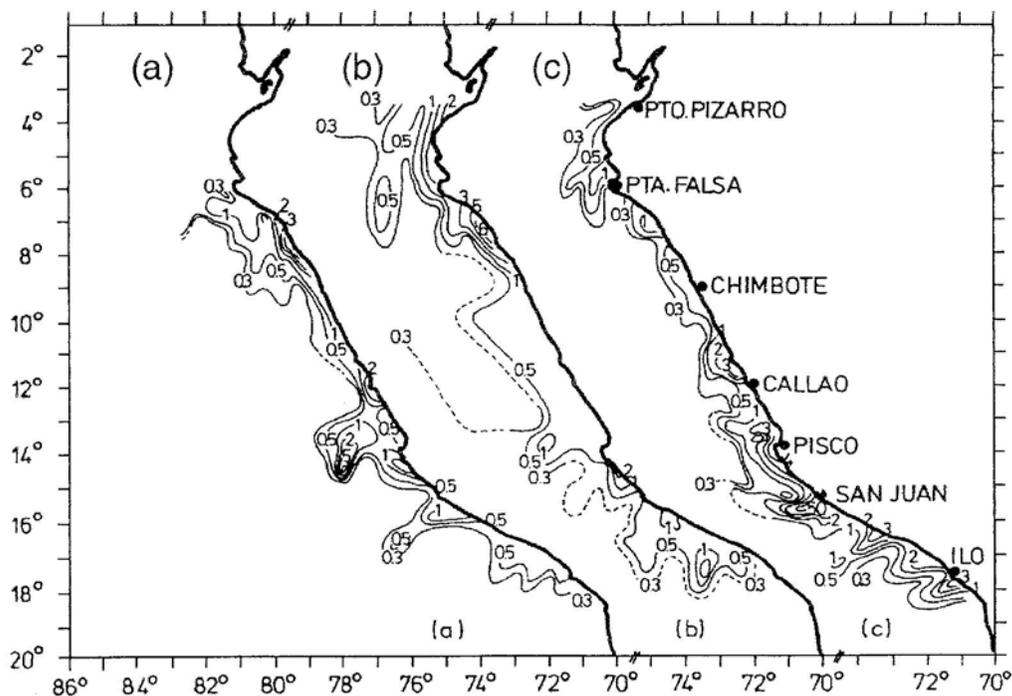


FIGURA 4. Distribución de la clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) 82, (b) enero 82-febrero 83 y (c) marzo-abril 83. GUILLÉN *et al.* 1985.

condiciones oceanográficas no señalaron la presencia de aguas AES, anunciaba el inicio de las anomalías con características que ya conocemos. Durante noviembre y diciembre, este indicador llegó hasta el Callao por fuera de las 30 mn, asociado a TSM $>22^{\circ}\text{C}$ y salinidades relativamente altas de 35,0 a 35,5 ups, probablemente debido a procesos de mezcla de ASS.

Ceratium praelongum, especie estrictamente tropical, está asociada a salinidades mayores de 35,1 ups o ASS. Este organismo en setiembre 1982 se acercó a la región costera en el norte y en el sur; luego se dispersó a lo largo de todo el litoral peruano. En enero y febrero 1983 disminuyó notablemente su abundancia debido a la presencia de AES.

Protopepidinium obtusum, en setiembre 1982, redujo su distribución exclusivamente a áreas costeras, asociada a TSM menores de 18°C y salinidades menores de 35,1 ups. En noviembre y diciembre, cuando el calentamiento fue muy marcado, este indicador limitó notoriamente su distribución a sólo áreas costeras al norte y centro del litoral. Desapareció en enero y febrero 1983. En marzo y abril 1983, asociado a un ligero enfriamiento, reapareció en Chimbote, de Cerro Azul a Pisco y de Atico a Ilo.

La recuperación del fitoplancton después de cada evento El Niño ha sido gradual, sin embargo, después de El Niño 1982-83 se mantuvieron concentraciones muy bajas, $<0,5\text{ mL/m}^3$, asociadas a la permanencia de ASS en nuestras costas (Fig. 6).

Periodos fríos

Los eventos fríos conocidos como La Niña (1977, 1985, 1988-89, 1996 y 1999) se caracterizan por una intensificación de los afloramientos costeros con la consiguiente

fertilización del mar frente a la costa peruana. Estas condiciones favorecerían el desarrollo de las comunidades fitoplanctónicas; sin embargo, es necesario de un periodo de calma o relajación de los afloramientos, que permitan al fitoplancton generar nuevas células para el incremento gradual de sus volúmenes. Los procesos advectivos ocasionados por los fuertes vientos determinarían la dispersión de las diatomeas propias de las primeras fases de la sucesión ampliando su distribución hasta por fuera de las 60 mn.

Para la primavera 1996 y 1999, se registraron concentraciones de plancton promedio superiores a 3 mL/m^3 , con núcleos importantes localizados en las áreas de afloramiento. Los indicadores biológicos de masas de agua mantienen una distribución dentro de los patrones normales, observándose una ampliación en la distribución de su principal indicador *Protopepidinium obtusum* (ACF) hasta por fuera de las 60 mn, desplazando a los indicadores de ASS hasta por fuera de las 100 mn (Figs. 7 y 8).

En cuanto a la clorofila se identifican núcleos importantes superiores a los 15 ug.L^{-1} en las principales áreas de afloramiento (Fig. 9).

Variación estacional e interanual de la biomasa planctónica y fitoplancton

En general, los picos máximos del fitoplancton se registran en primavera, debido a condiciones favorables de luz y nutrientes, y eventualmente, en otoño.

En eventos EN, dentro de las 30 mn, la biomasa planctónica es pobre durante todo el año. El fitoplancton disminuye notablemente en biomasa y concentración celular; sin embargo, pueden identificarse algunos núcleos aislados en la parte más

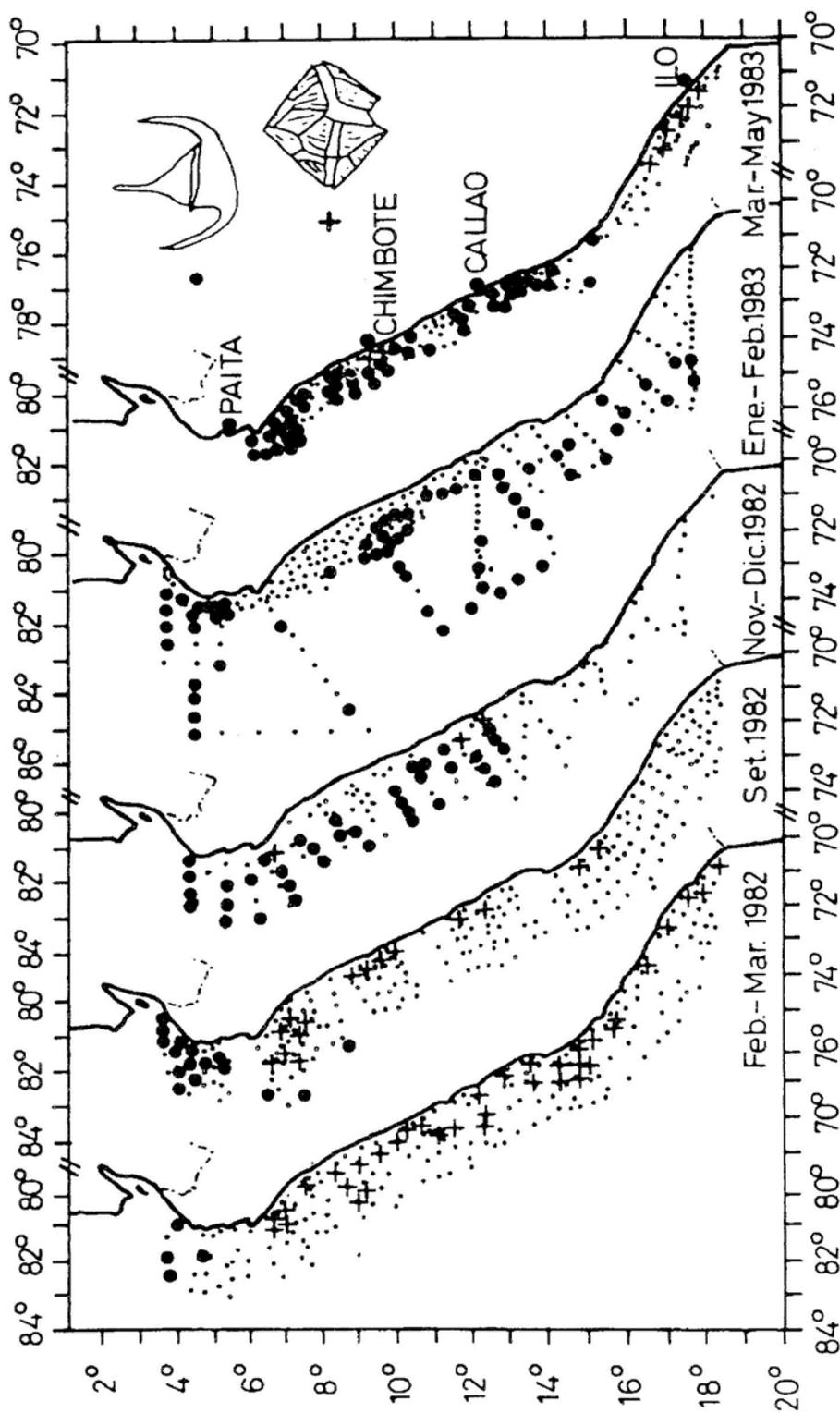


FIGURA 5. Distribución de los indicadores de masas de agua: *Ceratium breve* (•) y *Protoperidinium obtusum* (+). El Niño 1982-83. OCHOA *et al.* 1985.

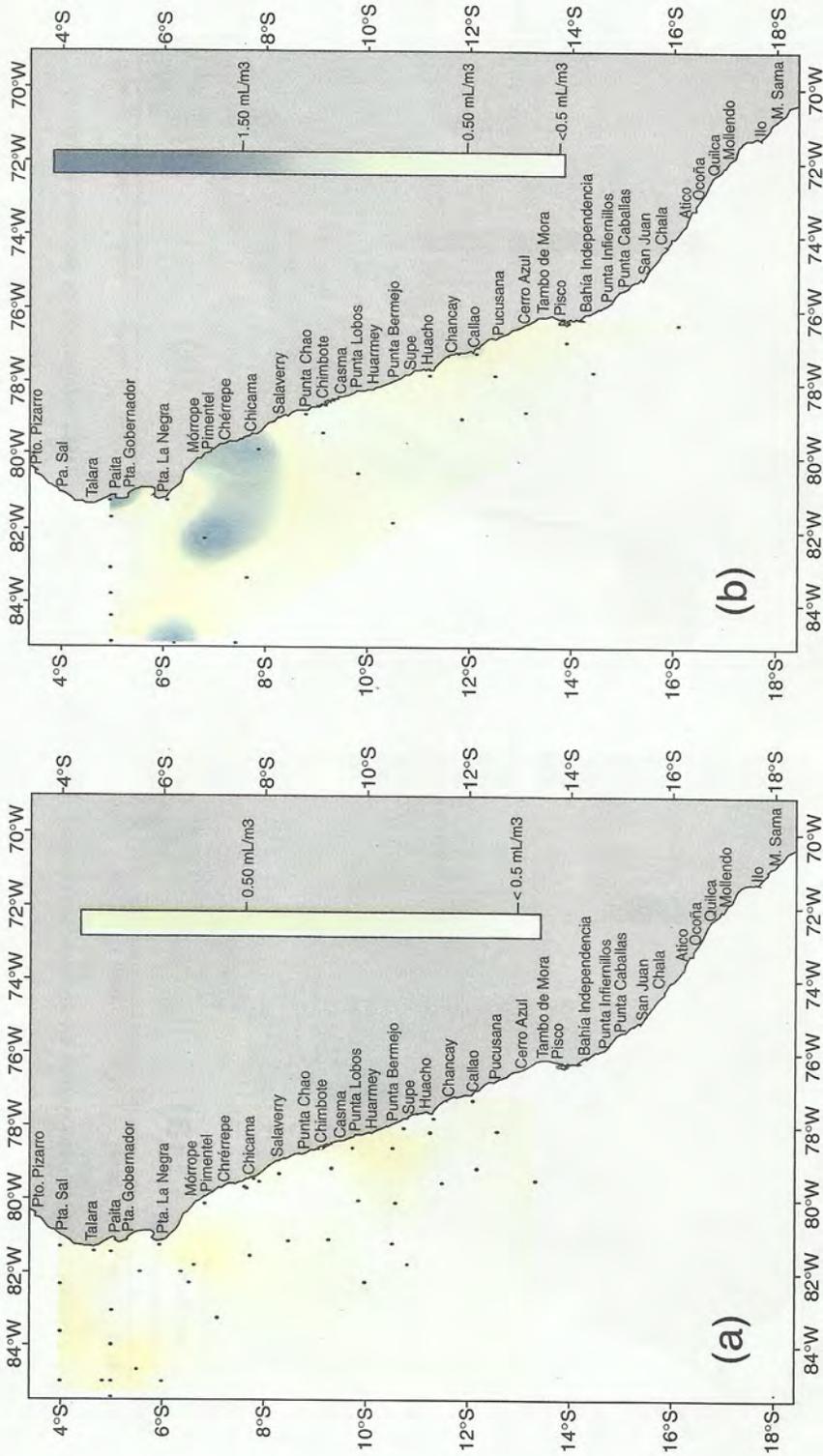


FIGURA 6. Distribución de los volúmenes de plancton (a) Cr. 8411-12, (b) Cr. 8507-08.

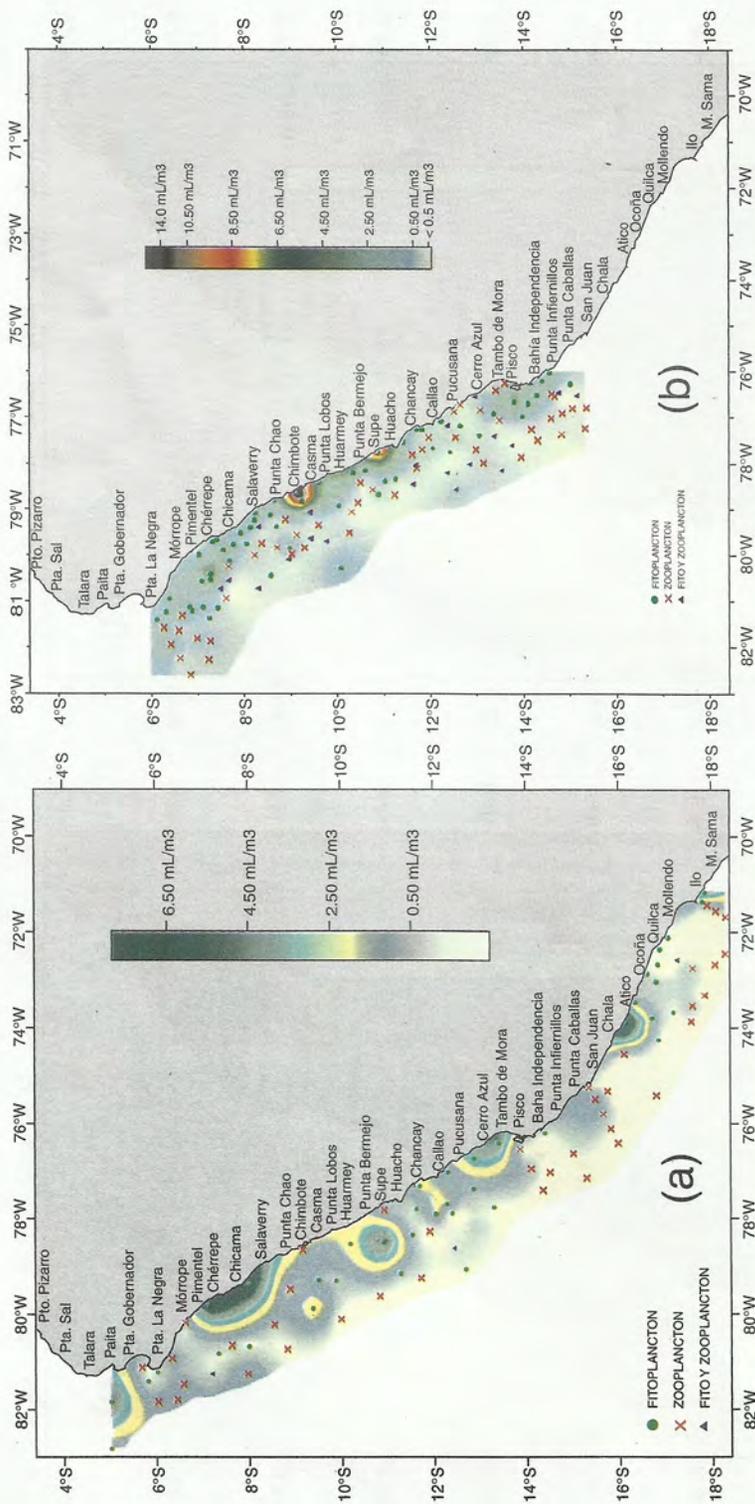


FIGURA 7. Distribución superficial de los volúmenes de plancton. (a) Cr. 9611-12; (b) Cr. 9911-12. Evaluación de Recursos Pelágicos.

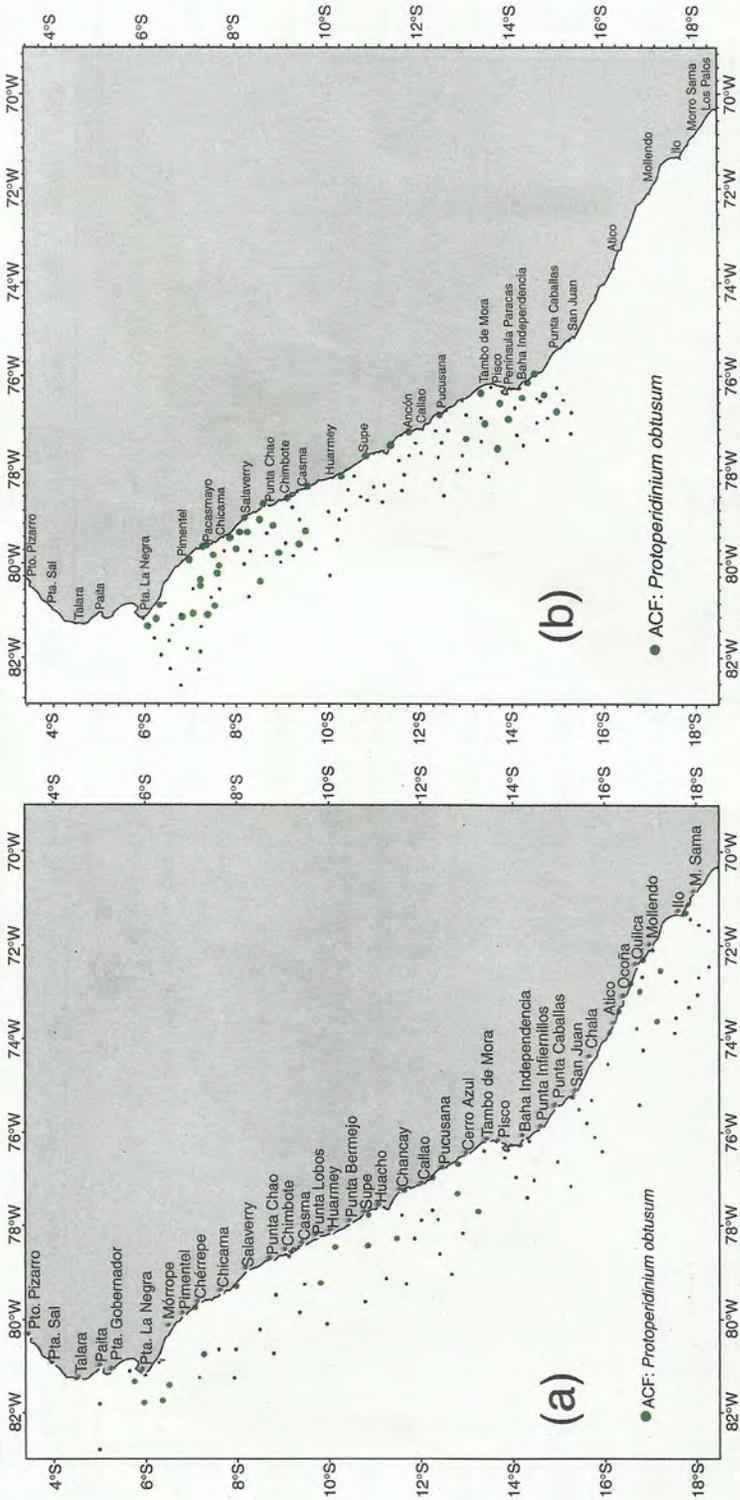


FIGURA 8. Distribución de los indicadores de masas de agua. (a) Cr. 9611-12; (b) Cr. 9911-12. Evaluación de Recursos Pelágicos.

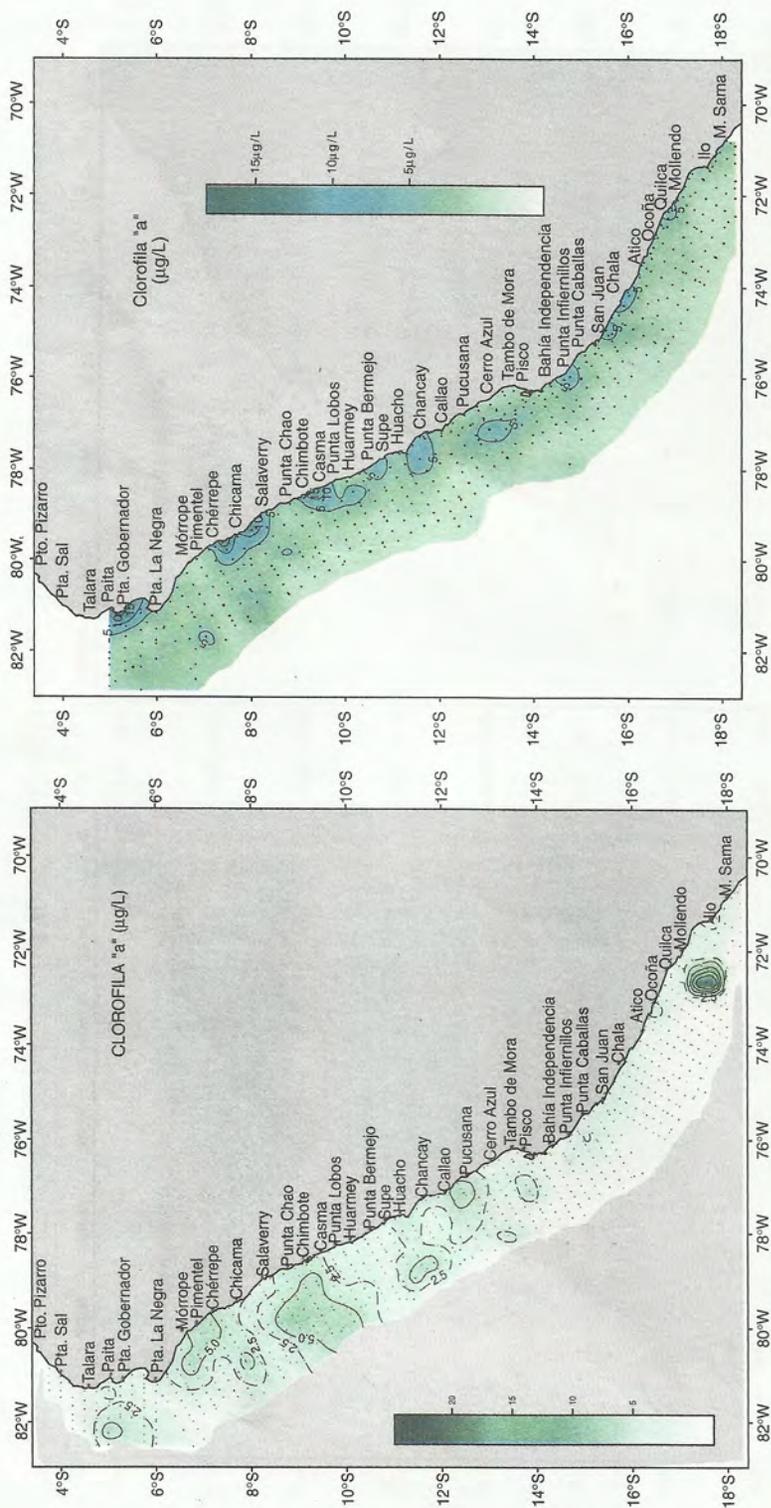


FIGURA 9. Distribución superficial de clorofila a. (a) Cr. 9602 y (b) Cr. 9911-12.

costera, como resultado de débiles afloramientos que aún se presentan. Este fenómeno pudo ser visto en invierno 1998 (EN 1997-98), época poco usual para estos "blooms" los cuales no fueron registrados para la primavera del mismo año (Fig. 10a).

En períodos fríos las concentraciones planctónicas a lo largo de todo el año son altas, con el marcado predominio del fitoplancton en más del 80% de toda el área. Este presenta una distribución homogénea, resaltando máximos picos en primavera, los cuales pueden alcanzar concentraciones promedio $>2,5 \text{ mL/m}^3$.

Entre las 30 – 60 mn, tanto para periodos cálidos como fríos, se mantienen las características anteriormente mencionadas pero, a diferencia de las áreas costeras, las concentraciones de fitoplancton en general son relativamente más bajas, debido a procesos físicos y biológicos que deben tomarse en consideración (Fig. 10b).

La importante serie de tiempo obtenida a lo largo de los 23 años estudiados (1976-1999) ha permitido en general identificar años con mayor y menor producción primaria en donde, el fitoplancton va a jugar un rol importante debido a los aportes significativos a la biomasa total.

Entre 1976 y 1987, dentro de las 30 mn (Fig. 11a) se registraron valores muy bajos de biomasa planctónica ($<1,0 \text{ mL/m}^3$) en donde el fitoplancton estuvo escaso o ausente. Entre 1988 y 1999 pudo observarse un incremento de la producción primaria $>1,5 \text{ mL/m}^3$, alcanzando un máximo de $2,2 \text{ mL/m}^3$; el fitoplancton en esos años mostró un repunte en sus concentraciones asociado a una mayor cobertura en su distribución.

Entre las 30 y 60 mn se observa una tendencia muy similar a la descrita, con

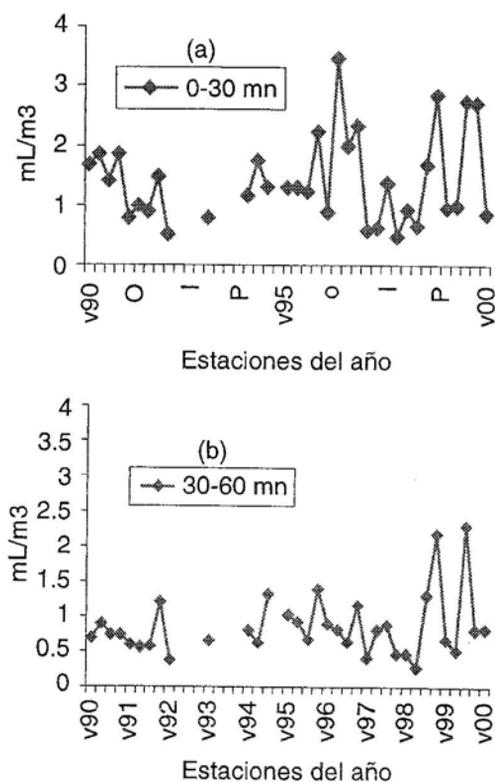


FIGURA 10. Distribución estacional de los valores promedio de los volúmenes de Plancton: (a) 0-30 mn (b) 30-60 mn. Verano 1990 - Verano 2000.

concentraciones menores a $0,5 \text{ mL/m}^3$ en los años de baja producción para incrementarse a partir de 1987 con un máximo de 1 mL/m^3 (Fig. 11b). Por fuera de las 60 mn, no se observa un patrón definido, las concentraciones en general son bajas, asociadas principalmente a otros factores (Fig. 11c).

Las diversas oscilaciones observadas a lo largo de estos años han estado asociadas a eventos ENOS y La Niña; así mismo la intensidad y duración de cada uno de ellos se han visto reflejadas en las concentraciones planctónicas, y por ende del fitoplancton, dentro de las 30 mn.

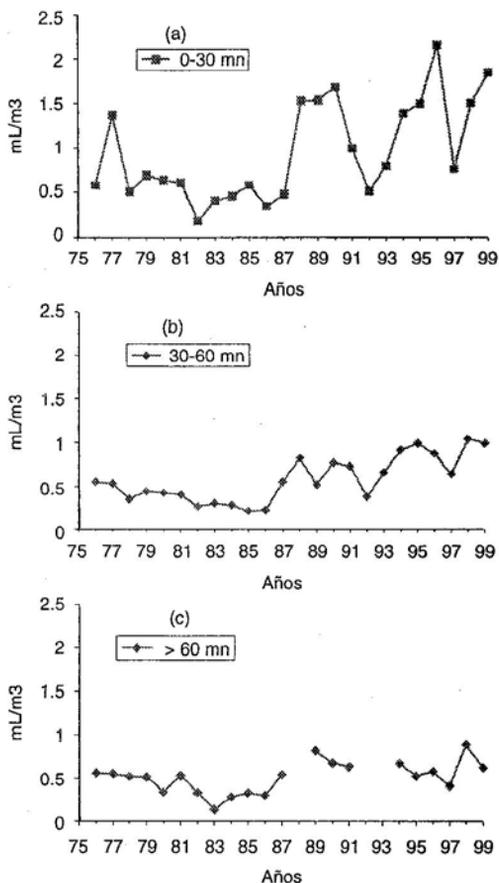


FIGURA 11. Variación anual de los volúmenes promedio de plancton (mL/m³). 1976 - 1999.

Concentraciones promedio <0,5 mL /m³ estuvieron asociadas a El Niño 1982–83 y 1986–87, mientras que concentraciones >0,5 mL/m³ y <1,0 mL /m³ han estado asociadas a El Niño 1976, 1992-93 y 1997-98. En períodos fríos o La Niña las concentraciones promedio se incrementaron significativamente, con un pico máximo >2,0 mL/m³ en 1996, con picos secundarios en los años 1999, 1990, 1988 y 1977. Por fuera de las 30 mn pudo observarse una tendencia muy similar en cuanto a los patrones de distribución.

Este análisis también fue realizado para la estación costera de Chicama, localizada al norte de nuestro litoral, en donde se tiene una serie histórica de datos de temperatura superficial (TSM). Por ser una zona costera el fitoplancton, tiende a ser más abundante en gran parte del año. Sin embargo, dentro de las 60 mn, pueden observarse patrones de distribución muy similares a los obtenidos a lo largo de la costa peruana, esto es años con mayor o menor producción primaria, con máximos de 6 mL /m³ en el año 1996 y mínimos menores de 0,5 mL /m³ en eventos ENOS dentro de las 30 mn (Fig. 12).

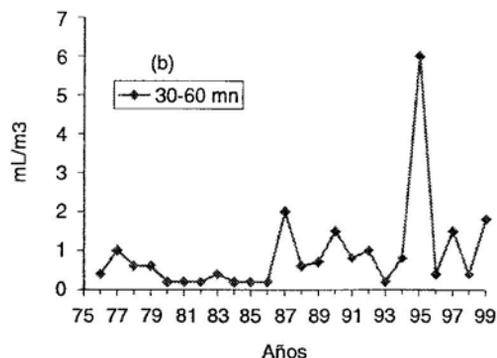
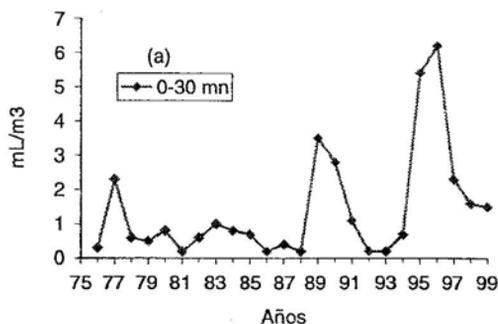


FIGURA 12. Variación anual de los valores promedio de plancton (mL/m³). Estación fija Chicama. 1976-1999.

CONCLUSIONES

1. Se puede puntualizar que el fitoplancton, como alimento disponible, se encontró en cantidades capaces de sustentar una alta biomasa del recurso pesquero, para el período de 1999.

2. La capacidad de recuperación del fitoplancton después de El Niño 1997-98 ha sido casi inmediata, favorecida por periodos fríos, fertilizando áreas importantes frente a la costa peruana.

3. Es marcada la presencia de periodos de baja producción primaria (1976 a 1987) y de alta producción primaria (1988 a 1999).

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento a las Blgas. ELCIRA DELGADO y PATRICIA VILLANUEVA personal del AFPP, por ayuda brindada sin la cual no se hubiese podido culminar con el presente trabajo.

REFERENCIAS

- ANTONIETTI, E., P. VILLANUEVA, E. DELGADO Y F. CHANG. 1993. Dinoflagelados indicadores de El Niño 1991-92. Bol. ERFEN 32-33:20-24.
- CALIENES, R. y O. GUILLÉN. 1985. Masas de agua y producción primaria en el Perú. En: «El Niño» su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú, Vol. Extr.:155-163.
- CHÁVEZ F., y R. BARBER. 1985. La productividad de las aguas frente a la costa del Perú. Bol. ERFEN 15: 9-12.
- DELGADO E., S. SÁNCHEZ, F. CHANG, P. VILLANUEVA Y C. FERNÁNDEZ. 1998. La Comunidad fitoplanctónica frente a la costa peruana en El Niño 1997-98. En: Resúmenes del Seminario-Taller Internacional «El Niño» en América Latina, sus impactos biológicos y sociales. Bases para un Monitoreo Regional (09-13 noviembre 1998).
- GÓMEZ, O. 1988a. Informe de fitoplancton del Crucero de Evaluación de Recursos Demersales BIC SNP-1 8802. Informe interno del Area de Fitoplancton y P. Primaria. IMARPE.
- GÓMEZ, O. 1988b. Informe de fitoplancton del Crucero Acústico Pesquero sobre Recursos Pelágicos BIC SNP-1 8805-06 y BIC Humboldt 8806-07. Informe interno del Area de Fitoplancton y P. Primaria. IMARPE.
- GUILLÉN, O. y R. CALIENES. 1985. Productividad y afloramiento frente a las aguas costeras peruanas. En: «El Niño» su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú Vol. Extr.: 130-143.
- GUILLÉN O., N. LOSTANAU y M. JACINTO. 1985. Características del Fenómeno «El Niño» 1982-83. En: «El Niño» su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. Extr.: 11-21.
- GUILLÉN O. 1986. Características químicas y productividad de la zona costera del Perú durante El Niño 1982-1983. Bol. ERFEN 18: 23-27.
- HUNTSMAN, S. 1974. An Evaluation of optimal conditions for determination of primary production. CUEA Newsletter 3(1).
- IMARPE, SENAMHI, DHNM, IGP. 1984. Condiciones bio-oceanográficas y meteorológicas frente a la costa peruana, de enero a setiembre de 1983. Bol. ERFEN 10: 2-8.
- IMARPE, SENAMHI, DHNM, IGP. 1986. Condiciones bio-oceanográficas y meteorológicas frente a la costa peruana en 1985. Bol. ERFEN 17:27-35.
- LORENZEN, C. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: Spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr. Vol. 12(2):343-346.
- OCHOA, N., y S. SÁNCHEZ. 1988. Informe del Crucero BAP Unanue 8712. Informe interno del Area de Fitoplancton y P. Primaria. IMARPE.
- OCHOA, N., B. ROJAS DE MENDIOLA, y O. GÓMEZ. 1985. Identificación del Fenómeno «El Niño» a través de los organismos fitoplanctónicos. En: «El Niño» su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú Vol. Extr. 23-31.
- ROJAS DE MENDIOLA, B., O. GÓMEZ y N. OCHOA. 1985. Efectos del Fenómeno «El Niño» sobre el fitoplancton. En: «El Niño» su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. Extr.: 33-40.
- STRICKLAND, J. y T. PARSONS. 1972. Manual of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada Nº 167, 311 pp.
- ZUTA, S. y O. GUILLÉN. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol. Inst. Mar Perú 2(5): 157-324.

ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LA ANCHOVETA PERUANA DURANTE EL PERIODO 1992 - 2000

BETSY BUITRÓN Y ANGEL PEREA¹

RESUMEN

BUITRÓN, B. y A. PEREA. 2000. Aspectos reproductivos de la anchoveta peruana durante el periodo 1992 - 2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 45-53.

Se colectaron y se analizaron con métodos histológicos, ovarios de anchoveta adulta (>12 cm LT), para comparar algunos parámetros reproductivos: fracción desovante parcial por mes (FDPM), fecundidad parcial (FP), factor de condición (FC) e índice gonadosomático (IGS), durante años normales y años El Niño. El material se obtuvo del monitoreo de las pesquerías en los puertos de desembarque desde mayo 1992 hasta abril 2000, además de once cruceros de evaluación de biomasa de anchoveta entre 1997 y 2000.

La FDPM mostró una buena correlación directa con el IGS ($R = 0,89$), pero una correlación inversa con el FC ($R = -0,7$). Este factor comparado con la temperatura superficial del mar (TSM) mensual presentó una baja correlación ($R = -0,4$), pero ésta fue mayor cuando se comparó con la desviación estándar de la TSM mensual ($R = -0,7$). Este resultado confirmó que la estación de desove coincidió con el periodo de menor variabilidad de la TSM.

En relación a El Niño 1997-98, la anchoveta respondió con una estación de desove más corta, un retraso en máximo de desove y una reducción de la FP.

PALABRAS CLAVE: reproducción, anchoveta peruana, fracción desovante parcial por mes, fecundidad parcial, factor de condición, índice gonadosomático, periodo 1992-2000.

ABSTRACT

BUITRÓN, B. and A. PEREA. 2000. Reproductive aspects of Peruvian anchoveta during the period 1992 - 2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 45-53.

Ovaries of adult Peruvian anchoveta (>12 cm TL) were collected and analysed by histological methods, in order to compare reproductive parameters: monthly partial spawning fraction (MPSF), partial fecundity (PF), condition factor (CF) and gonadosomatic index (GSI), during ENSO and Non-ENSO years. The material was obtained from fisheries monitoring in the main landing ports from May 1992 to April 2000, and from seven research surveys of anchovy biomass evaluation between the years 1997 and 2000.

MPSF showed a good direct correlation with GSI ($R = 0,89$), but an inverse correlation with CF ($R = -0,7$). Compared to monthly mean sea surface temperature (SST), the correlation was low ($R = -0,4$) but it was higher when compared to the standard deviation of monthly SST ($R = -0,7$). This result confirmed that the spawning season coincided with the period of low variability in the SST.

In relation to El Niño 1997-98, Peruvian anchovy responded with a shorter than normal spawning season, a delay in the spawning peak and a reduction of PF.

KEY WORDS: reproduction, Peruvian anchoveta, monthly partial spawning fraction, partial fecundity, condition factor, gonadosomatic index, period 1992-2000.

¹ Laboratorio de Biología Reproductiva - DGIRH - bbuitron@imarpe.gob.pe Telf.: 429-7630 anexo 249-250
¹ Laboratorio de Biología Reproductiva - DGIRH - aperea@imarpe.gob.pe Telf.: 429-7630 anexo 249-250

INTRODUCCIÓN

Los primeros trabajos sobre aspectos reproductivos de la anchoveta peruana, fueron de EINARSSON *et al.* (1966), quienes, mediante catalogaciones macroscópicas, describieron los períodos importantes de desove. CHIRINOS y ALEGRE (1969) compararon los estados de madurez de la anchoveta en el mar peruano con los obtenidos en el norte de Chile y diferenciaron la maduración por grupos de edades. Hasta la fecha se han venido aplicando diversos métodos para evaluar el proceso reproductivo del recurso más importante de la pesquería peruana. Los métodos indirectos (IGS, catalogaciones macroscópicas) son los que, por su fácil aplicación y bajo costo, han predominado.

Desde 1992 se ha incorporado el análisis histológico de ovarios, constituyendo un método directo muy confiable por los resultados precisos que se obtienen. El ambiente influye sobre el proceso de maduración y desove, ocasionando cambios en la estrategia reproductiva de la anchoveta, basada en las fluctuaciones en la intensidad de desove.

La observación microscópica del estroma ovárico muestra el proceso de maduración de los ovocitos, y también permite identificar los folículos post-ovulatorios que pueden ser visibles hasta tres días después de producido el desove. Así mismo, permite describir las fluctuaciones en el ciclo reproductivo, y es indispensable para estimar las variables reproductivas como la fecundidad parcial y frecuencia de desove, cuyas variaciones a lo largo del año tipifican la intensidad de éste. El conocimiento de los cambios producidos en estas variables ayudarán a comprender el comportamiento reproductivo de esta especie y las respuestas frente a perturbaciones ambientales.

En el presente trabajo se muestran las relaciones entre las diferentes variables reproductivas y cuál ha sido la respuesta de la anchoveta frente a las condiciones desfavorables del ambiente, originadas durante el evento El Niño 1997-1998, y la posterior recuperación de este recurso, desde el punto de vista reproductivo.

MÉTODOS

Para los análisis microscópicos se utilizaron ovarios de individuos adultos de anchoveta (>12 cm), obtenidos de un muestreo aleatorio estratificado por tallas en los principales puertos de la zona norte-centro (3°S a 16°S), de mayo 1992 a abril 2000; así como muestras procedentes de once Cruceros de Evaluación de Recursos Pelágicos realizados por el IMARPE en distintas estaciones desde 1997 hasta el año 2000 (Cruceros 9702-03, 9704, 9709-10, 9803-05, 9808-09, 9811-12, 9902-03, 9906, 9908-08, 9911-12 y 0001-02).

Se efectuaron secciones microscópicas de los ovarios utilizando la técnica de infiltración en parafina (HUMASON 1979) y se observaron al microscopio compuesto. Se calculó la fracción mensual de hembras desovantes, es decir, con folículos post-ovulatorios (Fig. 1) y con ovocitos hidratados (Fig. 2). Así mismo, se estimó la frecuencia de desove y la fecundidad parcial, a partir de los ovarios hidratados colectados en los cruceros de investigación durante los períodos de mayor intensidad de desove de esta especie. Para ello se siguió el método descrito por HUNTER y GOLDBERG (1980) ya aplicado en el Perú para *Engraulis ringens* por SANTANDER *et al.* (1984), GUZMÁN *et al.* (1995), BUITRÓN y PEREA (1996), AYÓN y BUITRÓN (1997), PEREA *et al.* (1998), BUITRÓN y MECKLENBURG (1998); PEREA y BUITRÓN (2000).

Se utilizaron datos de IGS y factor de condición para la anchoveta,

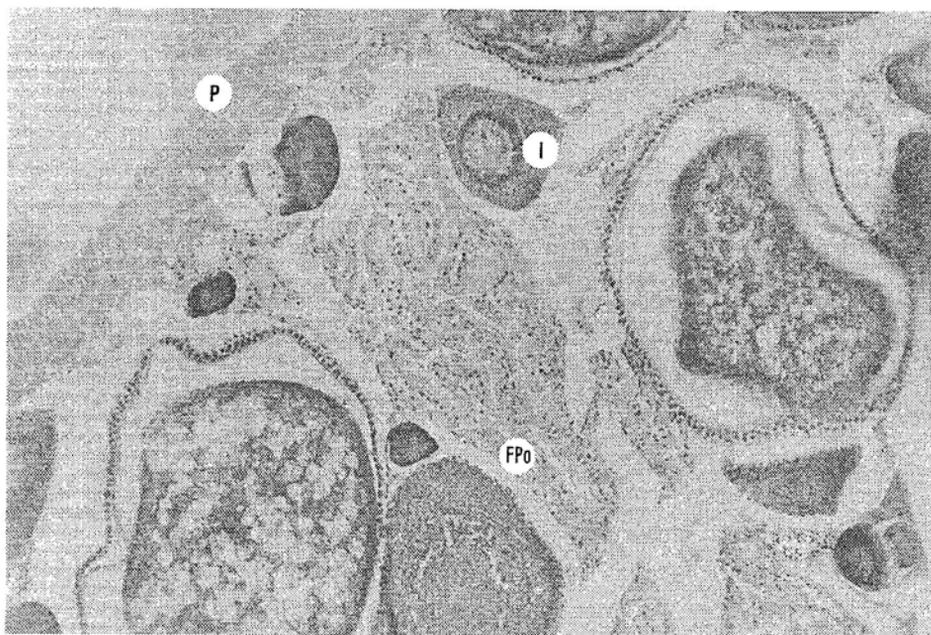


FIGURA 1. Ovario en desove de "anchoveta" (*Engraulis ringens*) (P = Pared del ovario; I = Ovocito inmaduro; FPO = Folículo post-ovulatorio). Aumento: 400X (Foto: Angel Perea).

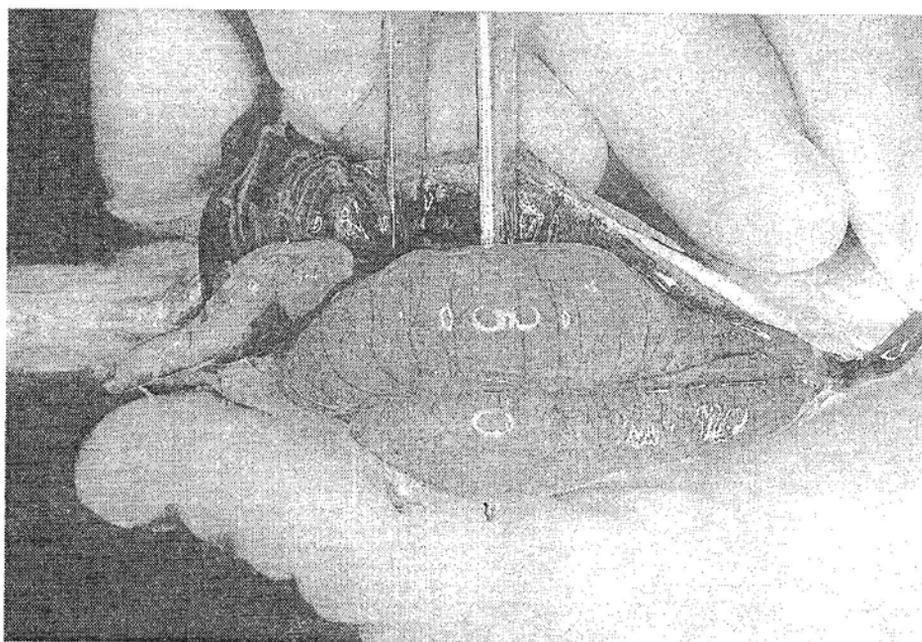


FIGURA 2. Extracción de ovario hidratado de "anchoveta" (*Engraulis ringens*) (Foto: Betsy Buitrón).

proporcionados por el Área de Evaluación de Recursos Pelágicos del IMARPE. Para los promedios mensuales de esos datos se calcularon la fecundidad parcial y la frecuencia de desove. Para los promedios de la fracción de hembras desovantes obtenidos por análisis microscópico, se calcularon los límites de confianza al 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fluctuaciones en el ciclo reproductivo de la anchoveta

Al relacionar los resultados obtenidos mediante el IGS (método indirecto) del patrón de 5 años (1990-1995) de anchoveta de la zona norte-centro, con los obtenidos por el análisis microscópico de ovarios (método directo), se observó que ambos métodos tuvieron una buena correlación ($r = 0,89$) (Fig. 3). Estas correlaciones corresponden a años considerados como normales.

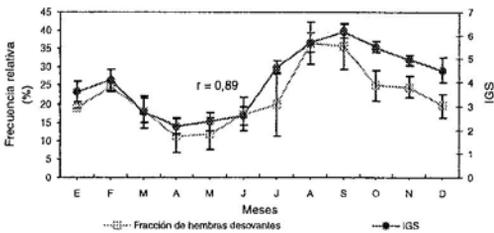


FIGURA 3. Correlación entre la fracción desovante (microscópico) y el IGS de anchoveta.

En períodos con mayores perturbaciones en el ambiente, esta relación disminuyó ($r = 0,67$), como ocurrió durante El Niño 1997-1998, cuando las características del ambiente marino desfavorables para la anchoveta, provocaron cambios en los pesos corporales pudiendo producir interpretaciones erróneas en los valores de IGS y en el grado de bienestar (Wootton 1990).

Para el manejo sustentable de anchoveta, es fundamental la protección de los períodos de desove mediante vedas reproductivas, las cuales incrementan la posibilidad de asegurar buenos reclutamientos. En este sentido, es indispensable la aplicación y comparación de ambos métodos (directo e indirecto), los cuales otorgarán los argumentos de juicio necesarios para sugerir que se tomen las medidas de manejo adecuadas.

Al analizar los valores promedio del factor de condición obtenidos durante 1990-1995, utilizados para determinar el grado de bienestar de los peces, éste mostró una relación inversa con el patrón 1992-1995 de la fracción de hembras desovantes mediante el análisis microscópico de ovarios, con un coeficiente de correlación de $-0,7$ (Fig. 4). Esta relación inversa entre ambas variables encuentra su explicación en el fuerte gasto energético que representó el evento reproductivo durante los períodos principales de desove (verano e invierno-primavera). La maduración gonadal, que es más frecuente durante los mencionados periodos, es un proceso que involucra la síntesis de vitelogenina y la incorporación paulatina de ésta en el ooplasma de los ovocitos (GURAYA 1986), de manera que la síntesis de esta proteína implica un fuerte gasto energético.

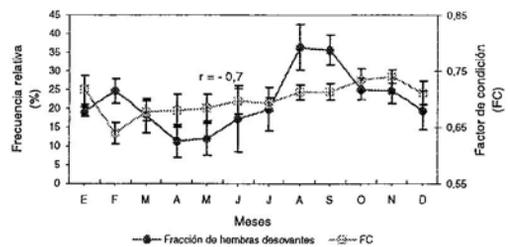


FIGURA 4. Correlación entre la fracción desovante (microscópico) y el factor de condición de anchoveta.

En relación con el ambiente, al analizar la desviación estándar de la temperatura superficial del mar versus la fracción desovante de hembras, se observó claramente una relación inversa ($r = -0,7$) (Fig. 5). La sola relación de la temperatura con la fracción desovante ($r = -0,4$) no es tan clara, como lo es ésta con la desviación estándar de la temperatura. Esta relación muestra que el nivel de desove es bajo cuando el ambiente se encuentra más perturbado, es decir, cuando las desviaciones estándar de la temperatura son altas. Contrariamente, la estación de desove coincide con los valores más bajos de las desviaciones de la temperatura. En este sentido, MUCK (1989) explicó cómo los disturbios provocados en la capa superficial del mar no generan un ambiente propicio para la anchoveta. Igualmente, POTTS y WOOTON (1984) manifestaron que la estrategia de un pez es la de desovar en el momento que su progenie pueda tener las condiciones adecuadas de supervivencia larval.

desfavorables del evento El Niño, básicamente en tres formas:

1. Con una fracción de hembras desovantes menos intensa.

En la Fig. 6 se observa que en el invierno-primavera de 1997 la estación de desove se caracterizó por un valor de la fracción de hembras desovantes más bajo que el patrón, pero de mayor duración en comparación a los valores obtenidos por el patrón establecido. De igual manera, durante el verano de 1998 no se produjo la estación de desove en los meses habituales, empezando a madurar extemporáneamente a partir de marzo de 1998.

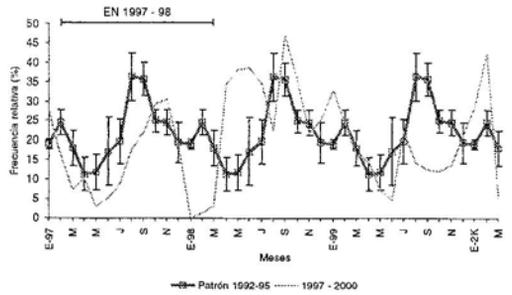


FIGURA 6. Variación de la fracción de hembras desovantes (microscópico) durante y después de El Niño 1997-98.

2. Con un periodo de desove desfasado en el tiempo.

La anchoveta peruana en condiciones normales tiene dos estaciones de desove, una principal en invierno y otra secundaria en verano (CHIRINOS y ALEGRE 1969) con un período característico de reposo entre abril y mayo. Al comparar la fracción desovante durante 1997 y 1998 con el patrón de 1992 a 1995, se observa un desfase del período de mayor intensidad de desove, el cual se produce normalmente en agosto y septiembre, y que en 1997 se produjo entre

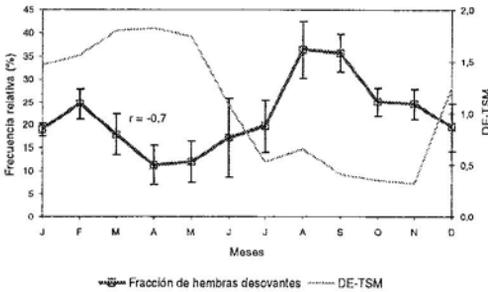


FIGURA 5. Variación de la fracción de hembras en desove de anchoveta y la desviación estándar de la temperatura superficial del mar (DE-TM).

Ciclo reproductivo de la anchoveta durante El Niño 1997-98

Los resultados muestran que la anchoveta ha respondido a los cambios ambientales

octubre y noviembre (Fig. 6). El desfase observado en el proceso de maduración probablemente se debió a las altas temperaturas del mar observadas durante enero y febrero de 1998 donde se registraron las mayores anomalías térmicas (VÁSQUEZ y TELLO 1999) incrementadas no sólo por la estación del verano, sino por el evento cálido. Durante esta época se observó además, en las evaluaciones de rutina, que una gran parte de la población de anchoveta se encontró con bajos pesos, lo que indicaba que ella invirtió sus energías para sobrevivir antes que en reproducirse.

3. La fecundidad parcial disminuyó drásticamente.

La fecundidad parcial de la anchoveta disminuyó en 53%, de 12.585 ovocitos por tanda de desove en agosto de 1997 a 6.668 ovocitos entre marzo y mayo de 1998 (Fig. 7). Así mismo, la frecuencia de desove disminuyó de 0,071 en agosto de 1997 a 0,06 en marzo-mayo de 1998. La fecundidad estimada durante marzo de 1998 fue la más baja registrada hasta la fecha y que evidencia el impacto de las desfavorables condiciones del ambiente sobre el potencial reproductivo de la anchoveta (Fig. 8).

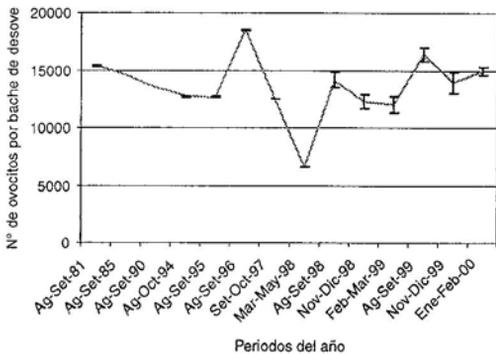


FIGURA 7. Fluctuación de la fecundidad parcial de la anchoveta.

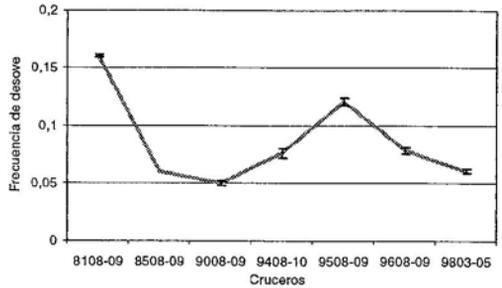


FIGURA 8. Variación temporal de la frecuencia de desove de anchoveta.

La estrategia reproductiva adoptada por la anchoveta ante las circunstancias anómalas de El Niño, probablemente ha sido la de tener un período de desove menos intenso, pero de mayor duración, lo cual le permitiría aumentar la probabilidad de éxito de la supervivencia larval, situación que sería menos factible si, bajo estas condiciones, el desove se diera con mayor intensidad y en un período de tiempo más corto (BUISTRÓN y MECKLENBURG 1998). Esto concuerda con lo mencionado por WOOTTON (1990) quien manifiesta que un pez se reproducirá en el momento del año en que tenderá a maximizar la supervivencia de su progenie, que es explicable dada la alta plasticidad que caracteriza a la anchoveta y que está fuertemente influenciada por los cambios del ambiente (ALHEIT 1989). Por otro lado, la disminución de la frecuencia de desove y la fecundidad en pleno evento El Niño 1982-83 ya ha sido mencionada por ARNTZ y FAHRBACH (1996), quienes afirman que El Niño afecta negativamente al proceso de maduración de la anchoveta al disminuir el número de huevos y larvas por área. De manera análoga, el decremento en ambos parámetros reproductivos también ha sido referido para *Engraulis mordax* durante el Niño 1982-83 (PICQUELLE y STAUFFER 1985).

Creemos que la estrategia reproductiva adoptada por la anchoveta, al no tener la

capacidad y energía suficientes para producir la vitelogénesis de los ovocitos y ante condiciones desfavorables del ambiente para el desarrollo embrionario y supervivencia larval, fue la de disminuir su fecundidad parcial y frecuencia de desove (Fig. 8), pero compensar esta reducción prolongando su periodo reproductivo. La variación de estos parámetros está estrechamente relacionada a factores exógenos (bióticos y abióticos) y endógenos (fisiológicos, genéticos, etc.) (WOOTTON, 1990).

Comportamiento reproductivo de la anchoveta después de El Niño 1997-98

Finalizado el evento El Niño 1997-98, junto a una progresiva normalización de las condiciones ambientales, se observó una normalización del ciclo reproductivo de la anchoveta (Fig. 6) y de la fecundidad (Fig. 7), en comparación a los valores promedio del patrón.

En el invierno de 1998, aunque su nivel y distribución aún no eran considerados normales, el ciclo reproductivo se presentó dentro de lo normal. La anchoveta desovó durante su periodo principal de desove y la fecundidad parcial se incrementó a 14.137 ovocitos por tanda de desove (BUITRÓN y MECKLENBURG 1998) volviendo a estar dentro de su rango usual bajo condiciones ambientales consideradas normales (12.000 - 15.000 ovocitos por tanda de desove).

En el verano de 1999 la fecundidad parcial disminuyó a 12.016 ovocitos por bache de desove. Este valor, a pesar de ser bajo, se encuentra dentro del rango normal de fluctuación de este parámetro reproductivo conocido y fue más alto que los estimados en pleno evento El Niño 1997-98. Su bajo valor con respecto al calculado en el invierno de 1998 se podría deber al momento reproductivo en el que se

encontraba la anchoveta, que correspondía al periodo secundario de desove y no a la estación principal (PEREA y BUITRÓN 2000).

Espacialmente también se observó recuperación de la anchoveta al volver a ubicarse dentro de la zona norte-centro. La productividad biológica con un volumen de plancton latitudinal máximo de 9,84 mL/m³, registrado durante el crucero 9911-12, considerablemente mayor a los obtenidos durante febrero y marzo de 1999 (SÁNCHEZ *et al.* 1999), muestra una evidente normalización en toda esta área, así como por la disminución de las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar observada a partir de marzo de 1998 (Subdirección de Oceanografía Física, IMARPE). Este panorama general del ambiente nos permite afirmar que la anchoveta tuvo condiciones favorables para la maduración, lo cual podría haber conllevado a una fecundidad parcial con valores prácticamente normales.

Recientemente, durante el crucero de verano 0001-02, se observó que la fecundidad se ha recuperado totalmente. Este parámetro fue estimado en 14.900 ovocitos por tanda de desove. Es necesario recalcar que la sola estimación de la fecundidad no nos permite cuantificar la magnitud del desove, para lo cual sería necesario estimar los valores de frecuencia de desove y de biomasa desovante. Valores altos de fecundidad, no necesariamente implican un desove intenso si los valores de frecuencia de desove son bajos o si la biomasa desovante es pequeña.

En el cuadro 1 se observan las variaciones de la fecundidad parcial promedio de dos grupos de hembras (< 14,5 cm ≥ 14,5 cm) que muestran las fluctuaciones de la fecundidad ya mencionada tanto en adultos pequeños como grandes.

Cuadro 1. Valores de fecundidad promedio (FP) de anchoveta por grupo de tábala (< 14,5 cm y ≥ 14,5 cm) durante el verano e invierno.

< 14,5 cm			
Verano	FP	Invierno	FP
		1997	9.619
1998	5.620	1998	12.797
1999	10.186	1999	10.819
2000	9.478		
≥ 14,5 cm			
Verano	FP	Invierno	FP
		1997	13.537
1998	9.383	1998	16.350
1999	17.507	1999	17.689
2000	15.794		

Igualmente, la magnitud del desove está ligada al tiempo de duración de este período. Estaciones de desove prolongadas y menos intensas pueden llegar a tener una magnitud similar a la de períodos muy intensos y cortos. Todas estas alternativas forman parte de la estrategia reproductiva de la anchoveta (Fig. 9), la cual ha sido explicada al detalle por BUITRÓN y MECKLENBURG (1998) y PEREA y BUITRÓN (1999).

PERIODO NO NIÑO	PERIODO EL NIÑO 1997-98
Picos de desove: febrero y agosto-setiembre	Picos de desove: octubre noviembre 1997 y abril-junio 1998
Fración de hembras desovantes durante el pico principal de desove: con un máximo en 46,9%	Fración de hembras desovantes durante el pico principal de desove: con un máximo en 29,4%
Fecundidad relativa promedio durante el pico principal de desove: 540 a 720 ovocitos por gramo de peso corporal	Fecundidad relativa: promedio durante el pico principal de desove: 463 ovocitos por gramo de peso corporal
Frecuencia de desove: 0,07 a 0,16	Frecuencia de desove: 0,06

FIGURA 9. Estrategia reproductiva de la anchoveta, *Engraulis ringens*.

CONCLUSIONES

1. La fracción desovante de anchoveta, calculada mediante el análisis microscópico de ovarios, el IGS y el factor de condición, muestran ser herramientas válidas para el estudio del ciclo reproductivo.

2. La desviación estándar de la temperatura superficial del mar y la fracción desovante, calculada mediante el análisis microscópico de ovarios, muestra una buena correlación inversa, lo cual sugiere que sea usada como una variable ambiental en futuros trabajos de modelamiento en reproducción.

3. La estrategia reproductiva que asumió la anchoveta ante el evento El Niño 1997-98 fue disminuir la fracción de hembras desovantes, prolongar la duración de este periodo, y disminuir significativamente los valores de la fecundidad parcial y la frecuencia de desove, recobrándose progresivamente en el tiempo hasta ser tipificados como normales durante 1999 y el 2000.

REFERENCIAS

- ALHEIT, J. 1989. Comparative spawning biology of anchovies, sardines and sprats. Rapp. Réun. Cons. Int. Explor. Mer 191:7-14.
- ARNTZ, W. y E. FAHRBACH. 1996. El Niño: experimento climático de la naturaleza. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 312 pp.
- AYÓN, P. y B. BUITRÓN. 1997. Estimación de la biomasa desovante del stock norte centro de la anchoveta por el método de producción de huevos durante el invierno 1996. Inf. Inst. Mar Perú 123:13-19.
- BUITRÓN, B. y A. PEREA. 1996. Frecuencia de desove de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* en agosto y setiembre 1995. Inf. Inst. Mar Perú 119:27-33.
- BUITRÓN, B. y E. MECKLENBURG. 1998. Estado reproductivo de la anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, la sardina *Sardinops sagax sagax* y la caballa *Scomber japonicus peruanus* durante el crucero BIC Humboldt 9808-09. Inf. Inst. Mar Perú 141:30-33.

- EINARSSON, H.; L. FLORES y J. MIÑANO. 1966. El ciclo de madurez de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.) 1er Sem. Latinoam. O. Pacífico Oriental. UNMSM Lima: 128-139.
- CHIRINOS, A. y B. ALEGRE. 1969. La madurez sexual de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.) en los periodos reproductivos 1961-1968. Bol. Inst. Mar Perú 2(3):112-125.
- FULTON, T. W. 1911. On the comparative fecundity of sea fish. Rep. Fish. Bd. Sest. 9. Part III: 243-268.
- GURAYA, S. S. 1986. The cell and molecular biology of fish oogenesis. Monographs in developmental Biology. H. W. Sauer Editor. Karger. 223 pp.
- GUZMÁN, S.; P. AYÓN y L. PIZARRO. 1995. Biomasa desovante de la anchoveta y condiciones oceanográficas. Crucero 9408-10, BIC SNP-1 y bolicheras. Inf. Inst. Mar Perú 115, 115 pp.
- HUMASON, G. L. 1979. Animal tissue techniques. Fourth edition. W. H. Freeman Co. San Francisco. 661 pp.
- HUNTER, J. and S. GOLDBERG. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull. U.S. 77:641-652.
- MUCK, P. 1989. Relationships between anchoveta spawning strategies and the spatial variability of sea surface temperature off Perú. p. 168-173. En: PAULY, MUCK, MENDO Y TSUKAYAMA (eds). The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings 18. 438 pp.
- PEREA, A.; B. BUITRÓN y E. MECKLENBURG. 1998. Estado reproductivo, fecundidad parcial y frecuencia de desove de la anchoveta peruana a inicios de otoño 1998. Crucero BIC Humboldt 9803-05 de Tumbes a Tacna. Inf. Inst. Mar Perú 135: 147-152.
- PEREA, M. y B. BUITRÓN. 1999. Condición reproductiva de *Engraulis ringens* y *Vinciguerria lucetta pacifici* en el mar peruano durante la primavera 1998. Inf. Inst. Mar Perú. 146: 60-65.
- PEREA, M. y B. BUITRÓN. 2000. Fecundidad parcial de la anchoveta *Engraulis ringens* durante el Invierno de 1999. Inf. Inst. Mar Perú 154: 42-46.
- PICQUELLE, S. y G. STAUFFER. 1985. Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assessment. En: LASKER (ed.). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*, NOAA Technical Report NMFS 36: 7-15.
- POTTS, G. W. y WOOTON, R. 1984. Fish Reproduction: Strategies and tactics. Academic Press. First edition. London. 385 pp.
- SÁNCHEZ, S.; F. CHANG y C. FERNÁNDEZ. Características del fitoplancton de primavera durante el crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 9911-12. Informe Interno Area de Producción Primaria. DOB. DGIO. IMARPE.
- SANTANDER, H.; J. ALHEIT y P. SMITH. 1984. Estimación de la biomasa desovante de anchoveta peruana *Engraulis ringens* en 1981 por aplicación del Método de Producción de Huevos. Bol. Inst. Mar Perú 8 (6):213-250.
- SUBDIRECCIÓN DE OCEANOGRAFÍA FÍSICA. DGIO. IMARPE. 1998-1999. Informes internos.
- VÁSQUEZ, L. y E. TELLO. 1998. Condiciones oceanográficas durante el Crucero BIC Humboldt 9803-05 de evaluación hidroacústicas de recursos pelágicos desde Tumbes a Tacna. Inf. Inst. Mar Perú 135:20-33.
- WINGERT, R. C. 1975. Comparative reproductive cycles and growth histories of two species of *Xiphister* (Pisces: Stichaeidae) from San Simeon California. Thesis Master of Arts. Calif. State. Univ. Fullerton. 91 pp.
- WOOTON, R. 1990. Ecology of teleost fishes. Fish and fisheries series 1. Chapman and Hall Eds. First edition. London. 404 pp.

DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LA ANCHOVETA PERUANA CON RELACIÓN A VARIABLES AMBIENTALES EN EL PERÍODO 1986 - 2000

MARCELIANO SEGURA ZAMUDIO¹

RESUMEN

SEGURA, M. 2000. Distribución horizontal de la anchoveta peruana con relación a variables ambientales en el periodo 1986-2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 55-81.

Se analizó la distribución horizontal de la anchoveta *Engraulis ringens* utilizando sistemas de información geográfica. Los datos fueron obtenidos de los cruceros de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos realizados durante los veranos de 1986 al 2000. Los resultados indican que la distribución horizontal de la anchoveta está asociada a parámetros oceanográficos superficiales del mar, como rangos de temperatura, salinidad y clorofila a; sin embargo, parece ser que el parámetro más importante es la salinidad.

PALABRAS CLAVE: anchoveta peruana, distribución horizontal, características oceanográficas, periodo 1986-2000.

ABSTRACT

SEGURA, M. 2000. Horizontal distribution of Peruvian anchoveta related to oceanographic conditions in the period 1986-2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 55-81.

An analysis of the anchovy distribution using Geographic Information System techniques was made. The data were obtained from hydroacoustic summer evaluation cruises for Peruvian pelagic fishes, carried out from 1986 to 2000. The anchovy horizontal distribution was analysed related to oceanographic parameters like sea surface temperature, sea surface salinity and sea surface chlorophyll a concentrations. The results indicated that the anchovy horizontal distribution is associated to surface oceanographic characteristics as ranges of temperature, salinity and chlorophyll a; but it seems that the main parameter of distribution is the salinity.

KEY WORDS: Peruvian anchoveta, horizontal distribution, oceanographic characteristics, 1986-2000 period.

INTRODUCCIÓN

El área del Pacífico sudeste, frente a las costas de Perú y Chile, alberga una gran diversidad de organismos marinos debido a su alta productividad y es conocida como el Ecosistema de la Corriente de Humboldt (CASTILLO *et al.* 1996). Esta área está sujeta a cambios desde niveles diarios y estacionales hasta cambios de corto, mediano y largo plazo. Dentro de estos

cambios se tienen los de periodos cálidos conocidos como El Niño y los de enfriamiento denominados "La Niña", los que dan lugar a comportamientos particulares de los recursos pesqueros.

La variabilidad o heterogeneidad del medio ambiente da lugar a que los peces se concentren en los lugares más favorables. Ello es conocido como modelo de movimiento del pez y puede deberse a

1 Área de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. DGIP. IMARPE.

competitividad por la presencia de otros peces o a cambios del medio ambiente (MASSÉ *et al.* 1996).

El método de evaluación hidroacústica de recursos pesqueros es una buena herramienta para conocer la distribución y concentración espacial de los recursos pesqueros y su interrelación con el medio ambiente (SIMARD *et al.* 1993, SCALABRIN y MASSÉ 1993, CASTILLO *et al.* 1996).

En la actualidad, con la disponibilidad de software denominados Sistemas de información Geográfica (SIG), para el procesamiento automatizado de los datos hidroacústicos, oceanográficos, etc., es posible efectuar mejores análisis de los recursos pesqueros con relación al medio ambiente.

El presente trabajo analiza la interrelación entre la distribución y concentración de la anchoveta (*Engraulis ringens*), en el mar peruano, con parámetros oceanográficos como la temperatura y salinidad superficial y en algunos casos con clorofila *a*. El periodo de análisis comprende los cruceros de evaluación de recursos pelágicos desarrollados durante las estaciones de verano entre 1986 y 2000.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el análisis se consideró la siguiente información:

Información hidroacústica

Fue tomada de los cruceros de evaluación de los principales recursos pelágicos realizados entre los años 1986 y 2000. En el presente trabajo se consideran solamente los periodos de verano, por la mayor disponibilidad de información, con la finalidad de hacerlos comparativos en el tiempo, separándolos en periodos cálidos y fríos (Tabla 1).

Tabla 1.- Cruceros de evaluación de recursos pelágicos. Periodos fríos y cálidos, 1986 - 2000.

Cálidos	Fríos
-	8604-05
9201-02	-
9301-03	-
9401-03	-
-	9602-04
9803-04	-
-	9902-04
-	0001-02

La cobertura de los cruceros fue, en su mayoría, entre Puerto Pizarro (Tumbes) y Santa Rosa (Tacna), con excepción del crucero de 1986 que cubrió desde Puerto Pizarro al Callao.

El método de muestreo aplicado en el diseño de la evaluación fue el sistemático de transectos paralelos y perpendiculares a la costa, hasta una distancia que fluctuó entre 50 y 120 mn con una separación variable de 14 a 16 mn entre sí.

La ecointegración se efectuó con ecosondas científicas SIMRAD modelos EKS de 120 kHz (Crucero 8604-05), EKS de 38 kHz (Cruceros 9201-02, 9301-03 y 9401-03); EY500 de 38 kHz (Crucero 9602-04); EK500 120 kHz (Cruceros 9803-04, 9902-03 y 0001-02).

La calibración fue realizada con blanco estándar, de acuerdo a lo descrito por FOOTE *et al.* (1987). El intervalo de la muestra, en todos los casos fue de 1,0 mn; la posición de cada unidad de muestreo fue tomada de navegador satelital.

La identificación de los ecotrazos se hizo a partir de los resultados de los lances de comprobación ejecutados por los buques de investigación del IMARPE: BIC SNP-1,

BIC Humboldt, BIC José Olaya Balandra y BIC SNP-2. Se emplearon redes de arrastre pelágico durante 15 a 30 minutos. En algunos casos se efectuaron lances con el apoyo de embarcaciones de cerco.

Información oceanográfica

Fue colectada durante la ejecución de los cruceros. Para la medición de la temperatura y salinidad superficial del mar (TSM y SSM) se tomaron muestras de agua cada hora. También se ejecutaron perfiles oceanográficos en determinados transectos, recogiendo muestras de agua con botellas Niskin a diferentes niveles de profundidad, para medir temperatura, salinidad, clorofila a, nutrientes, etc. En otros casos, la temperatura y salinidad fue medida con CTD.

En los cruceros 9902-03 y 0001-02, los valores de clorofila a fueron obtenidos de imágenes del proyecto SeaWiFS de la NOAA, del cual IMARPE es estación autorizada.

Procesamiento de la información

El tratamiento o discriminación de los valores integrados se basó en los resultados de los lances de comprobación, otorgándose los valores más altos a aquellas áreas que presentaron un recurso predominante en dichos lances; luego se establecieron categorías de abundancia. La información oceanográfica también fue utilizada para la discriminación.

La distribución georreferenciada de los valores integrados de anchoveta se efectuó utilizando el SIG MapInfo. La información oceanográfica fue procesada en SURFER y luego llevada a MapInfo.

RESULTADOS

Crucero 8604-05 (periodo frío)

Cubrió el área entre Puerto Pizarro y Callao (Figs. 1a, 1b). Los principales resultados estadísticos de la ecointegración presentaron un valor máximo de $5.000 \text{ m}^2/\text{mn}^2$; promedio de $95 \text{ m}^2/\text{mn}^2$ y la varianza no estratificada de todos los datos fue 84.785, un valor relativamente bajo.

Durante este periodo frío, la anchoveta se distribuyó desde Puerto Pizarro hasta el Callao, favorecida por el gran transporte de masas de Aguas Costeras Frías (ACF) hacia el norte y una proyección alejada de la costa, con TSM menores a 18°C hasta 23°C . Esta isoterma de 23°C , estuvo presente entre Punta Falsa y Huacho, coincidente con valores de salinidad de 35,10 y 35,20 ups, que es el límite donde se inicia la distribución de las masas de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). La anchoveta se localizó hasta aproximadamente 90 mn de la costa. Las mejores concentraciones de cardúmenes se registraron, principalmente, en la zona de Huacho a Chicama con TSM de 18°C a 20°C , y salinidad de 35,00 a 35,1 ups. La biomasa calculada fue de 2,86 millones de toneladas.

Crucero 9201-02 (periodo cálido)

La cobertura fue desde Tacna a Tumbes (Figs. 2a, 2b, 2c), con presencia de un evento El Niño moderado. La isoterma de 24°C estuvo muy cerca a lo largo de la costa, en tanto que las de 25°C y 26°C se localizaron desde el Callao hacia el norte.

El valor máximo ecointegrado para la anchoveta fue de $19.850 \text{ m}^2/\text{mn}^2$, con promedio de $258,7 \text{ m}^2/\text{mn}^2$ y varianza de 1.730.134; este valor fue bastante alto con relación al Crucero 8604-05 que correspondió a un periodo frío.

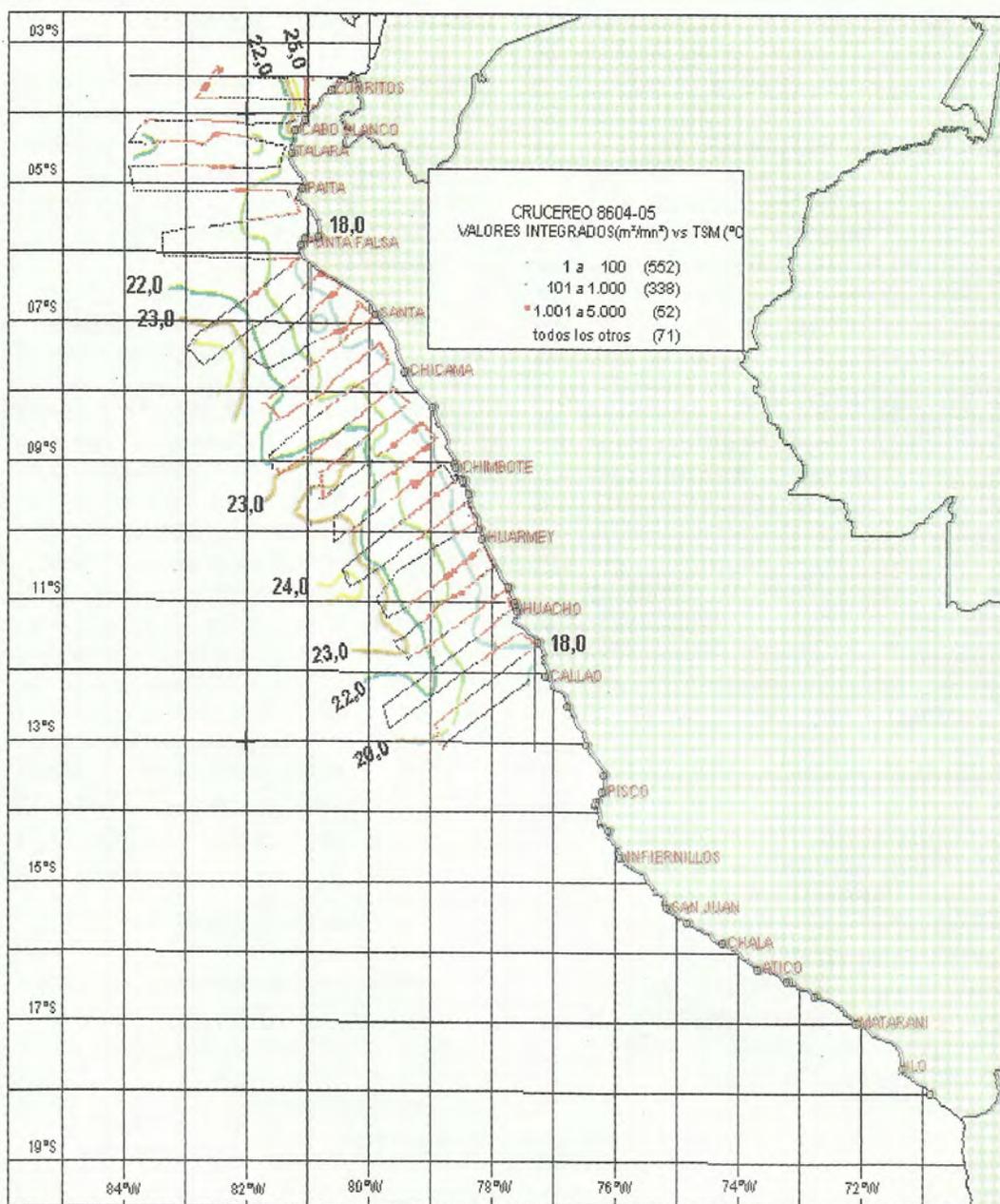


FIGURA 1a. Crucero 8604-05. Distribución de anchoveta con relación a la temperatura superficial del mar (°C).

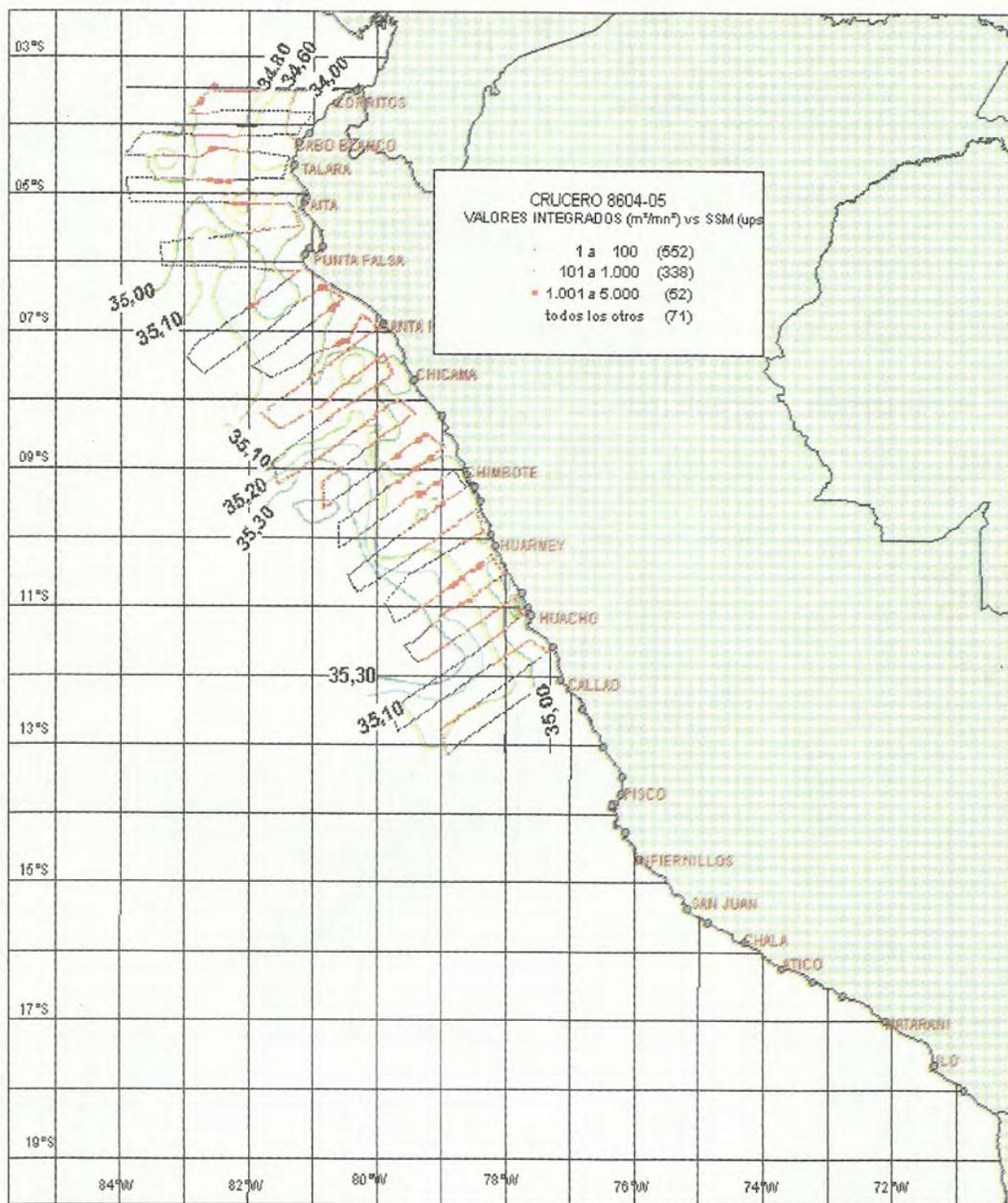


FIGURA 1b. Crucero 8604-05. Distribución de anchoveta con relación a la salinidad superficial del mar (ups).

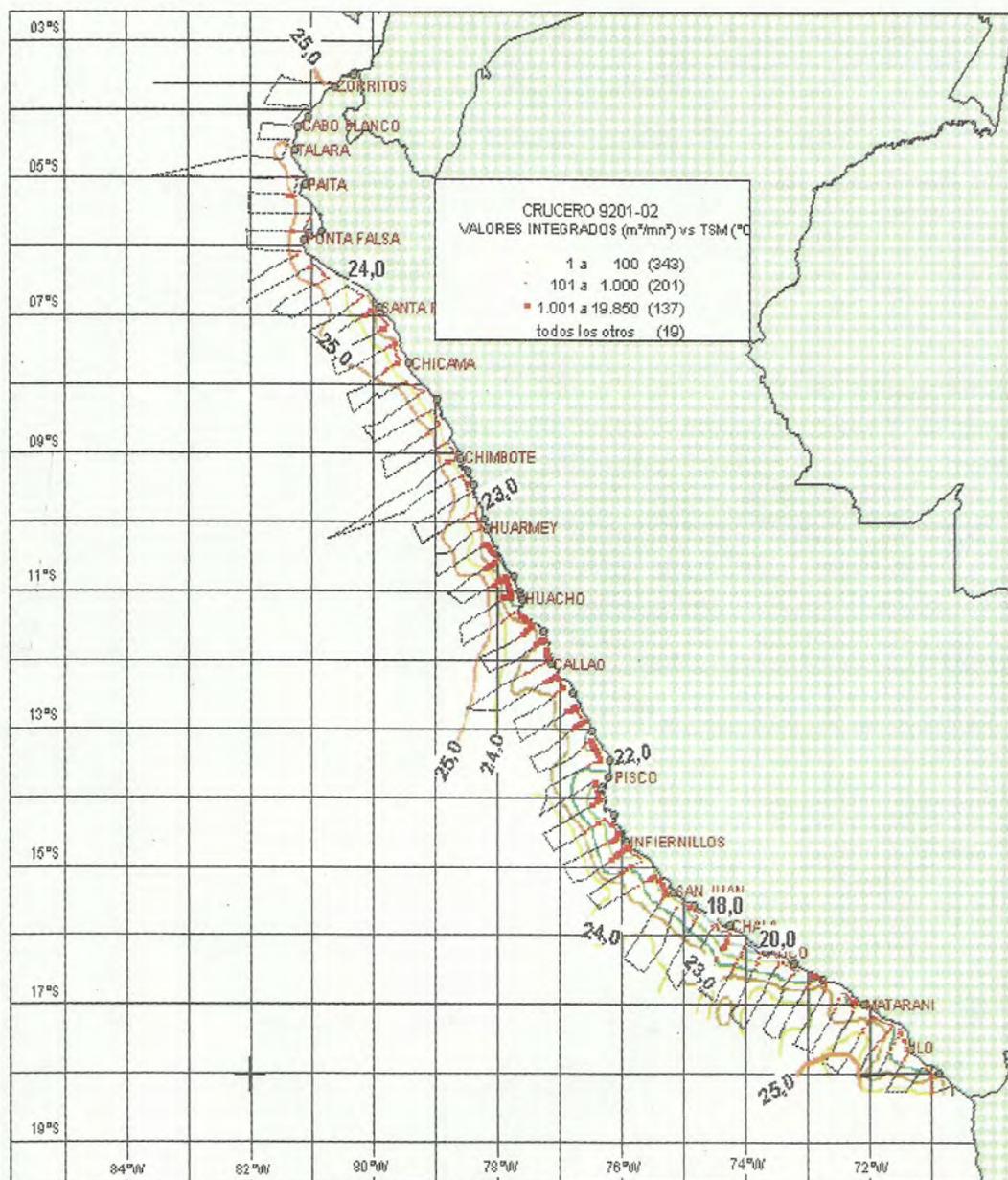


FIGURA 2a. Crucero 9201-02. Distribución de anchoveta con relación a la temperatura superficial del mar (°C).

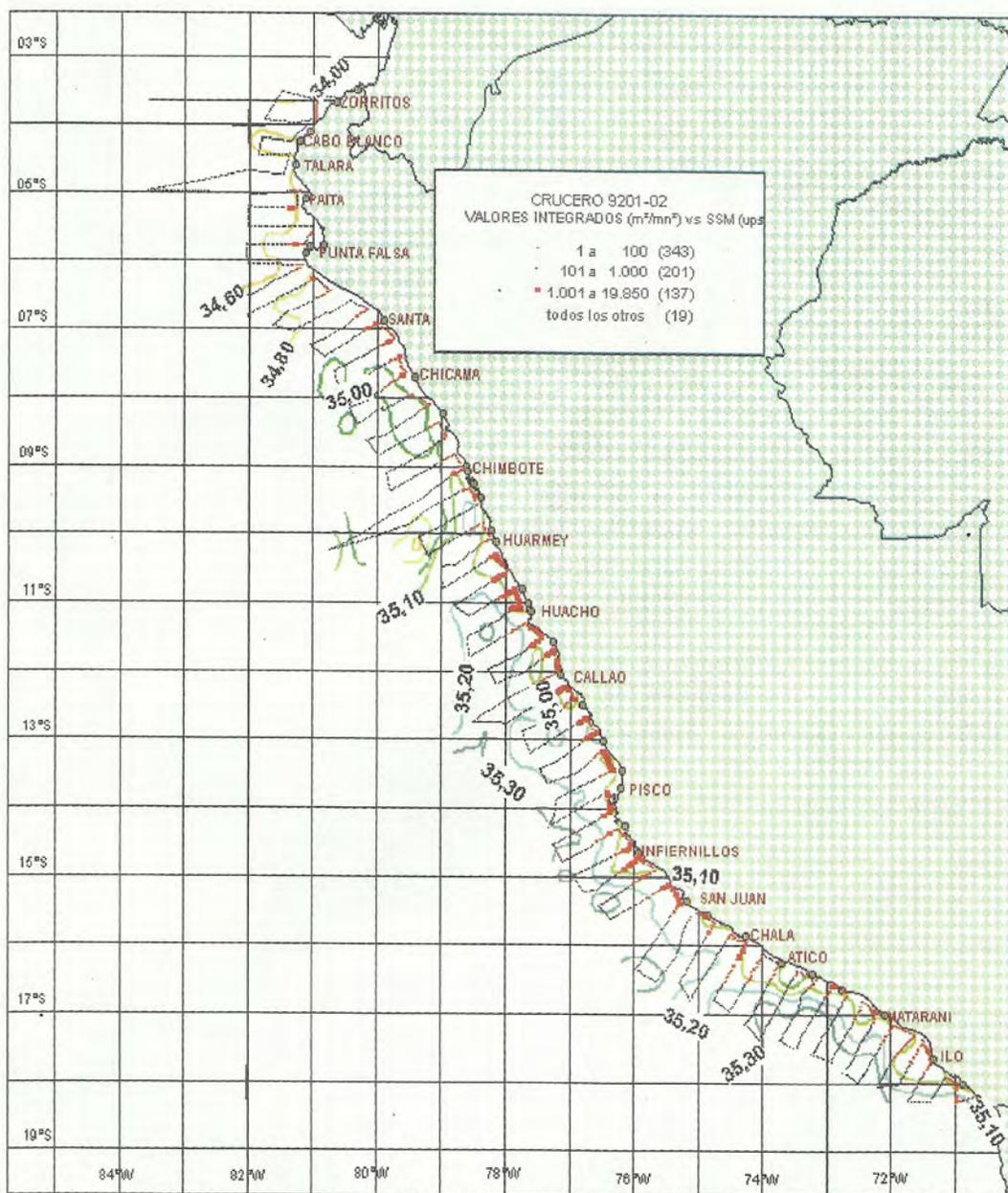


FIGURA 2b. Crucero 9201-02. Distribución de anchoveta con relación a la salinidad superficial del mar (ups).

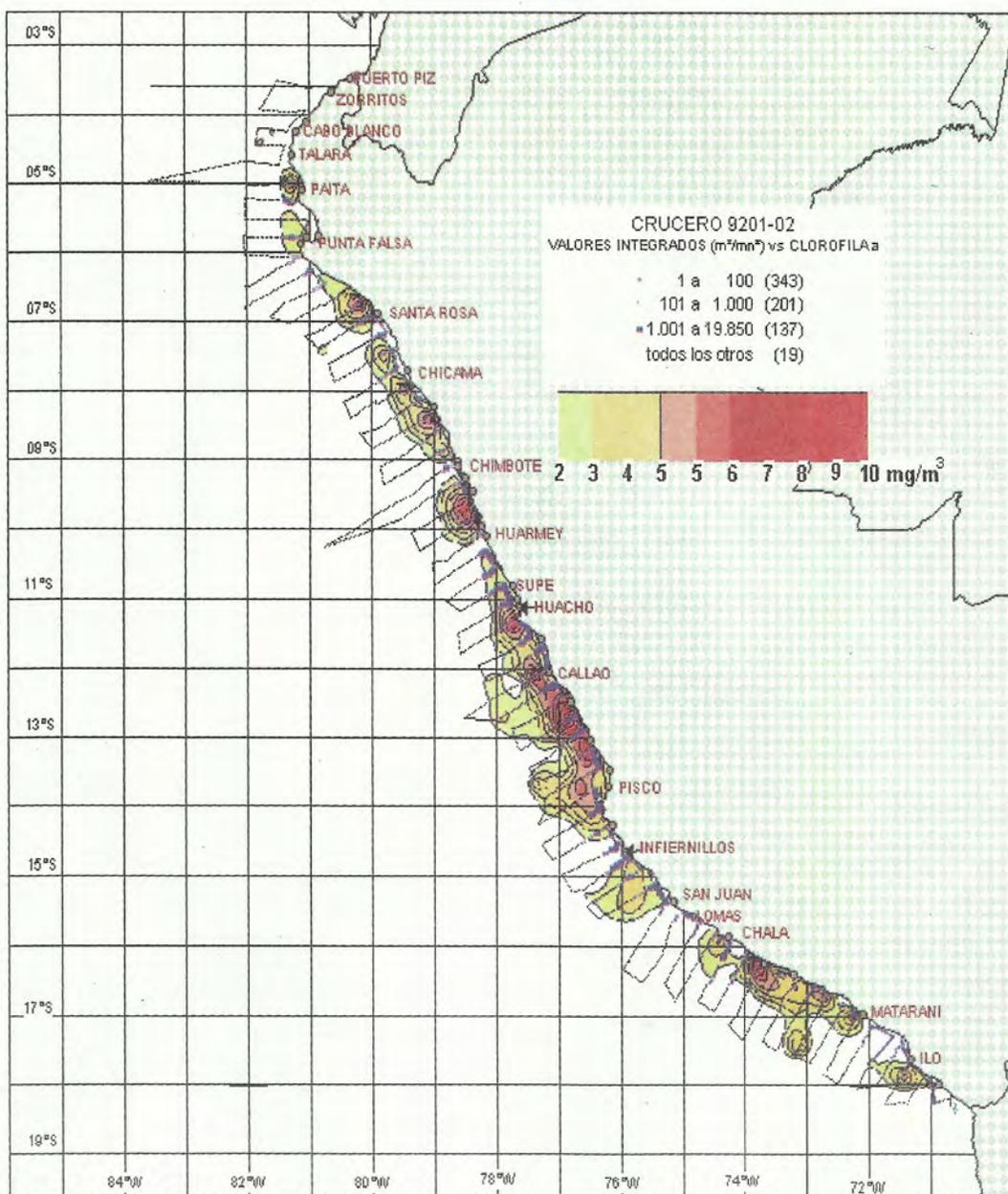


FIGURA 2c. Crucero 9201-02. Distribución de anchoveta con relación a la clorofila a del mar.

La distribución de anchoveta, desde Huarmey hacia el sur, estuvo limitada básicamente por la isoterma de 23 °C y valores máximos de salinidad de 35,2 ups, hasta una distancia aproximada de 60 mn de la costa. De Huarmey al norte se detectaron cardúmenes en 25 °C y valores de salinidad que variaron de 34,60 a 35,00 ups.

Los mejores valores de eointegración de anchoveta se detectaron en áreas con TSM <23 °C y salinidad de 35,10 ups, desde el sur hasta Chimbote, en las zonas donde la productividad de clorofila *a* tuvo concentraciones de 2 a 10 mg/m³. La biomasa total calculada fue de 5,69 millones de toneladas (o, de acuerdo a un análisis posterior hecho por Foote en 1995, alcanzaron 9,03 millones).

Crucero 9301-03 (periodo cálido)

El periodo en que se desarrolló el crucero fue considerado como cálido y cubrió todo el litoral (Figs. 3a, 3b, 3c). Sin embargo, las isotermas de 24 °C a 26 °C no se localizaron tan cerca de la costa como en 1992. Contrariamente, las isohalinas de 35,10 a 35,30 ups sí mantuvieron su cercanía a la costa. Los resultados de la eointegración mostraron un valor máximo para anchoveta de 15.000 m²/mn², promedio de 114,9 m²/mn² y varianza de 455.365. La anchoveta fue detectada hasta en 24 °C. Desde Chimbote hacia el sur se concentró mayormente hasta 22 °C y salinidad de 35,20 ups.

En general, la distribución de la anchoveta también fue costera como en 1992, pero se notó una mayor productividad de clorofila *a*. Las principales zonas, con valores de 2 a 10 mg/m³, se localizaron frente a Infiernillos, Huacho-Callao y Chicama-Santa Rosa, que cubrió casi toda el área de distribución de anchoveta. La

biomasa se calculó en 3,2 millones de toneladas (o, de acuerdo a un análisis posterior hecho por Foote en 1995, alcanzó 11,8 millones)

Crucero 9401-03 (periodo cálido)

El verano de 1994 fue considerado también como cálido, pero de menor intensidad que en 1993. La cobertura del crucero fue todo el litoral (Fig. 4a, 4b), encontrándose un valor máximo de eointegración de anchoveta de 25.600 m²/mn², promedio 346,4 m²/mn² y varianza no estratificada de 2.239.186. El área hasta donde se distribuyó la anchoveta se ajustó con la isoterma de 22 °C y la isohalina de 35,1 ups. Los mejores registros de anchoveta estuvieron entre 17 °C y 20 °C y salinidad menor de 35,10 ups, cuya localización fue un tanto alejada de la costa. La biomasa se calculó en 8,7 millones de toneladas (o, de acuerdo a un análisis posterior hecho por Foote en 1995, llegó a 13,5 millones).

Crucero BIC SNP-1 9602-04 (periodo frío)

El crucero cubrió todo el litoral (Fig. 5a, 5b, 5c). Al igual que en 1986, fue un periodo estacional frío, donde ocurrió también un transporte de masas de Aguas Costeras Frías (ACF) hacia el norte y se amplió fuera de la costa desde Chimbote al norte. La isoterma de 23 °C también se mantuvo alejada de la costa al igual que las isohalinas de 35,00 y 35,10 ups.

El máximo valor alcanzado para la anchoveta fue de 4.342 m²/mn², con un promedio bajo de (22,14 m²/mn²) y varianza no estratificada de 16.034. El límite de distribución de la anchoveta fue mayormente en TSM <22 °C. En toda esa área de distribución predominaron los valores de salinidad entre 34,80 y 35,10 ups. En la zona norte, la anchoveta se distribuyó hasta Paita por la presencia de

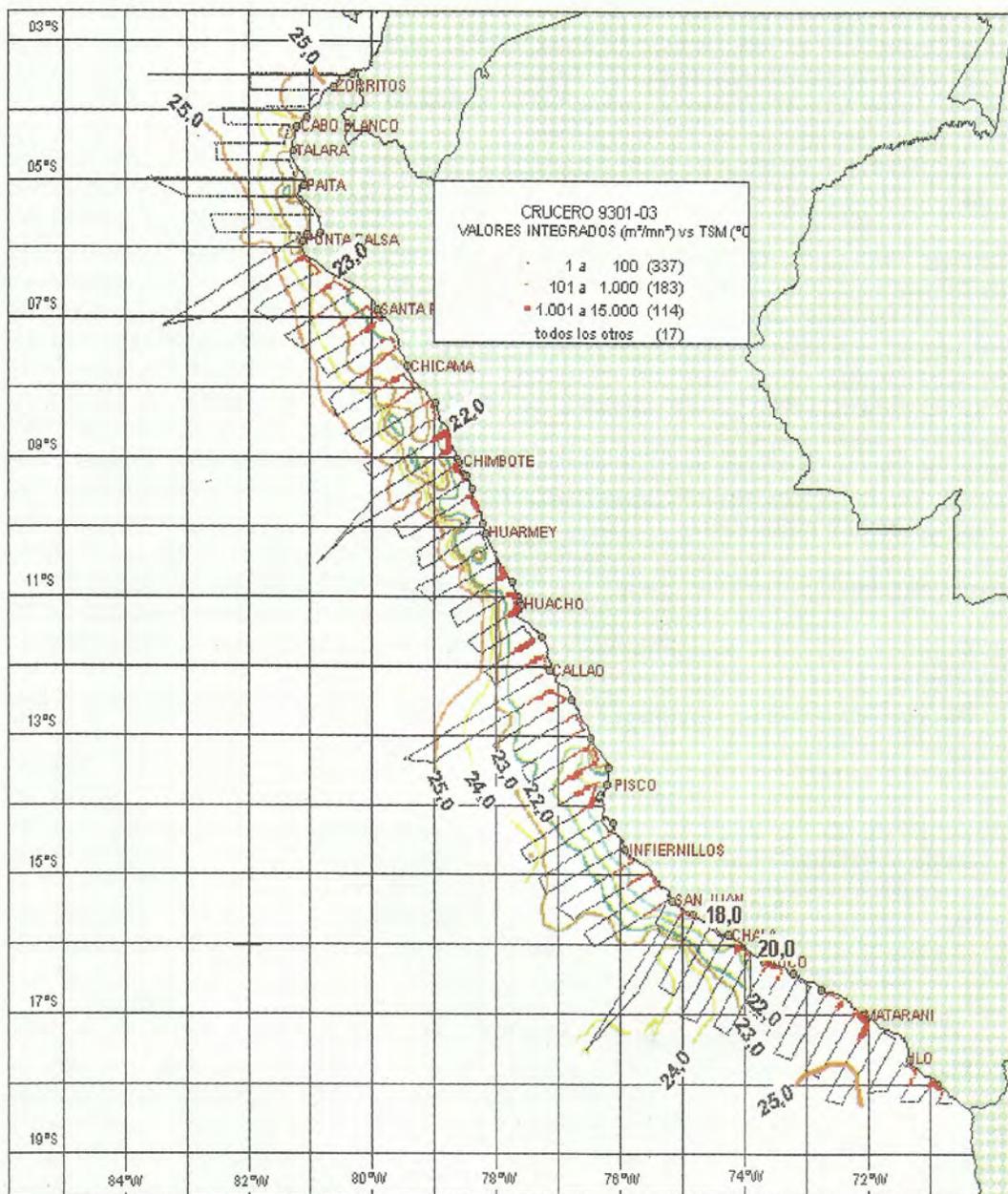


FIGURA 3a. Crucero 9301-03. Distribución de anchoveta con relación a la temperatura superficial del mar (°C).

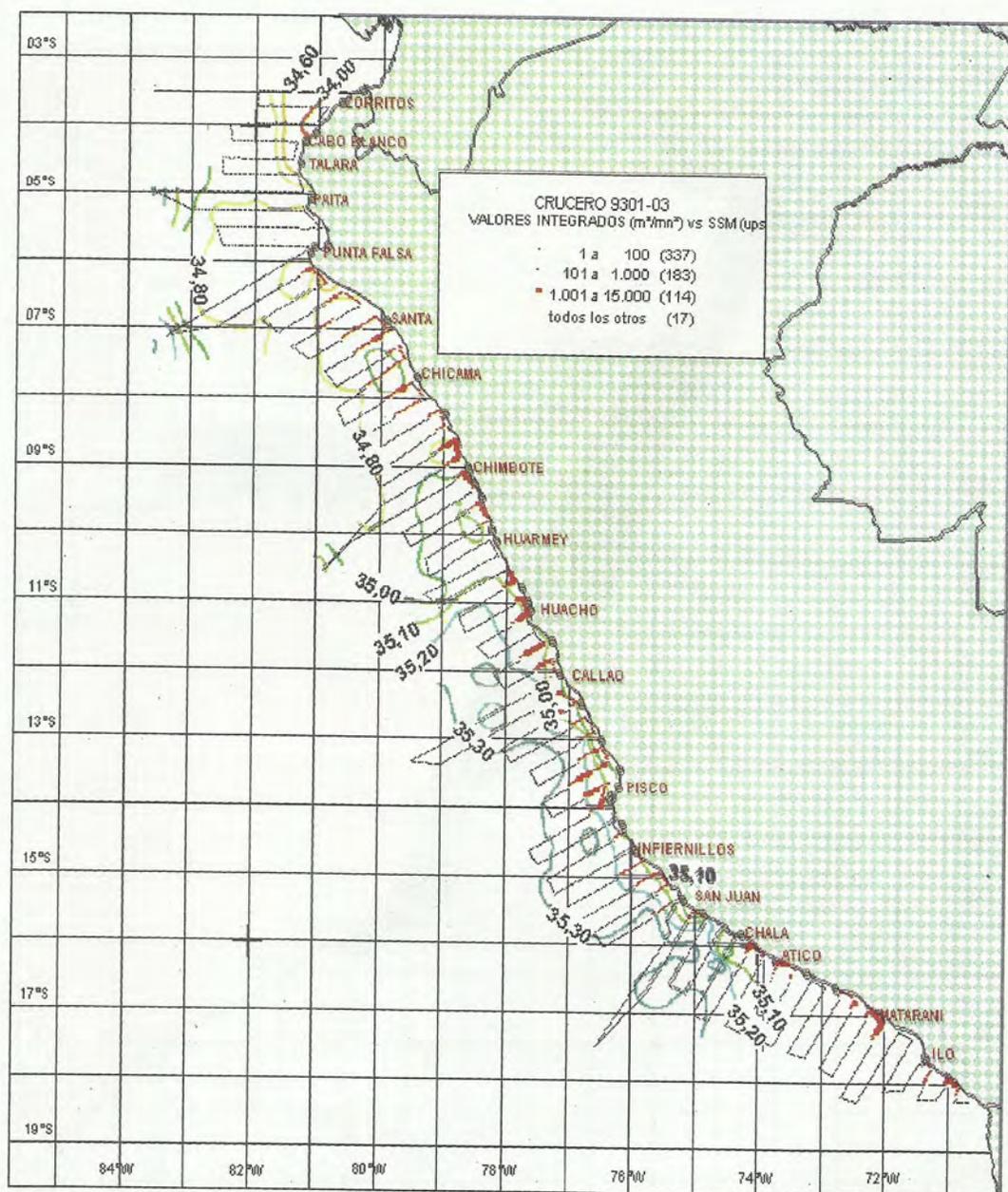


FIGURA 3b. Crucero 9301-03. Distribución de anchoveta con relación a la salinidad superficial del mar (ups).

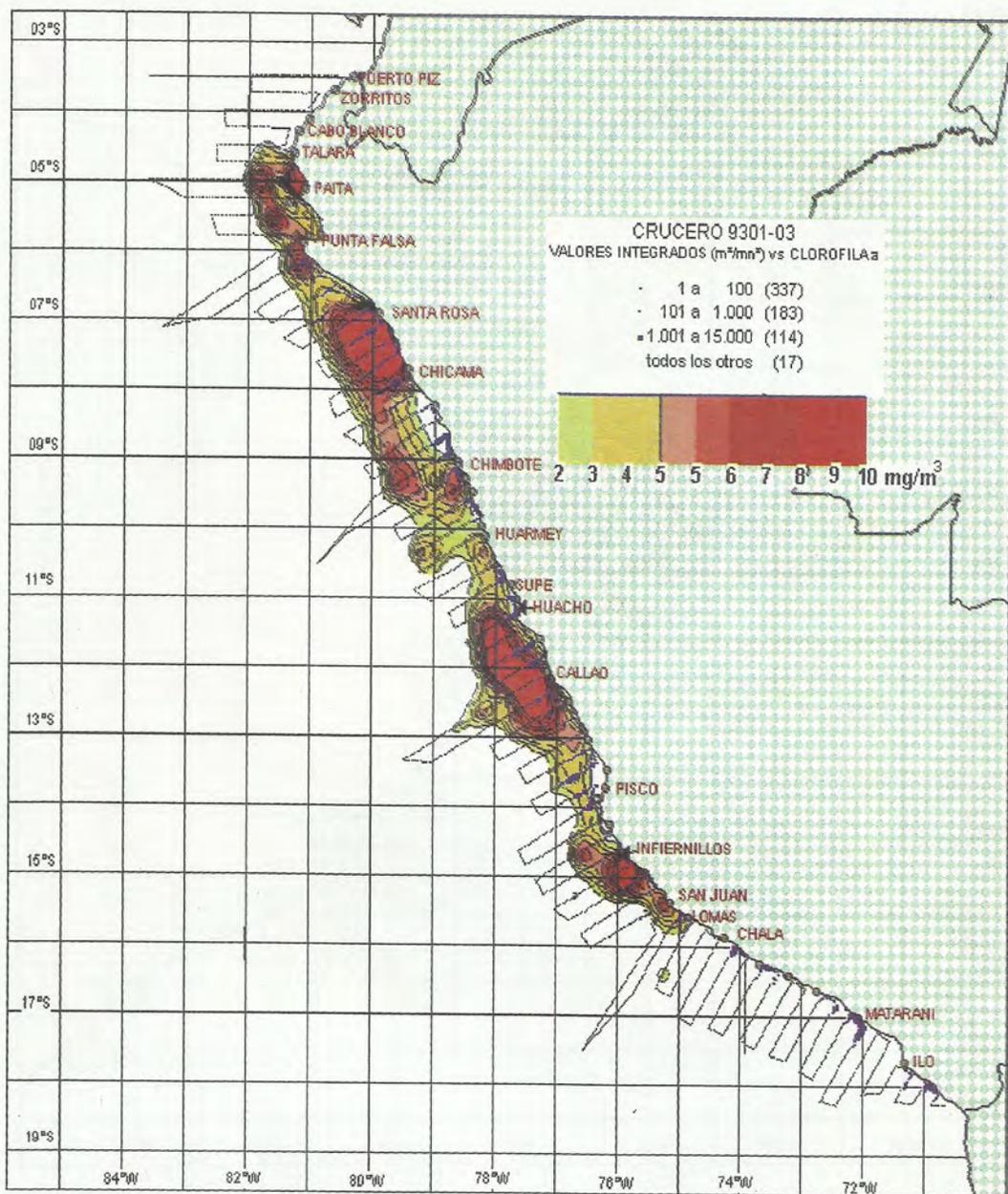


FIGURA 3c. Crucero 9301-03. Distribución de anchoveta con relación a la clorofila a del mar.

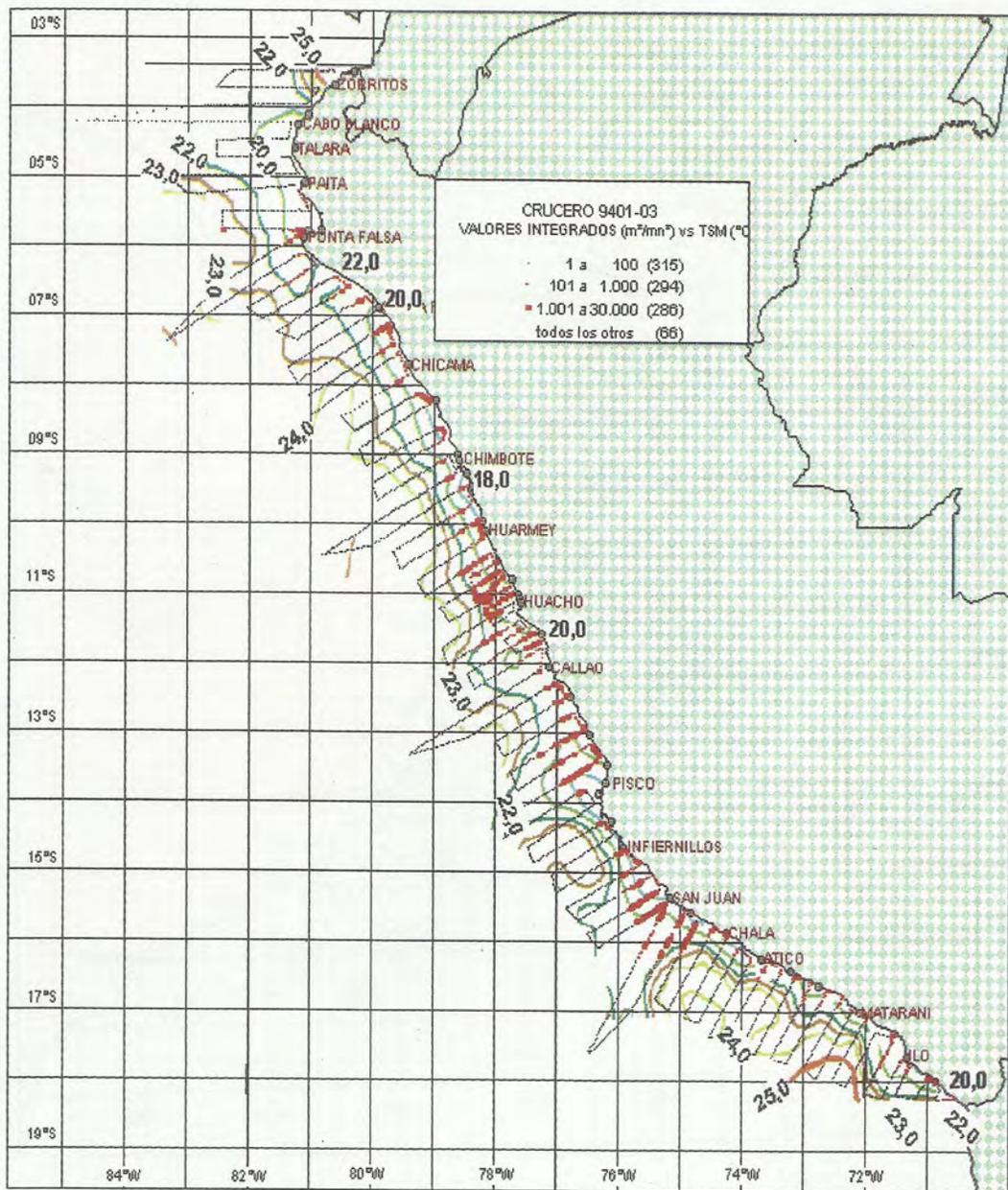


FIGURA 4a. Crucero 9401-03. Distribución de anchoveta con relación a la temperatura superficial del mar (°C).

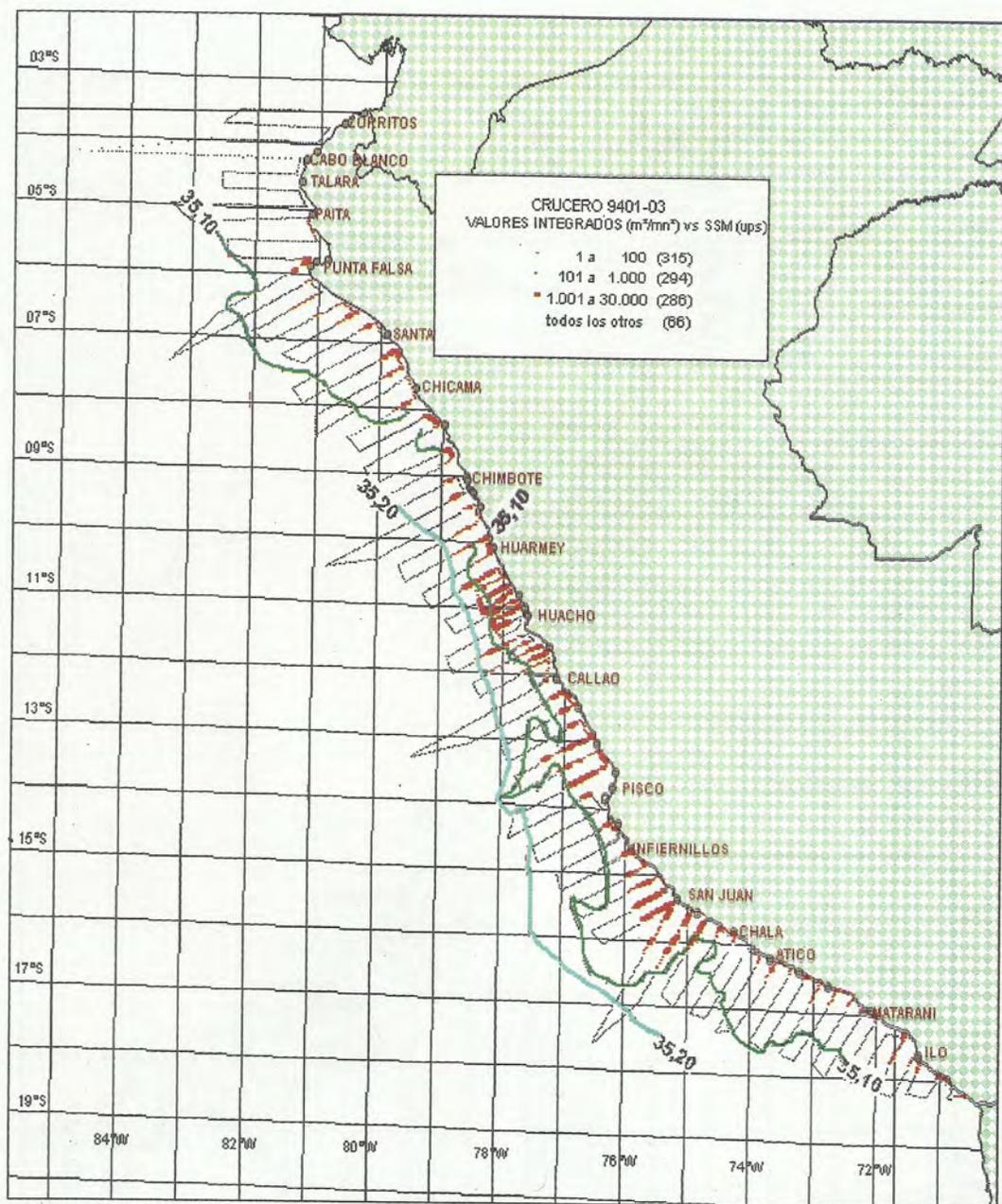


FIGURA 4b. Crucero 9401-03. Distribución de anchoveta con relación a la salinidad superficial del mar (ups).

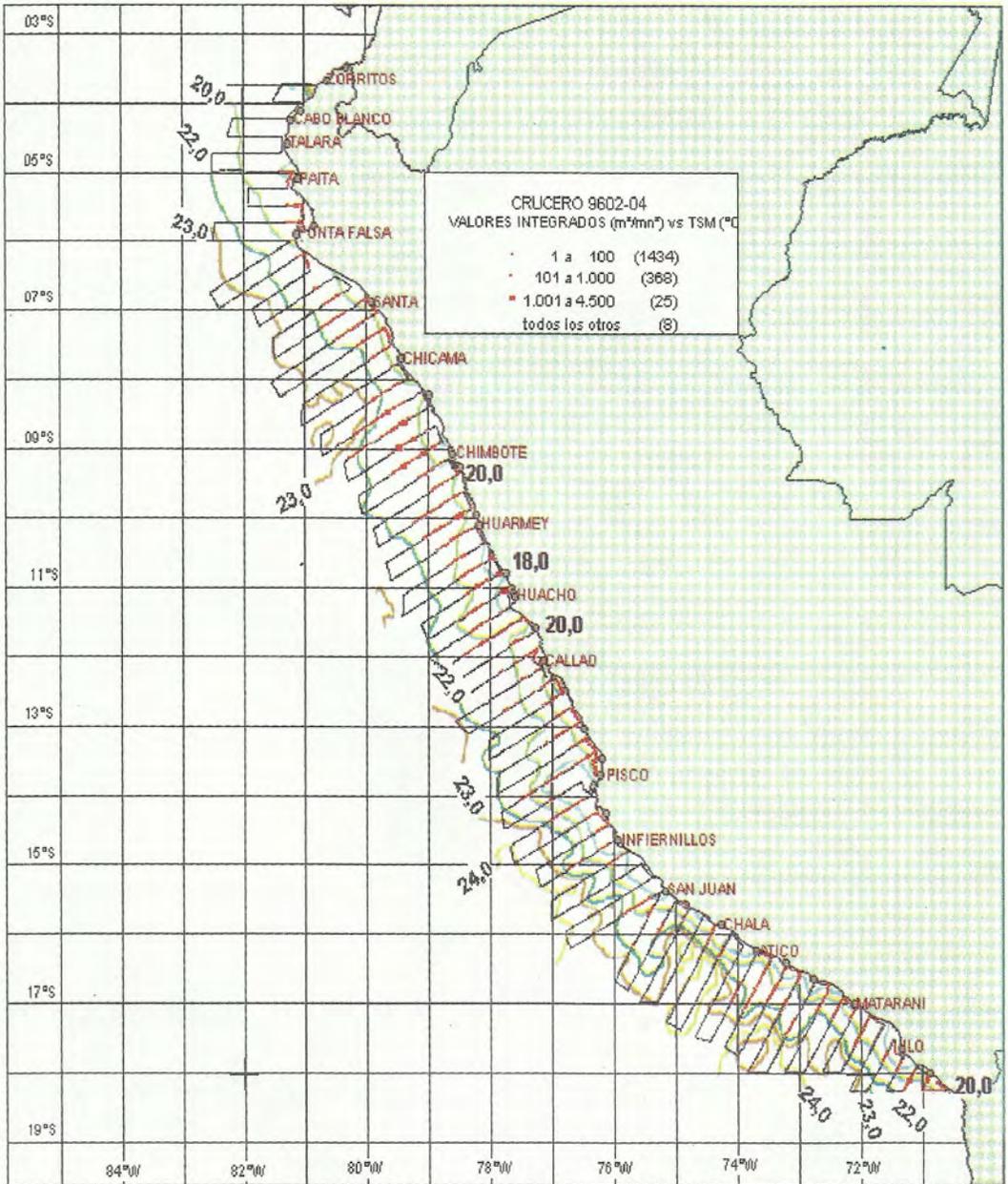


FIGURA 5a. Crucero 9602-04. Distribución de anchoveta con relación a la temperatura superficial del mar (°C).

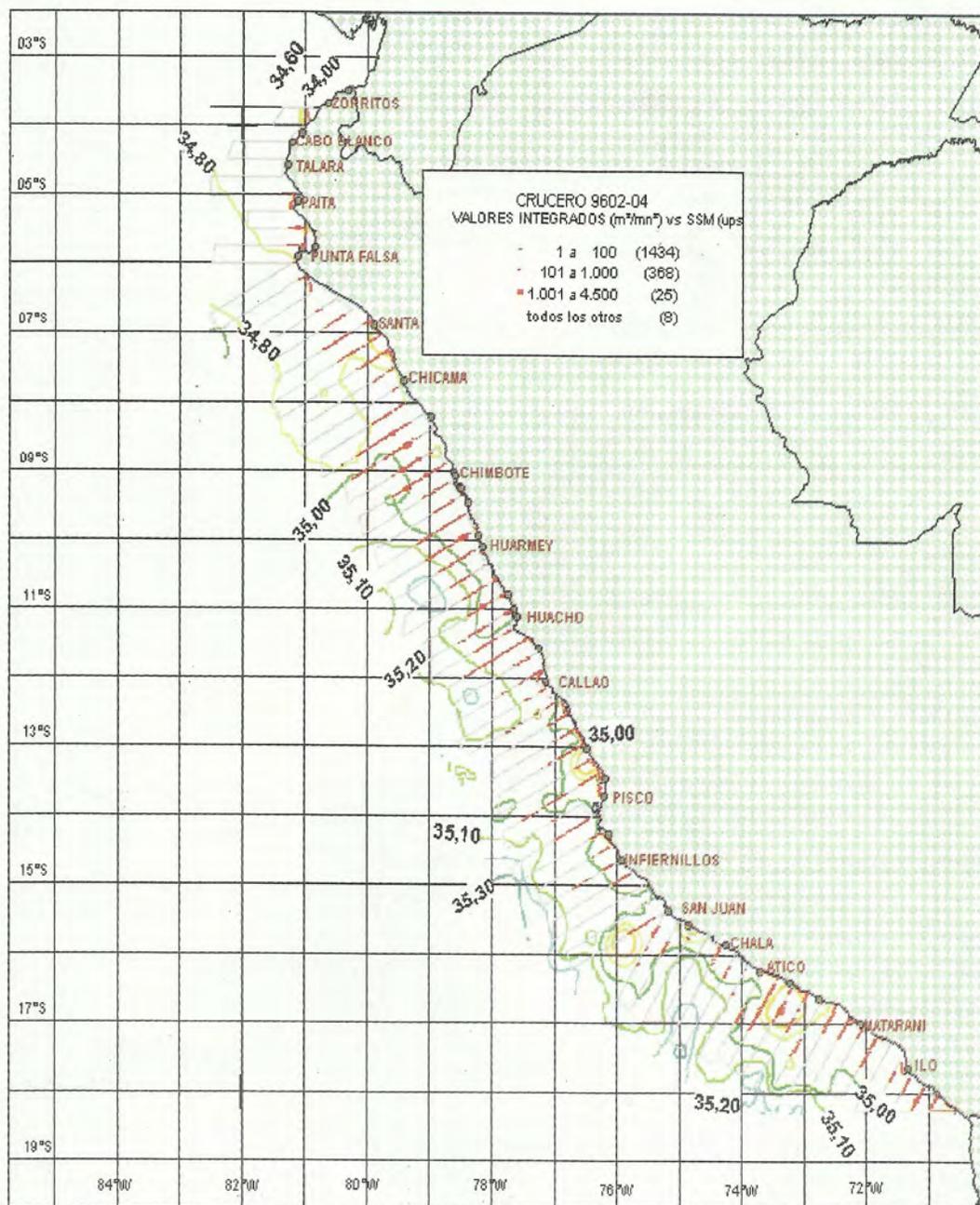


FIGURA 5b. Crucero 9602-04. Distribución de anchoveta con relación a la salinidad superficial del mar (ups).

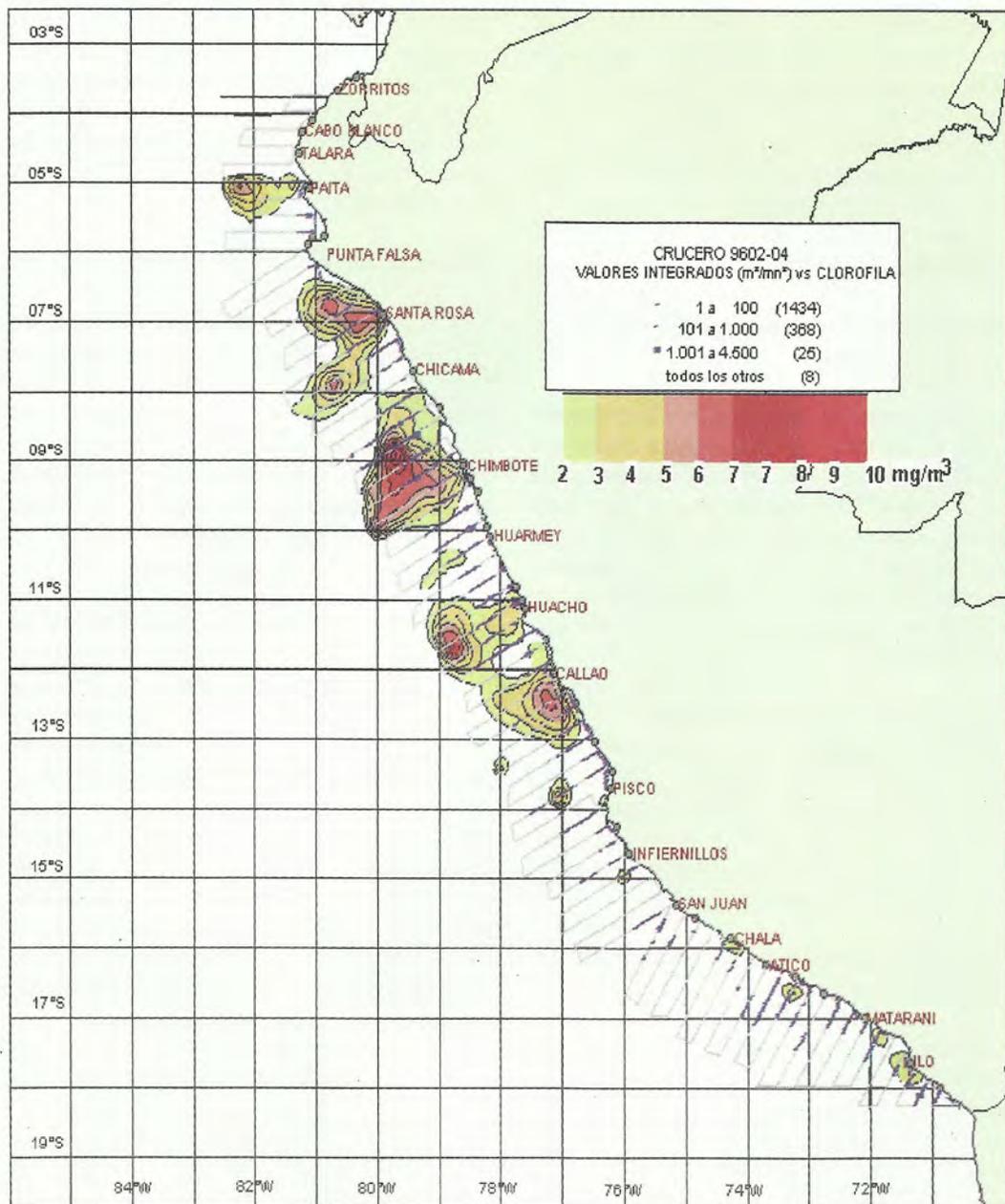


FIGURA 5c. Crucero 9602-04. Distribución de anchoveta con relación a la clorofila *a* del mar.

las isotermas de 18 °C a 20 °C y salinidad de 34,80 ups.

La productividad de clorofila *a*, fue menor en comparación a 1994. Sin embargo sobresalieron cuatro parches importantes con valores de 2 a 10 mg/m³, frente a Callao-Huacho, Chimbote, Chicama y Paita, en donde se notó una buena relación con la distribución de anchoveta. La biomasa calculada en este crucero fue de 6,69 millones de toneladas.

Crucero BIC Humboldt 9803-04 (periodo cálido)

La cobertura del crucero fue a lo largo de todo el litoral (Fig. 6a, 6b), durante un periodo El Niño, cuando las isotermas de 24 °C a 26°C se localizaron muy cerca de la costa. Los resultados estadísticos de la eointegración tuvieron un valor máximo de 438.333 m²/mn², con un promedio de 371,71 m²/mn² y varianza no estratificada de 57.446.132.

La distribución de anchoveta fue muy costera y se detectó en áreas hasta con TSM de 26 °C y salinidad de 35,30 ups. La mejor concentración fue en la zona sur en áreas con TSM de 20 °C y salinidades de 35,00 a 35,10 ups. La biomasa estimada fue de 3,78 millones de toneladas.

Crucero BIC José Olaya Balandra 9902-03 (periodo frío)

Para este periodo considerado como frío, los resultados de eointegración de anchoveta tuvieron un máximo valor de 13.572 m²/mn², promedio de 126 m²/mn² y varianza no estratificada de 405.456,8.

La anchoveta se distribuyó (Fig. 7a, 7b, 7c) en la zona norte en áreas con TSM de 18 °C a 24 °C. En la zona sur la distribución estuvo limitada por la isoterma de 20 °C.

Estas áreas presentaron salinidad con un rango de 34,80 a 35,10 ups. La productividad de clorofila *a* se caracterizó por sus valores bajos en la zona sur y hacia el norte mostró una ampliación con muy buenas concentraciones, inclusive en áreas alejadas de la costa. Estas zonas fueron de gran compatibilidad con la distribución de anchoveta. La biomasa se calculó en 5,29 millones de toneladas.

Crucero 0002-03 (periodo frío)

Este crucero también tuvo una cobertura de todo el litoral (Fig. 8a, 8b, 8c), en donde las condiciones ambientales fueron más frías que en 1999, con la isoterma de 23 °C más alejada de la costa. Los principales resultados estadísticos de la eointegración presentaron un valor máximo de 55.797 m²/mn², promedio de 368 m²/mn² y varianza no estratificada de todos los datos de 1.890.357.

La anchoveta se distribuyó en TSM de 18 °C a más de 24 °C y en áreas con salinidad de 34,8 (cerca de la costa) a 35,10 ups. Las mejores concentraciones se detectaron desde Pisco hacia el norte, con un máximo de TSM de 23 °C y salinidad de 35,00 a 35,10 ups. En la zona sur la isoterma de 23 °C marcó el límite de la distribución conjuntamente con las isohalina de 35,00 y 35,10 ups. La distribución de anchoveta mostró correlación con la concentración de clorofila *a*, especialmente en áreas con valores de 2 a 10 mg/m³. La biomasa se estimó en 9,4 millones de toneladas.

CONCLUSIONES

1. Los parámetros oceanográficos como la temperatura, salinidad y clorofila *a*, tienen un rol muy importante en la distribución de la anchoveta.

2. Existe una correlación entre las áreas de distribución de la anchoveta con la

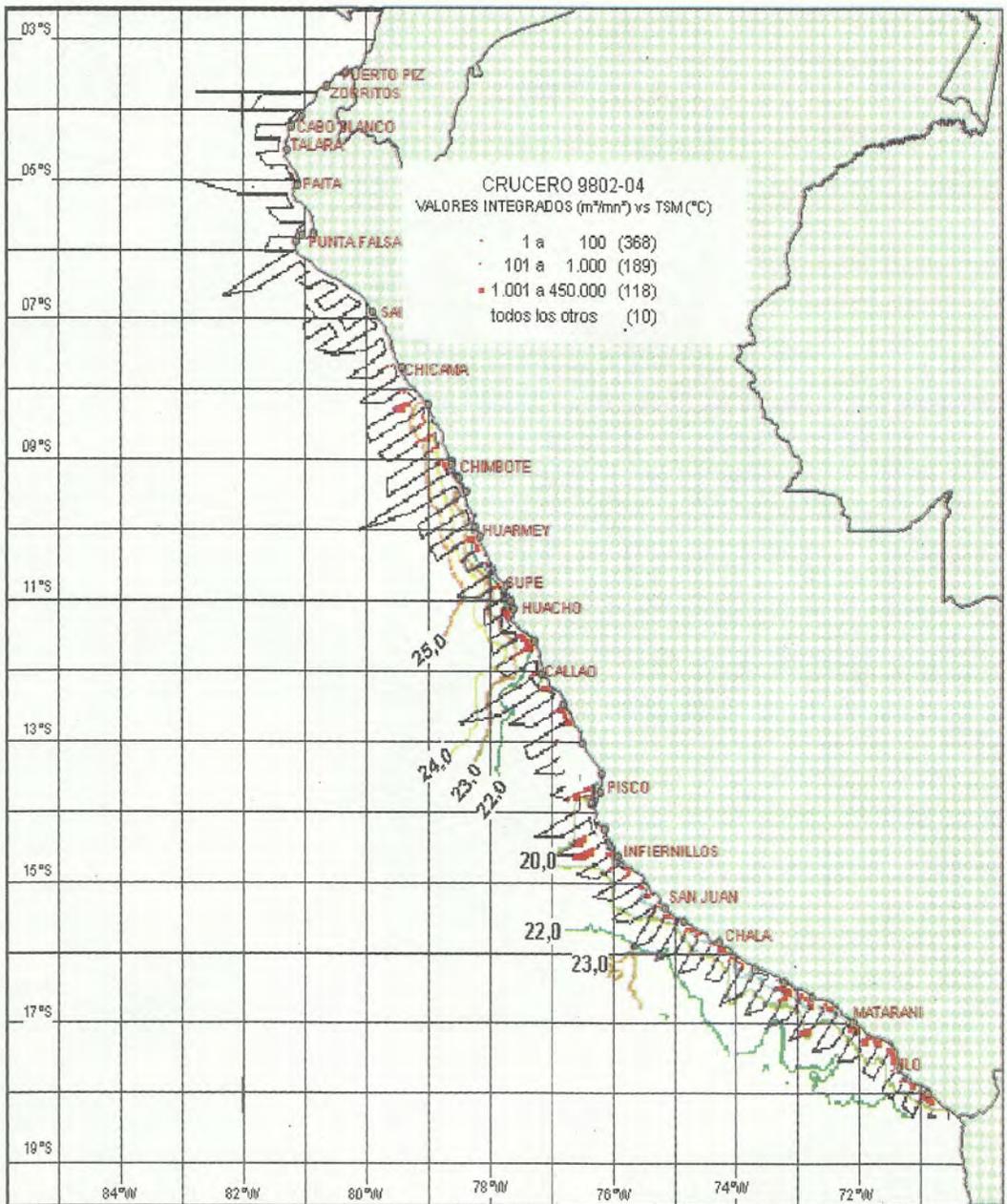


FIGURA 6a. Crucero 9802-04. Distribución de anchoveta con relación a la temperatura superficial del mar (°C).

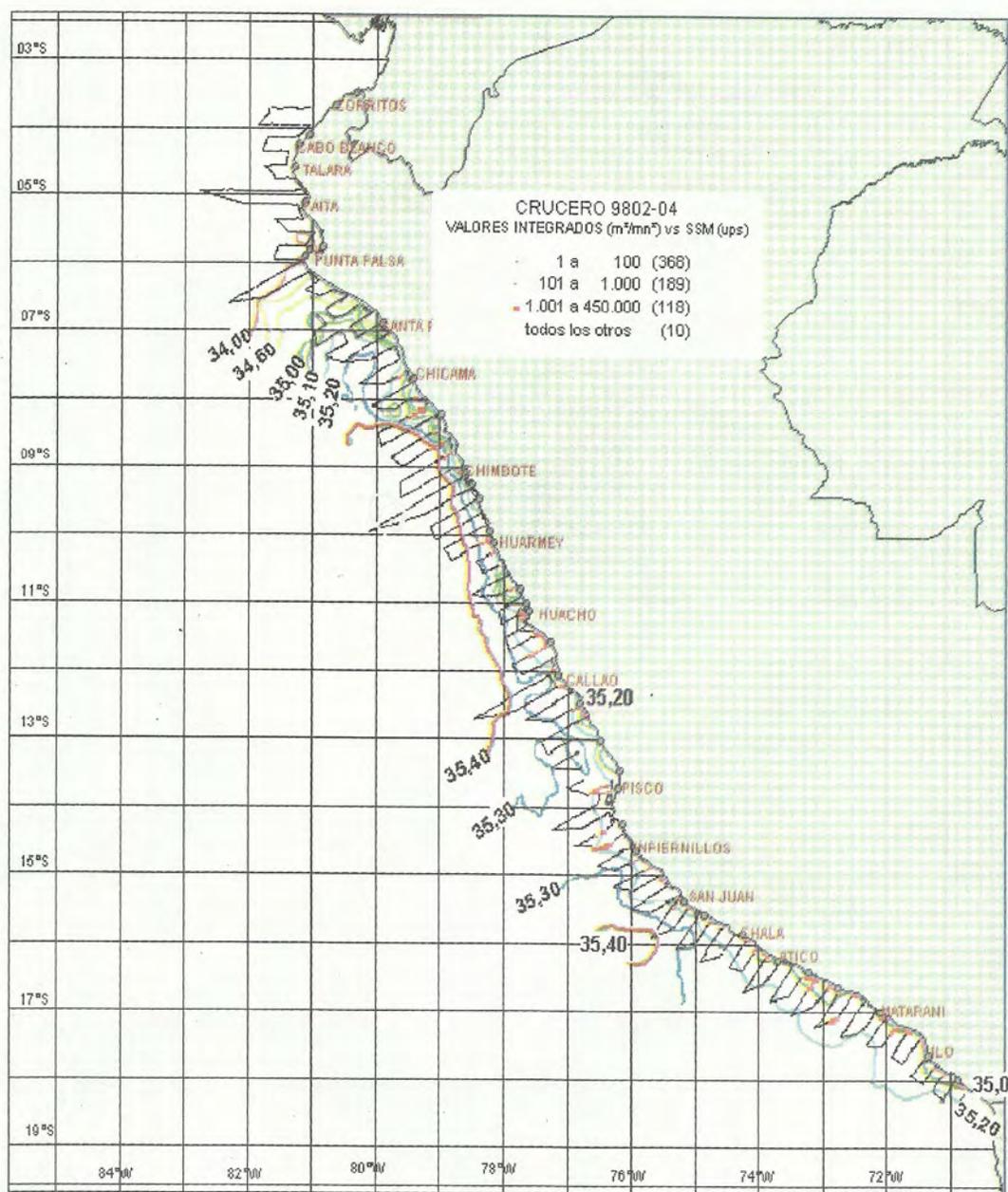


FIGURA 6b. Crucero 9802-04. Distribución de anchoveta con relación a la salinidad superficial del mar (ups).

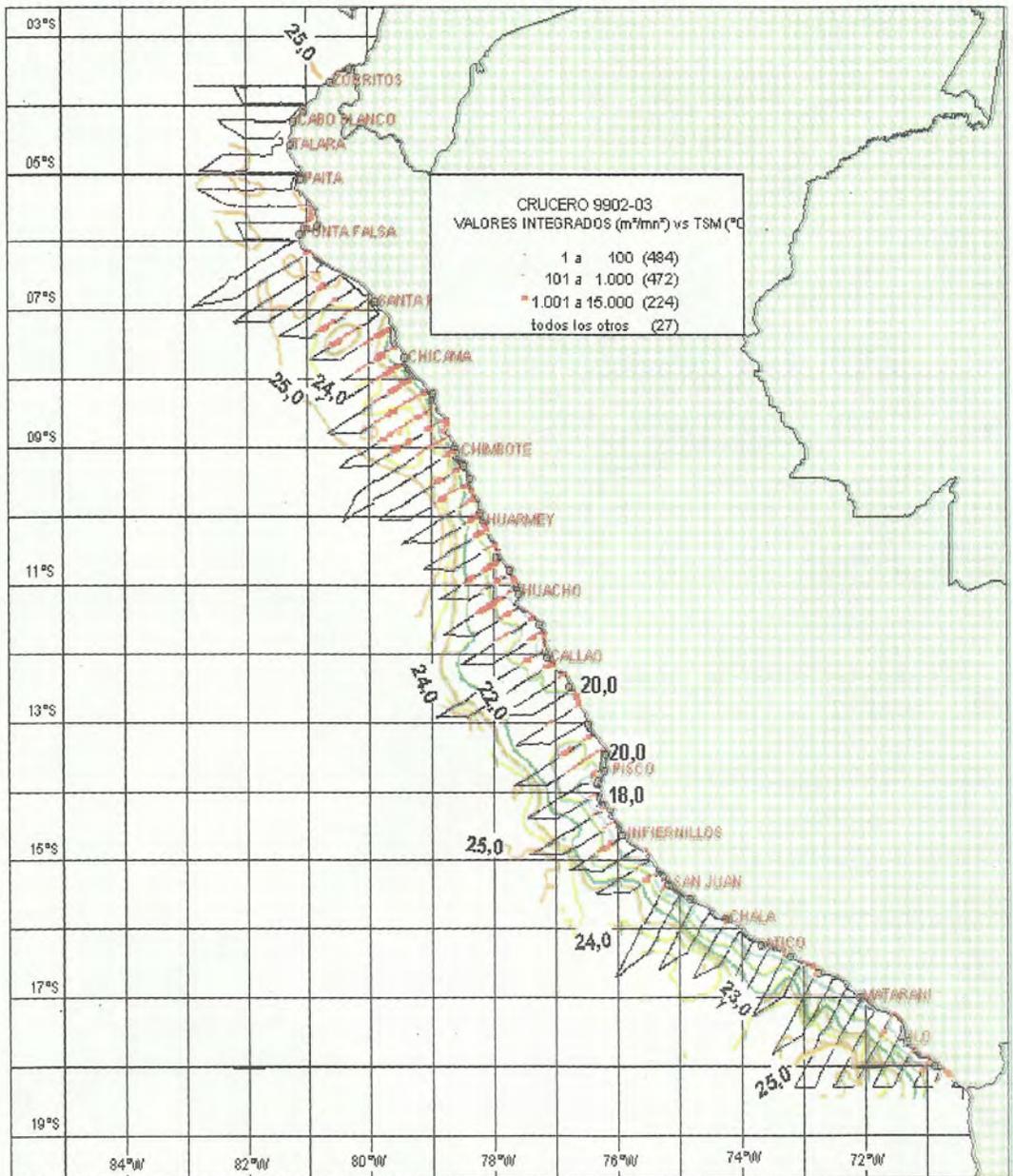


FIGURA 7a. Crucero 9902-03. Distribución de anchoveta con relación a la temperatura superficial del mar (°C).

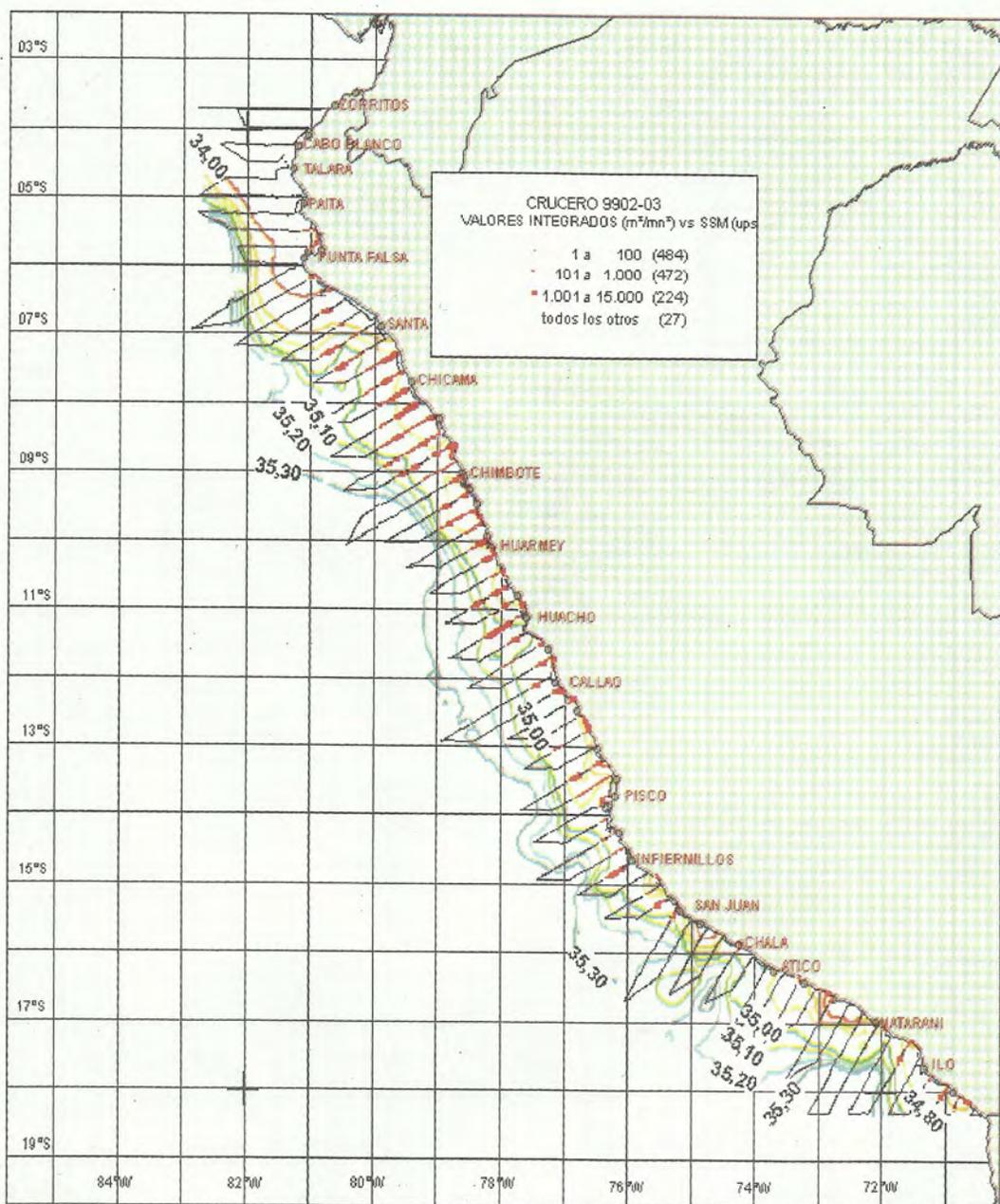


FIGURA 7b. Crucero 9902-03. Distribución de anchoveta con relación a la salinidad superficial del mar (ups).

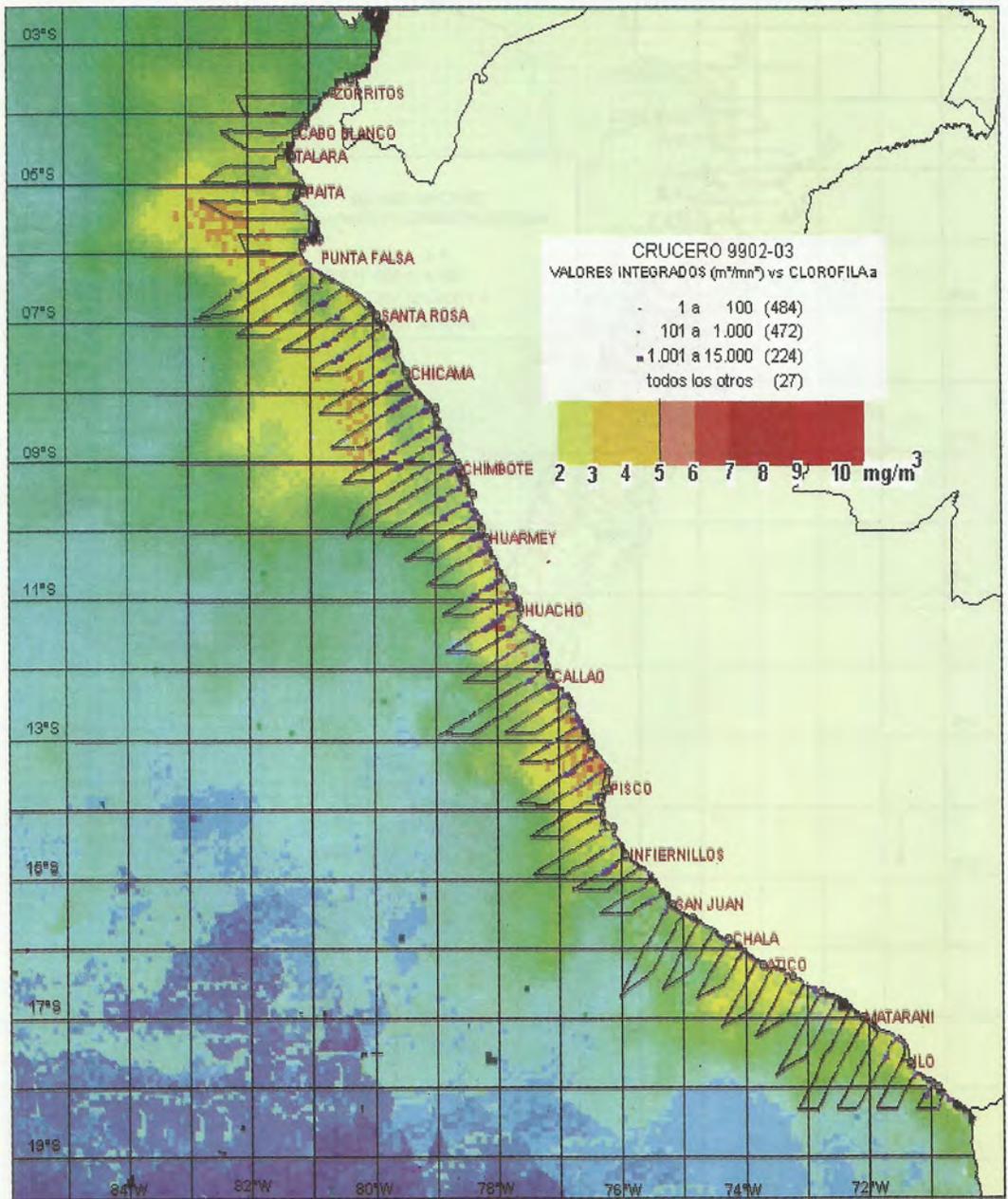


FIGURA 7c. Crucero 9902-03. Distribución de anchoveta con relación a la clorofila *a* (fuente: proyecto SeaWifs/NOAA) del mar.

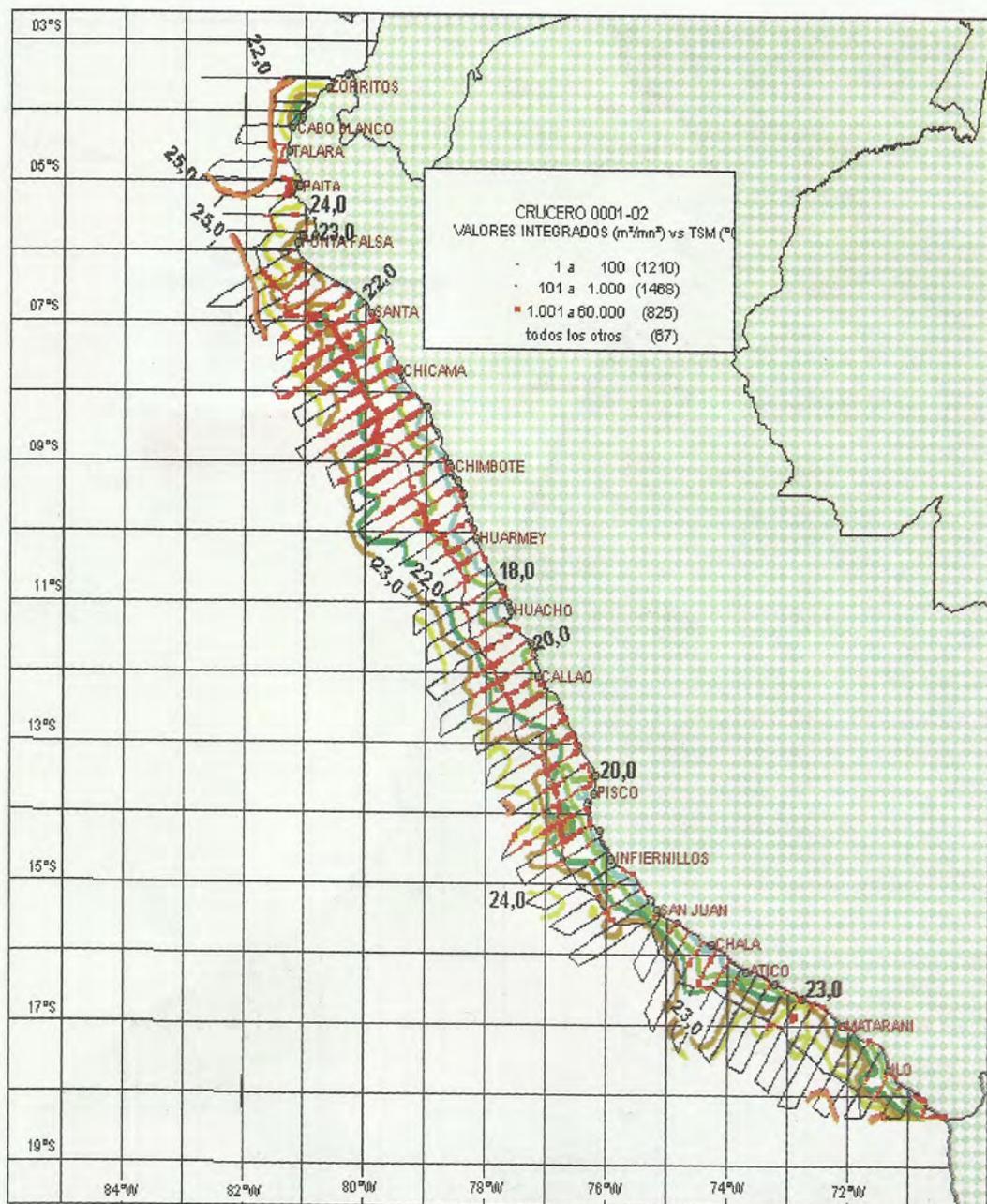


FIGURA 8a. Crucero 0001-02. Distribución de anchoveta con relación a la temperatura superficial del mar ($^{\circ}C$).

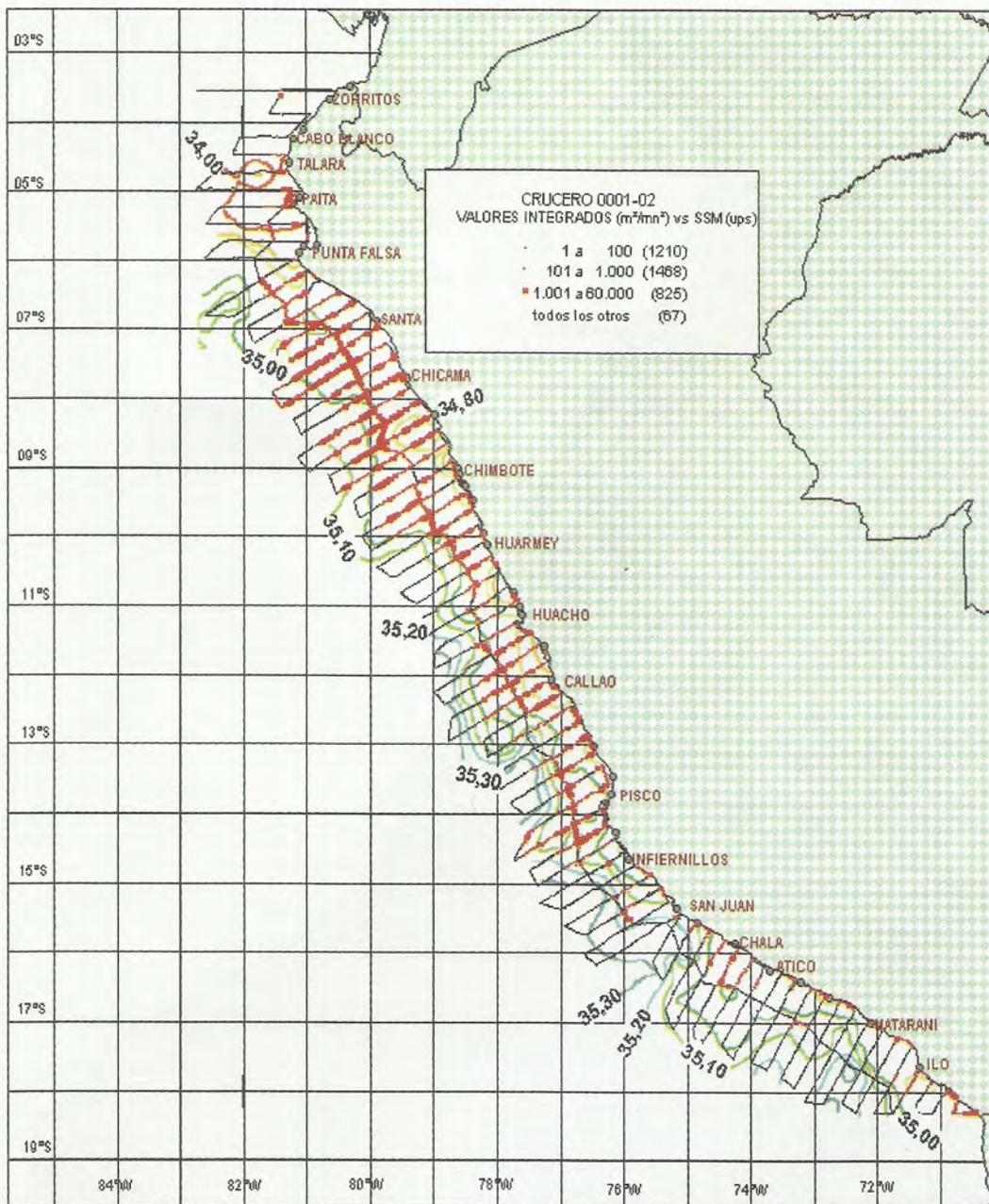


FIGURA 8b. Crucero 0001-02. Distribución de anchoveta con relación a la salinidad superficial del mar (ups).

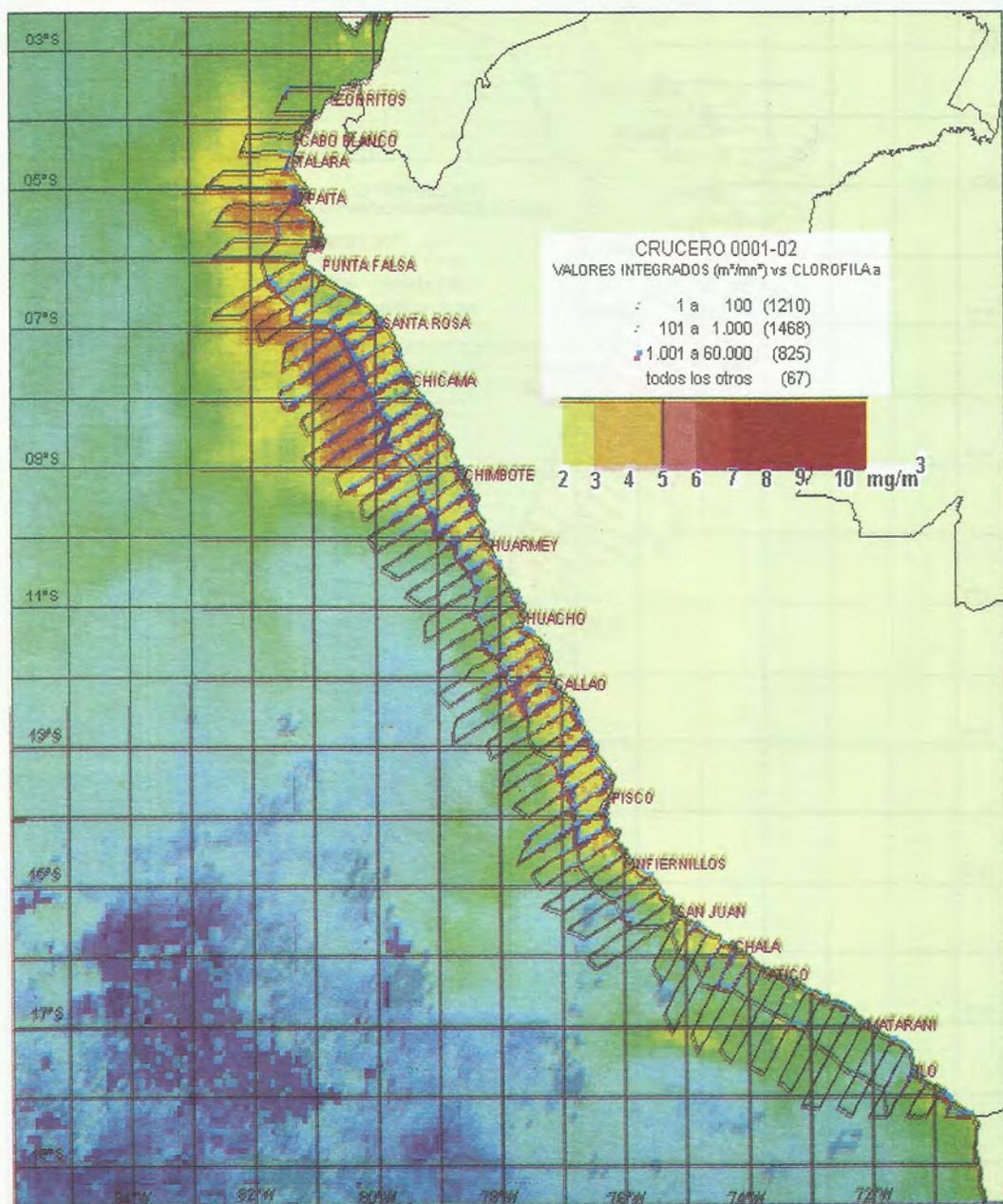


FIGURA 8c. Crucero 0001-02. Distribución de anchoveta con relación a la clorofila a (fuente: proyecto SeaWifs/NOAA) del mar.

isoterma de 23 °C. En algunos casos la distribución puede alcanzar áreas más alejadas de la costa, con temperatura de 24 °C y 25 °C. Sin embargo, ello depende de los valores de salinidad que se registren dichas áreas.

3. La anchoveta puede distribuirse en áreas que alcancen valores de salinidad hasta 35,20 ups, pero las mejores concentraciones se detectan en áreas con salinidad de 35,00 a 35,10 ups, que son el límite de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y de las Aguas Costeras Frías (ACF). Por lo tanto, puede considerarse que la salinidad es un parámetro oceanográfico más determinante que la temperatura, en la distribución de anchoveta.

4. Durante periodos de verano considerados como eventos fríos, la anchoveta puede distribuirse hasta la zona de Talara y Puerto Pizarro.

5. La clorofila a es un buen indicador de la distribución de la anchoveta, y puede considerarse como una herramienta para el diseño de los cruceros de evaluación de la anchoveta, por la posibilidad de obtenerse, al igual que la TSM, a través de receptores satelitales.

6. Los valores integrados para la anchoveta muestran una varianza no estratificada variable, y con valores altos durante los periodos cálidos. No obstante, si se calculan los valores de error estándar con relación al promedio, no se aprecia mucha diferencia. Estos fluctúan entre 3,1

(Crucero 8604-05) hasta 5,87 (Crucero 9301-03), con excepción del Crucero 9803-04 en que se obtuvo un valor alto (20,4). Esto se debe a que hubo una escasa uniformidad en la distribución de la anchoveta, afectada por el fenómeno El Niño, lo cual demuestra que las variables oceanográficas afectan la distribución espacial de la anchoveta.

Agradecimiento

Al Técnico Sr. JAIME ATIQUIPA por su enorme ayuda en la confección de las figuras.

REFERENCIAS

- CASTILLO, J., M. BARBIERI y A. GONZALES. 1996. Relationship between sea surface temperature, salinity and pelagic fish distribution off northern Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 139-146.
- FOOTE, K., H. KNUITSEN, G. VESTNES, D. MAC LENNAN y J. SIMMONDS. 1987. Calibration of acoustics instruments for fish density estimation: a practical guide. Cooperative Research Report; International Council for the Exploration of the Sea, N° 144. 57pp.
- FOOTE, K. 1995. Report on visit to The Peruvian Marine Institute. A review of results of acoustic cruises. Internal Report. 25 pp. Proyecto FAO-MIPE. November 1995.
- MASSÉ, J., C. KOUTSIKOPOULOS y W. PATTY. 1996. The structure and spatial distribution of pelagic fish schools in multispecies clusters: an acoustic study. *ICES Journal of Marine Science* 53: 155-160.
- SCALABRIN, C. y J. MASSÉ. 1993. Acoustic detection of the spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. *Aquatic Living Resources* 6:269-283.
- SIMARD, Y., D. MARCOTTE y G. BOURGAULT. 1993. Exploration of geostatistical methods for mapping and estimating acoustic biomass of pelagic fish in the Gulf of St. Lawrence: size of echo-integration unit and auxiliary environment variables. *Aquatic Living Resources* 6:185-199.

LAS OPERACIONES EUREKA: UNA APROXIMACIÓN A LA ABUNDANCIA DE ANCHOVETA EN EL PERÍODO 1966-1982

MARIANO GUTIÉRREZ¹, MIGUEL ÑIQUEN², SALVADOR PERALTILLA N.³ Y NALDI HERRERA A.³

RESUMEN

GUTIÉRREZ, M., M. ÑIQUEN, S. PERALTILLA y N. HERRERA. 2000. Operaciones Eureka: una aproximación a la abundancia de anchoveta en el periodo 1966-1982. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 83-102.

El desarrollo de las evaluaciones acústicas de recursos pelágicos, llevadas a cabo en el Perú entre los años 1983 y 2000, ha permitido crear una amplia base de datos. Esta data ha sido reunida de acuerdo con la alternancia de períodos normales, cálidos y fríos. Estos periodos, además, han sido agrupados por estaciones del año, a fin de establecer la relación entre la abundancia de anchoveta y la magnitud de sus áreas de distribución. De esta manera se han obtenido 12 regresiones lineales, con las cuales se ha realizado una estimación de la biomasa existente al llevarse a cabo la mayoría de las Operaciones Eureka entre 1966 y 1982. Las cartas de distribución de estas antiguas prospecciones han sido digitalizadas y estimadas las magnitudes de las áreas de distribución latitudinal de anchoveta. Además, se ha realizado una comparación entre la fluctuación de los desembarques y la abundancia de anchoveta determinada durante las Operaciones Eureka; y se discuten también los sesgos que pueden contener estas aproximaciones.

PALABRAS CLAVE: Operaciones Eureka, anchoveta peruana, abundancia, periodo 1966-1982.

ABSTRACT

GUTIÉRREZ, M., M. ÑIQUEN, S. PERALTILLA and N. HERRERA. 2000. EUREKA Operations: an approach to the abundance of Peruvian anchoveta during the period 1966-1982. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 83-102.

The development of acoustic assessments on pelagic resources carried out in Peru from 1983 to 2000, has allowed to create a wide database. This data has been grouped according to the alternation of normal, warm and cold periods; these periods have also been grouped seasonally, in order to establish the relationships between the abundance of anchovy and the magnitude of its distribution areas. In this way, 12 lineal regressions have been obtained and they have been used to estimate the existent biomass at the moment of realizing most of the Eureka Operations from 1966 to 1982. The distribution charts of these surveys have been digitized and the magnitudes of the areas of anchovy's distribution have been obtained. A comparison of the landing fluctuations with the abundance of anchovy determined by Eureka Operations has also been done, discussing the biases that these approaches may contain.

KEY WORDS: Eureka Operations, Peruvian anchovy, abundance, period 1966-1982.

INTRODUCCIÓN

Las Operaciones Eureka fueron creadas como una manera rápida y económica de coleccionar información biológica, oceanográfica y acústica, con la cual

proyectar en el corto plazo la explotación de los recursos pelágicos con énfasis en anchoveta. Este tipo de prospección fue principalmente utilizado desde mediados de la década del 60 hasta 1982; con posterioridad a esa fecha, y debido al

1 Dirección General de Investigaciones en Pesca. IMARPE.

2 Dirección de Investigaciones de Recursos Pelágicos. DGIRH. IMARPE.

3 Dirección de Tecnología de Detección. DGIP. IMARPE.

colapso de la pesquería de anchoveta, el programa Eureka fue discontinuado y reemplazado por otro tipo de evaluaciones directas que para entonces ya habían alcanzado en IMARPE un adecuado nivel de sofisticación metodológica e instrumental.

A lo largo de casi dos décadas, las Operaciones Eureka fueron, en forma casi exclusiva, la herramienta con la cual coleccionar información *in situ* acerca de la distribución y abundancia relativa de anchoveta. Sin embargo, a sus ventajas económicas⁴ y logísticas se contraponen, aún hoy en día, dificultades relacionadas con los distintos niveles de conocimiento y habilidad de los observadores, así como también la disimilitud de equipos acústicos utilizados y la frecuente renuencia de los patronos de embarcaciones pesqueras para desarrollar el estudio de la forma en que fue planeado.

Sin embargo, la actual disponibilidad y precisión de posicionadores satelitales, además de la operatividad del SICOSAT (Sistema Satelital para el Control de las Actividades Pesqueras), podría significar, junto con un adecuado programa de formación de personal, un relanzamiento de las Operaciones Eureka como herramienta para la colección de información útil para el manejo pesquero.

En este trabajo se muestran los análisis efectuados sobre la data publicada y disponible, relacionada con la mayoría de las Operaciones Eureka desarrolladas entre 1966 y 1982. Se ha debido trabajar con las cartas de distribución y otras informaciones contenidas en los boletines correspondientes al desarrollo de cada una de estas prospecciones; esto quiere decir

que no ha sido posible trabajar con la mayor parte de la información básica sino a través de la procesada.

Se ha tratado, a pesar de estas limitaciones, de reconstruir las cartas de distribución de acuerdo a patrones digitales que a su vez han permitido determinar la magnitud de las áreas de distribución de anchoveta para cada Operación Eureka. Esta información, que constituye la variable independiente de las correlaciones biomasa-área que han sido observadas en cruceros acústicos de ecointegración, ha arrojado como resultado una serie histórica de la abundancia de anchoveta en el período 1966-1982. Aceptando los sesgos propios de las Operaciones Eureka, y sumados éstos a los del propio procedimiento empleado y los inherentes a la metodología acústica, los resultados obtenidos constituyen una aproximación, que permite analizar variables de abundancia absoluta en relación con el esfuerzo pesquero aplicado a lo largo del tiempo, y en función de la alternancia de períodos oceanográficos normales, cálidos y fríos.

MATERIAL Y MÉTODOS

La información correspondiente a biomasa y área de distribución latitudinal de anchoveta, calculada a través de técnicas acústicas de ecointegración, ha sido agrupada de acuerdo con la ocurrencia de períodos normales, cálidos (El Niño) y fríos (La Niña), que se han alternado en dicho lapso de tiempo, en base a los promedios mensuales de anomalías térmicas. Dicha información, que proviene de 32 Cruceros de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos, ejecutados entre 1983 y 2000 (GUTIÉRREZ 2000), ha sido también

4 La ventaja económica aludida se refiere al hecho de que, generalmente, los costos de operación de las embarcaciones son asumidos por los armadores; como compensación se les suele otorgar un permiso de pesca de uno o dos días de duración.

estratificada de acuerdo con las estaciones del año (Tablas 1 y 2). La metodología de eointegración, y las técnicas para determinar la distribución y concentración de un recurso, están descritas en MACLENNAN Y SIMMONDS (1992). La operatividad y los procedimientos comprendidos en una Operación Eureka están descritos en VILLANUEVA (1972).

A través del procedimiento anterior se ha buscado determinar 12 regresiones lineales de la correlación biomasa-área latitudinal para anchoveta, de manera de reflejar en lo posible el efecto que la estacionalidad, o la ocurrencia de fenómenos oceanográficos, tienen sobre el comportamiento de la anchoveta.

Durante los cruceros acústicos se ha podido determinar que existe cierta relación, entre la biomasa de anchoveta y el área geográfica total que ocupa, aunque la correlación varía en función a las respuestas del recurso frente a determinados eventos oceanográficos. Para ello, ha sido premisa básica asumir que la anchoveta ha tenido un comportamiento similar, ante los eventos oceanográficos ocurridos durante las dos grandes etapas tratadas en este estudio (1966-1982 y 1983-2000).

Paralelamente, ante la lamentable inexistencia de la mayor parte de data y bitácoras de datos colectados durante el desarrollo de las Operaciones Eureka en el período 1966-1982, se vislumbró, como única alternativa, digitalizar y georreferenciar las cartas de distribución de anchoveta contenidas en los informes del IMARPE para cada una de dichas prospecciones. La digitalización o escaneo de las cartas ha sido realizada a la máxima resolución posible, y su georreferenciación ha sido llevada a cabo utilizando un Sistema de Información Geográfica (Mapinfo 4.12).

Luego, utilizando un software de interpolación de datos (Surfer 6.0), la obtención de bitácoras acústicas se basó en una segunda digitalización, para lo cual, a las categorías de abundancia relativa consignadas en las cartas de distribución, se les asignó arbitrariamente valores desde 0 (nulo) a 4 (muy denso). De esta manera fue posible interpolar las nuevas bitácoras, y elaborar las cartas de distribución de anchoveta para cada una de las prospecciones. Utilizando el mismo software se determinaron las áreas latitudinales cubiertas por la anchoveta, y se procedió a estratificar dicha data con los mismos criterios utilizados para dividir la información de los Cruceros Acústicos, por estaciones y por años normales, cálidos y fríos (Tabla 3).

De esta manera, las regresiones lineales determinadas para hallar la biomasa en función al área, fueron aplicadas según la estratificación antes descrita, obteniéndose valores de biomasa para cada una de las Operaciones Eureka efectuadas en el período 1966-1982. En algunos casos, las Operaciones Eureka que fueron llevadas a cabo con intervalos menores a un mes, han sido promediadas a fin de comparar los datos de desembarque mensual con los de la biomasa estimada a través de este procedimiento.

RESULTADOS

La digitalización de las cartas de distribución de anchoveta, su georreferenciación y clasificación, ha permitido reconstruir la serie de distribución para la mayoría de las Operaciones Eureka efectuadas entre 1966 y 1982. Las figuras 1, 2, 3 y 4 son gráficas secuenciales de la distribución de anchoveta según cinco categorías de abundancia relativa (4 = muy denso; 3 = denso; 2 = disperso; 1 = muy disperso; 0 = nulo). En

Tabla 3.- Relación de Operaciones Eureka utilizadas e información relacionada.

Período Nº	Eureka Nº	Fecha de Ejecución	Nº de Perfiles	Area cubierta (mn²)	Area Anchoveta (mn²)	Límites latitudinales	Longitud transectos (mn)	Nº de embarcaciones
1	I	Febrero 6, 1966	7	13500	4730	08°49-12°52'S	50	7
		Febrero 13, 1966	5	10800	4566	11°40-14°40'S	60	5
2	III	Abril 17, 1966	5	14000	2776	11°40-14°20'S	70	5
	IV	Abril 24, 1966	7	6600	3966	08°40-12°10'S	60	7
3	V	Julio 5 y 6, 1966	7	27375	3652	08°30-14°20'S	75	7
	VI	Agosto 17 y 18, 1966	8	33237	7806	08°40-15°40'S	90	8
4	VII	Marzo 10 y 11, 1967	8	29300	10225	08°10-15°10'S	70	8
5	VIII	Agosto 24, 1967	15	60000	13987	06°40-19°00'S	120	16
6	IX	Marzo 12, 1968	15	42720	21765	07°10-17°10'S	60	15
7	X	Agosto 23, 1968	10	31920	20460	07°31-15°22'S	60-80	10
	XI*	Febrero 23, 1969	6	6600	343	17°00-18°50'S	60	6
	XII*	Mayo 25 y 25, 1969	6	6000	2784	16°50-18°30'S	60	6
8	XIII	Julio 21, 1969	19	24446	17798	06°00-18°23'S	60	19
	XIV	Agosto 20, 1969	20	15988	21723	06°40-18°23'S	60	13
9	XV	Marzo 13 y 14, 1970	11	38400	9816	08°30-16°45'S	80	11
10	XVII	Agosto 21 y 24, 1970	21	70000	11106	05°50-18°23'S	80	15
11	XVIII	Febrero 18, 1971	18	55040	23601	06°50-18°23'S	80	19
12	XIX	Agosto 24, 1971	26	60560	37930	08°12-18°23'S	80	17
13	XX	Abril 28, 1972	17	61040	28268	06°40-18°23'S	80	23
14	XXI	Junio 17 y 18, 1972	17	49440	20860	06°30-18°23'S	80	18
	XXII	Junio 18 y 19, 1972	14	63380	21457	05°00-18°23'S	80	16
15	XXIII	Agosto 3, 1972	25	89000	71120	04°20-18°23'S	110	25
	XXIV	Setiembre 3, 1972	26	115119	39621	05°00-18°23'S	100	26
	XXV	Octubre 20, 1972	20	83600	14651	04°20-18°23'S	100	23
16	XXVI	Enero 20 a 23, 1973	42	79800	10848	05°00-18°23'S	100	42
	XXVII	Setiembre 23 a 26, 1973	60	105829	45542	06°00-18°23'S	110	60
17	XXVIII	Noviembre 12, 1973	60	112214	17301	06°00-18°23'S	110	60
	XXIX	Mayo 28 a 30, 1974	104	87780	20253	05°00-18°23'S	140	51
19	XXX	Agosto 7, 1974	30	79800	25483	05°50-18°23'S	100	30
	XXXI	Setiembre 3, 1974	60	74000	27733	05°40-18°23'S	100	30
	XXXII	Febrero 14, 1975	48	74000	13105	06°00-18°23'S	80	24
21	XXXIII	Agosto 6 y 7, 1975	52	20000	26077	05°00-18°23'S	100	26
	XXXIV	Setiembre 16, 1975	75	88000	12832	04°50-18°23'S	80	25
22	XXXV	Enero 27, 1976	58	80000	12037	05°00-17a30'S	80	26
23	XXXVI	Agosto 11 a 13, 1976	104	59040	16300	05°00-18°23'S	80	26
24	XXXVII	Marzo 8, 1977	48	85000	7944	04°00-18°00'S	80	25
25	XXXVIII	Julio 12, 1977	16	31920	23956	05°00-12°00'S	80	25
26	XXXIX	Octubre 18, 1977	56	105829	5514	05°30-18°23'S	120	17
27	XL	Julio 19, 1978	34	63340	17813	05°00-18°23'S	80	18
28	XLI	Febrero 6, 1979	60	61040	18395	06x00-18a23'S	100	20
29	XLII	Setiembre 4, 1979	52	83600	16627	03°30-18°11'S	100	26
30	XLV	Abril 8 a 11, 1981	50	59040	4030	06°00-18°20'S	100	14
31	XLVI	Octubre 4 a 7, 1981	58	79800	15673	04°50-18°20'S	100	25
32	XLVII	Febrero 27 a Marzo 2, 1982	48	63340	23219	03°40-18°10'S	100	25
33	XLVIII	Setiembre 9 a 13, 1982	56	79800	41445	03°30-18°20'S	100	18

Las Operaciones Eureka 11 y 12 no han sido utilizadas en los cálculos por presentar un área de distribución muy pequeña en el extremo sur.
Las Operaciones Eureka 16, 43, 44 y 49 no han sido consideradas por no haberse ubicado la información correspondiente a ellas.

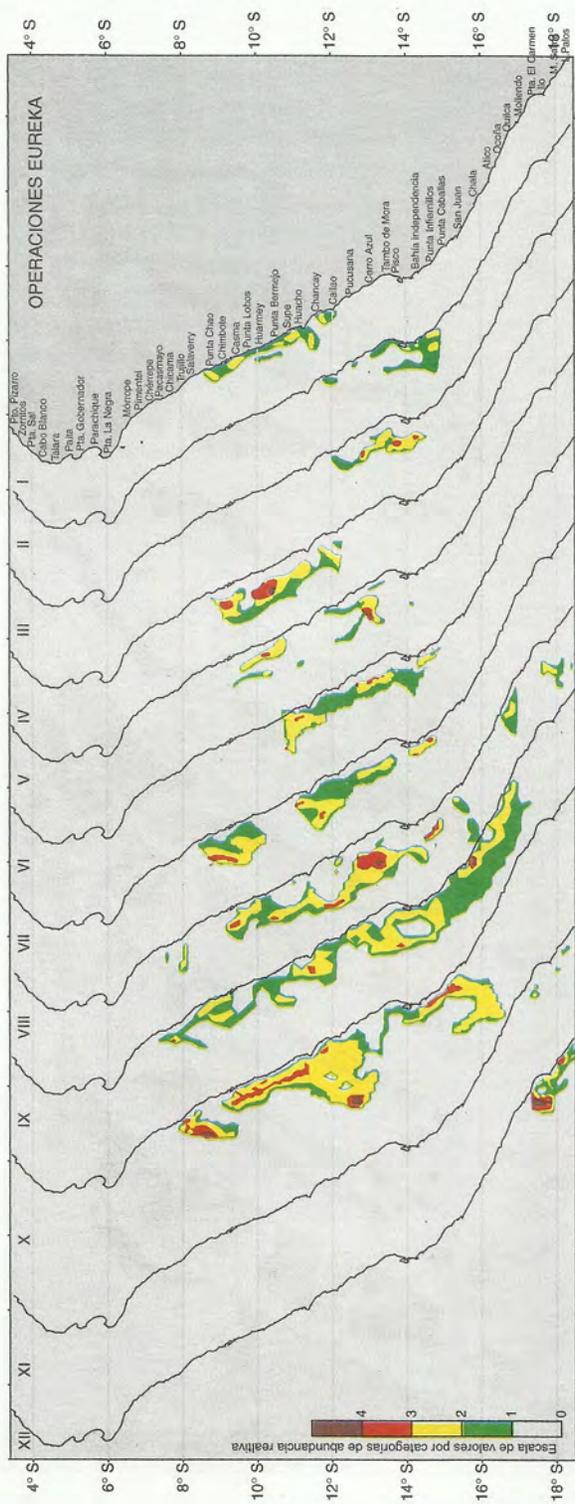


FIGURA 1. Distribución y abundancia relativa de anchoveta durante las Operaciones Eurekas I a XII.

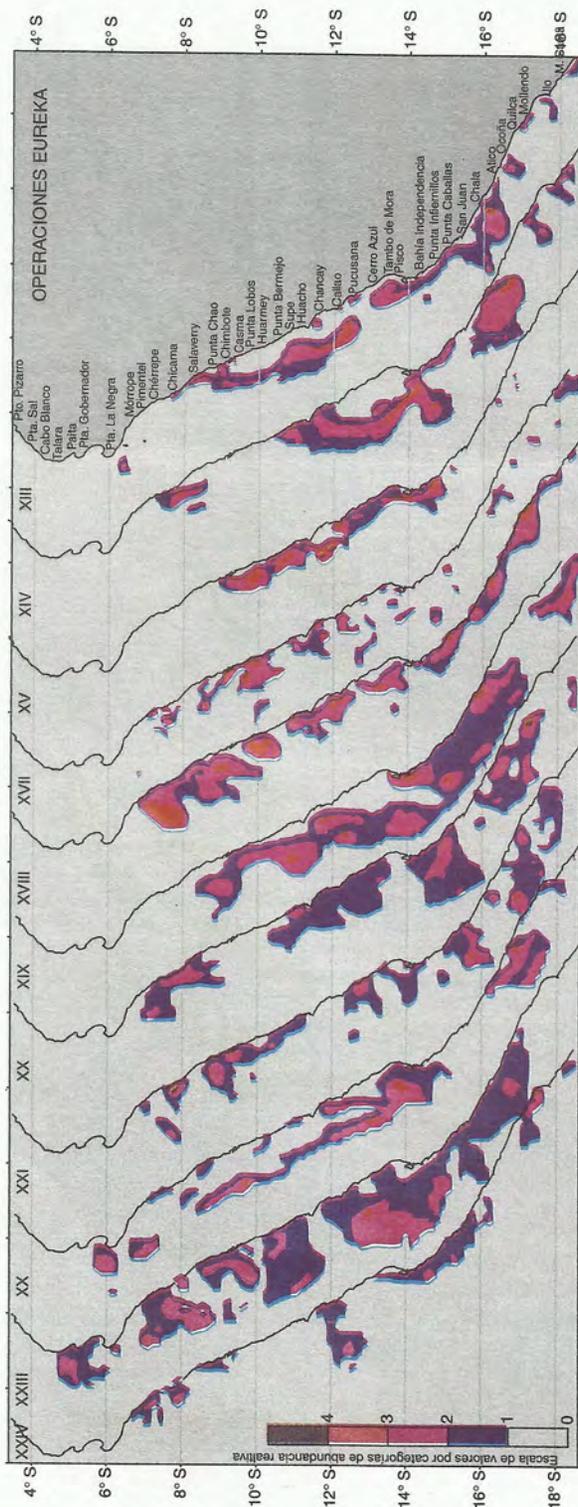


FIGURA 2. Distribución y abundancia relativa de anchoveta durante las Operaciones Eureka XIII a XXIV.

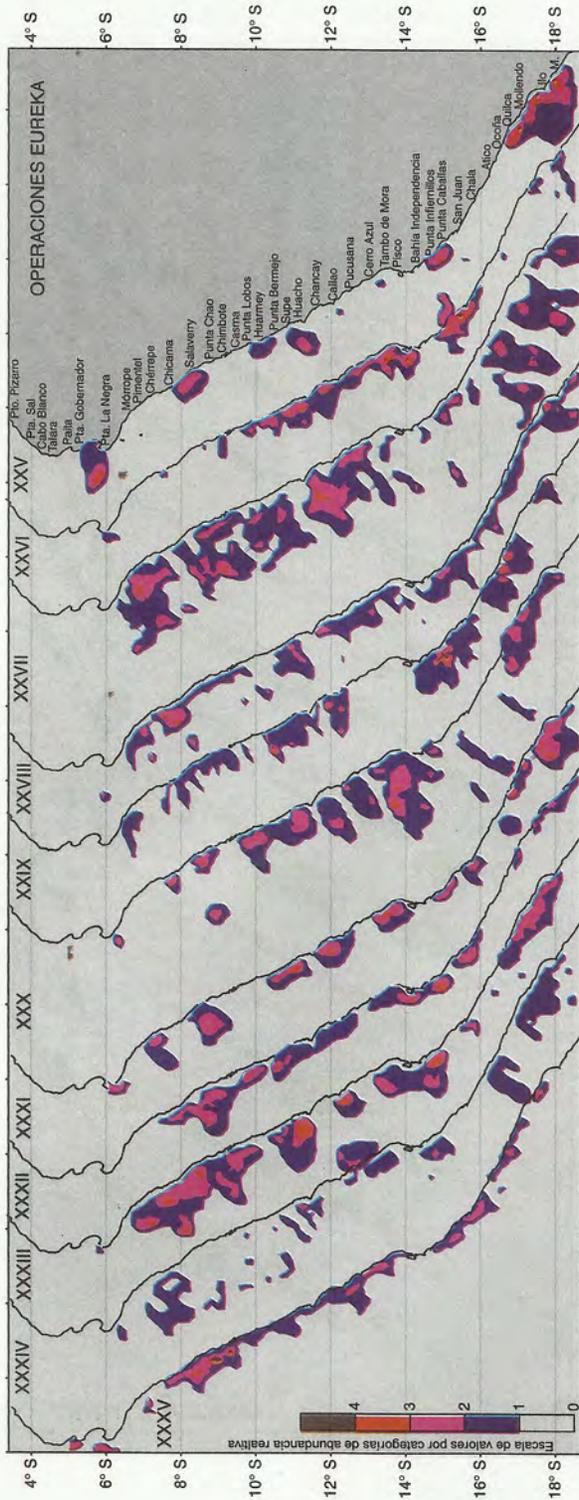


FIGURA 3. Distribución y abundancia relativa de anchoveta durante las Operaciones Eureka XXV a XXXV.

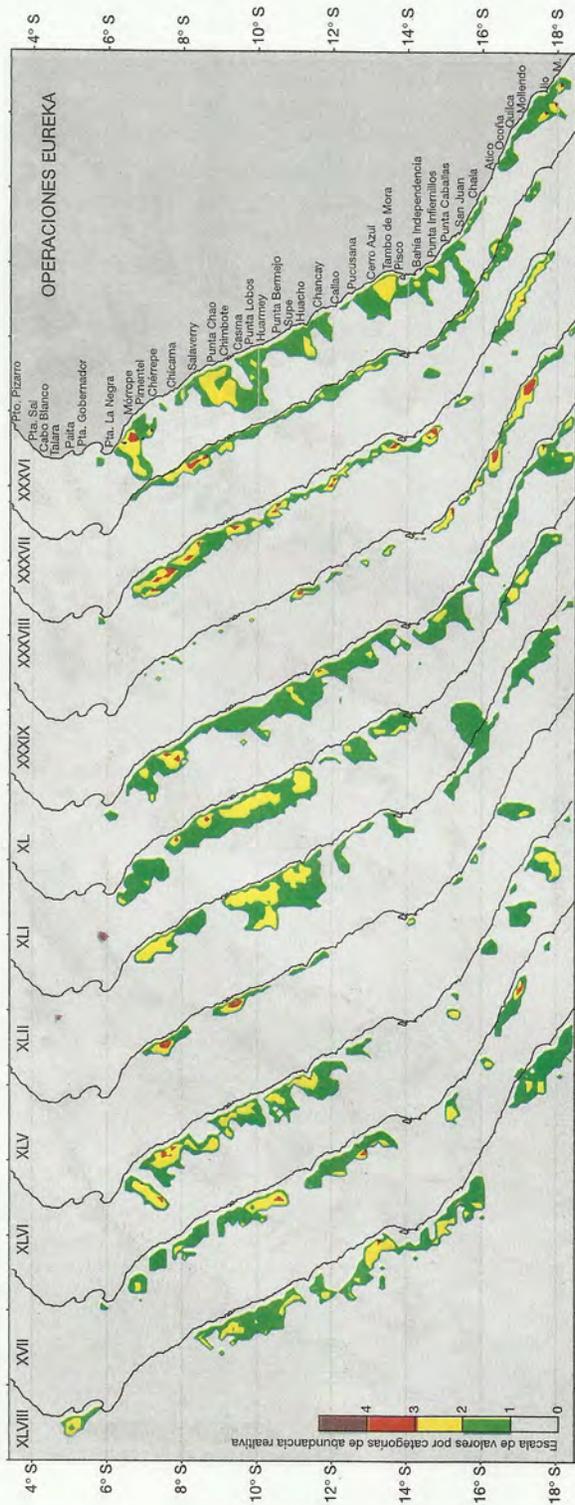


FIGURA 4. Distribución y abundancia relativa de anchoveta durante las Operaciones Eureka XXXVI a XLVIII.

todos los casos debe tenerse presente la zona o límites geográficos entre los cuales se llevó a cabo cada una de las prospecciones. La Tabla 3 es el complemento de dichas figuras, por cuanto en ella se consigna la información que ayuda a interpretar mejor la cobertura y resolución espacial del muestreo.

En las figuras 5, 6 y 7 se han consignado las gráficas de las 12 regresiones lineales determinadas en base a 32 cruceros acústicos de eointegración realizados entre 1983 y 2000. La data correspondiente a biomasa y distribución latitudinal ha sido estratificada de acuerdo a las estaciones del año correspondientes a periodos normales (Fig. 5), periodos calientes por la presencia de El Niño (Fig. 6) y periodos fríos por presencia de La Niña (Fig. 7). Todo ello con la finalidad de reflejar en la mayor medida posible los cambios que ocurren en el comportamiento de la anchoveta y que están influenciados por las condiciones oceánicas.

La Tabla 4 presenta las áreas de distribución latitudinal de anchoveta para cada una de las Operaciones Eureka utilizadas para estos propósitos en el período 1966-1982, con excepción de las número 11, 12, 16, 43 y 44, que no fueron consideradas, por no haber ubicado toda la información necesaria o por haberse realizado a cabo en áreas muy pequeñas siendo, por lo tanto, poco representativas.

Las figuras 8 y 9 muestran estimaciones de biomasa de anchoveta calculadas por los dos métodos: a través del método acústico de eointegración, y las calculadas en base a regresiones lineales de biomasa-área para las Operaciones Eureka. En la figura 8, ambas estimaciones de biomasa son comparadas con los desembarques anuales; y en la figura 9, con las capturas efectuadas entre cada una de las Eureka.

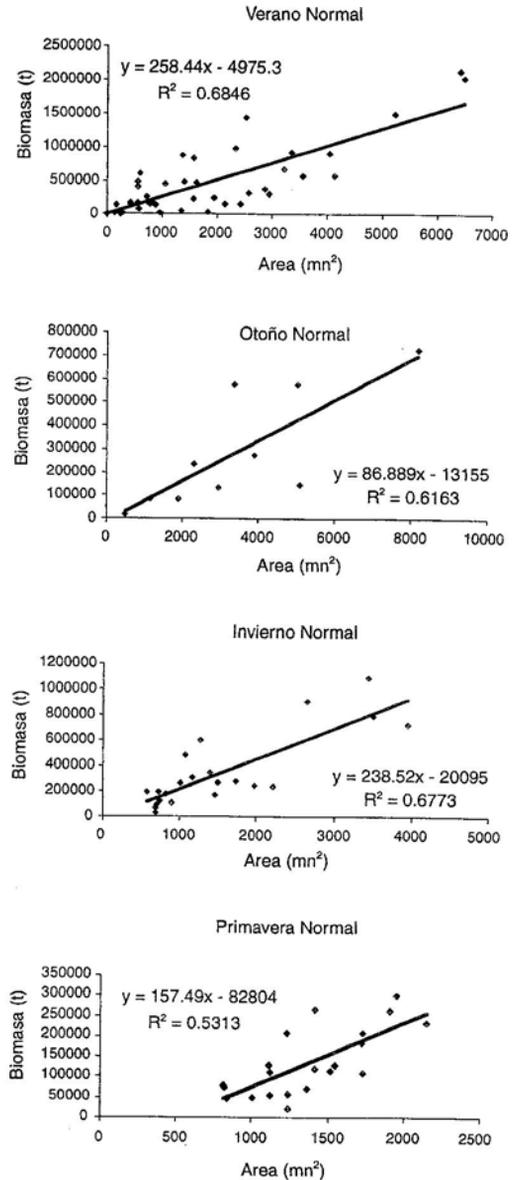


FIGURA 5. Regresiones lineales entre áreas de distribución y biomasa de Anchoveta en el período 1983 - 2000. Calculadas para estaciones de años normales.

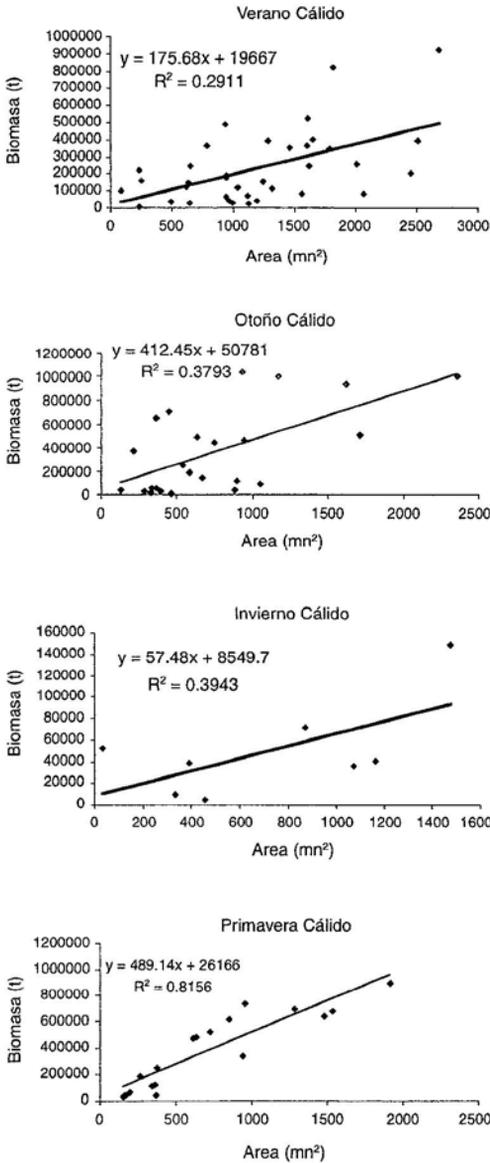


FIGURA 6. Regresiones lineales entre áreas de distribución y biomasa de anchoveta en el período 1983 - 2000. Calculadas para estaciones de años cálidos.

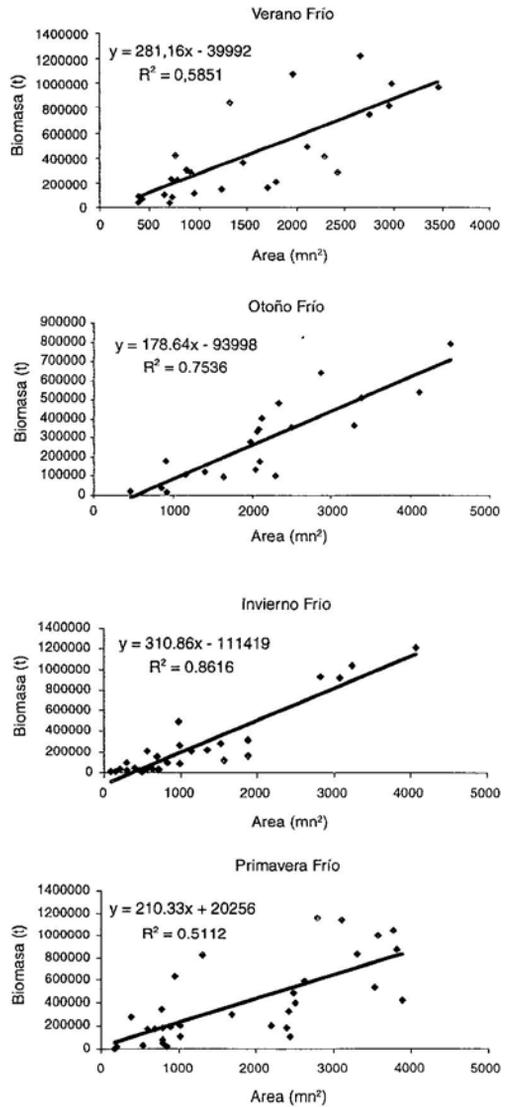
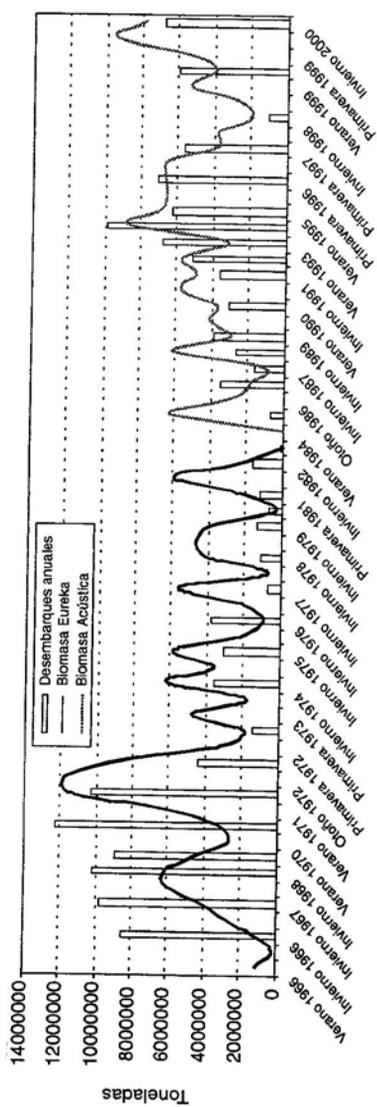


FIGURA 7. Regresiones lineales entre áreas de distribución y biomasa de anchoveta en el período 1983 - 2000. Calculadas para estaciones de años fríos.

Tabla 4.- Áreas de distribución latitudinal de anchoveta (mm²) para la mayoría de las Operaciones Eureka efectuadas entre 1966 y 1982.

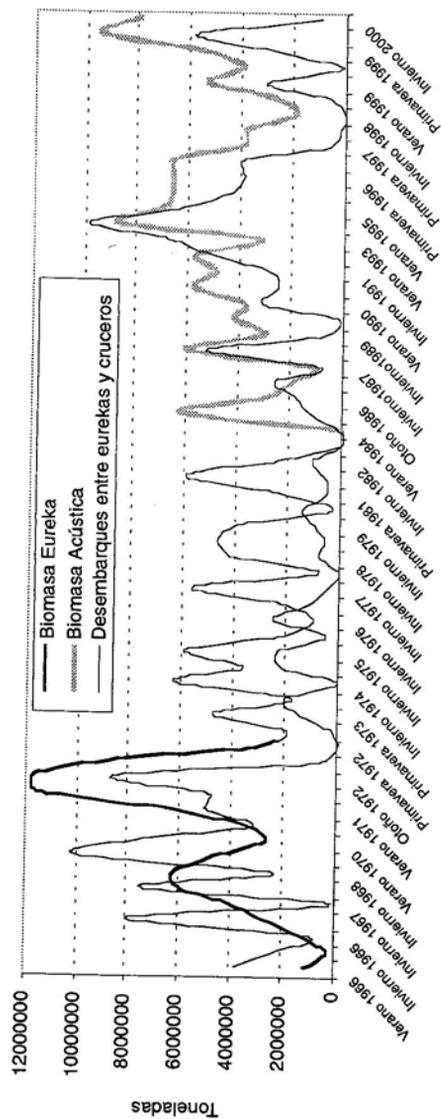
Período	Ver. 66	Ver. 66	Oto. 66	Inv. 66	Ver. 66	Ver. 67	Inv. 67	Ver. 68	Ver. 68	Inv. 68	Inv. 69	Ver. 70	Ver. 70	Inv. 71	Oto. 71	Oto. 72	Oto. 72	Ver. 72	Inv. 72				
Evento	Normal	Normal	Normal	Normal	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Normal	Normal	Normal	Normal	Frío	Frío	Normal	Normal	Normal	Normal				
Latitud / Eureka Nº	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XIII	XIV	XV	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1038	0	0	
05-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1228	1747	0	2501	
06-07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	952	952	298	0
07-08	0	0	0	0	0	0	409	608	608	141	399	840	0	788	3368	0	237	91	952	952	298	0	
08-09	471	0	0	0	0	1146	2942	1660	1660	1679	925	949	15	809	3709	1145	1861	1164	1236	3012	3012	1373	
09-10	812	0	0	202	679	62	2942	1924	1084	2206	1226	0	1477	1827	2398	3297	0	2218	1236	2765	2765	68	
10-11	1041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-12	1167	1238	100,87	1503	834	3088	1572	2252	3983	2773	584	1989	1372	1597	1916	1560	1127	1963	1963	5572	1363	827	
12-13	1238	109	867	0	1409	1147	1724	2902	4496	1726	2829	1929	1292	1627	2114	3810	2968	158	1507	2911	2911	1188	
93-14	0	987	1518	0	434	2448	812	1726	2777	838	1889	2621	1152	779	1735	3210	1103	1378	3532	5749	5749	104	
94-95	0	2238	290	0	0	816	513	983	2848	1253	1048	3260	1625	471	1498	5214	4439	864	1937	28687	4836	707	
95-18	0	0	0	0	0	0	0	1046	4033	3373	1884	1571	11	220	1791	6505	3367	2658	50	4241	4241	793	
18-17	0	0	0	0	0	0	0	1165	3530	671	3459	4630	120	830	2455	4545	4073	3693	3171	6237	6237	387	
17-18	0	0	0	0	0	0	0	512	30	0	586	1701	0	282	1634	1966	2177	3459	1972	250	250	3789	
18-19	0	0	0	0	0	0	0	112	0	0	266	299	0	809	110	3225	607	0	20	0	0	2594	
TOTAL	4730	4566	2776	3966	3652	7806	10225	13987	21765	20460	17798	21723	9816	11106	23601	37930	28268	20860	21457	71120	39621	14651	

Período	Ver. 73	Prim. 73	Oto. 74	Inv. 74	Ver. 74	Ver. 75	Inv. 75	Ver. 75	Ver. 75	Inv. 76	Ver. 76	Ver. 77	Inv. 77	Prim. 77	Inv. 78	Ver. 78	Ver. 79	Inv. 79	Oto. 81	Prim. 81	Ver. 82	Inv. 82	
Evento	Cálido	Normal	Normal	Normal	Normal	Frío	Frío	Frío	Frío	Cálido	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Cálido	Cálido	
Latitud / Eureka Nº	XXVI	XXVII	XXVIII	XXIX	XXX	XXXI	XXXII	XXXIII	XXXIV	XXXV	XXXVI	XXXVII	XXXVIII	XXXIX	XL	XLI	XLII	XLIII	XLIV	XLV	XLVI	XLVII	XLVIII
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	459	155	0	92	0	72	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	225	2773	1064	1218	290	396	0	662	282	89	2817	161	580	21	859	1669	219	0	851	1208	0	0	
07-08	80	4413	1632	691	476	1450	569	3006	2542	751	648	885	2077	204	1849	1154	1614	9030	3071	2365	25	0	
08-09	127	3905	884	1136	1694	1293	2734	3433	302	2063	2131	1274	1573	82	582	1814,9	925	164	1197	5185	1327	0	
09-10	420	3633	586	808	1162	36	1386	3140	395	960	960	740	13347	60	977	2296	2015	884	1775	3171	4023	0	
10-11	1262	4091	1899	1908	2358	1254	1416	1416	897	1075	1075	351	892	234	2139	2758	3403	77	2008	1658	3571	0	
11-12	2240	3126	1002	1154	1901	625	1287	1498	774	739	2076	634	462	434	1325	906	3343	353	2301	2683	1758	0	
12-13	1085	4875	1740	1235	3337	1323	832	3261	469	1680	694	705	394	117	1740	1698	823	0	690	3362	3551	0	
93-14	2140	1903	872	3078	4386	1603	1187	1995	768	641	641	462	826	257	872	1361	718	27	0	1131	4074	0	
94-95	543	869	1849	3078	2483	559	1127	2618	679	460	460	516	997	516	1849	18	83	32	0	410	5168	0	
15-18	1595	1633	1402	2021	1359	902	1148	452	30	1429	1932	876	298	766	1402	2033	958	335	381	248	6061	0	
18-17	88	3122	1664	2953	4515	3693	326	1655	2294	1329	1969	998	1372	1820	1664	1527	83	869	1104	1614	4754	0	
17-18	720	8297	1825	971	1522	3274	816	2648	3215	343	343	343	1046	893	1825	1161	2271	277	2224	100	4807	0	
18-19	324	2903	877	0	0	0	185	0	0	0	398	0	0	110	677	0	172	0	71	0	1088	0	
TOTAL	10848	45542	17301	20253	25463	27733	13105	26077	12832	12037	16300	7944	23956	5514	17613	18395	16627	4030	15673	23219	41445	0	



Períodos-Estaciones del Año

FIGURA 8. Biomasa y desembarques anuales de anchoveta (t) en el período 1966-2000.



Períodos-Estaciones del Año

FIGURA 9. Biomasa y desembarques (t) de anchoveta en el período 1966 - 2000.

En los dos casos se aprecia una aceptable correlación entre capturas y estimaciones de abundancia basadas en ecointegración. Sin embargo, este efecto no es tan claro cuando se trata de las Operaciones Eureka, aun cuando los estimados de biomasa siguen una tendencia más o menos correcta. Esto se debe, sin duda, a que las áreas de distribución determinadas entre 1966 y 1982 no parecen reflejar la realidad, por lo que la biomasa de anchoveta, sin diferenciar los stocks norte-centro y sur, mayormente aparece como sobrestimada. En una gran mayoría de las cartas de distribución publicadas sobre los resultados de las Eureka, no se distingue entre "distribución de anchoveta" y "distribución total de recursos"; lo cual puede ser el origen de este sesgo que muestra, que la falta de experiencia de los observadores, y el escaso número de lances de pesca para la identificación de ecorregistros, no permitió realizar buenas identificaciones de ecotrazos y cartografías específicas para anchoveta.

DISCUSIÓN

Las Operaciones Eureka fueron diseñadas para proveer información que permitiera establecer la ubicación de los caladeros o zonas de abundancia comercial, así como también para obtener información biológica y oceanográfica principalmente durante los períodos de veda. El limitado avance tecnológico del equipamiento electrónico a bordo de las embarcaciones, y otras restricciones referidas al aspecto metodológico, no hubieran permitido determinar valores de biomasa absoluta. Por estas razones se descontinuó el uso de las Operaciones Eureka, las cuales, en los últimos 18 años, han sido ejecutadas en tan sólo cinco ocasiones.

La aplicación de métodos acústicos de ecointegración, y posteriormente los del

Método de Producción de Huevos (MPH), permitieron reemplazar el Programa Eureka. De hecho, la aplicación de métodos directos como la acústica y el MPH, proporcionó al sector pesquero las bases científicas más confiables con las cuales administrar el manejo de la explotación pesquera.

Los principales defectos de las Operaciones Eureka, como estimadores de la abundancia, radican en su limitada capacidad de entregar información que pueda servir para determinar el tamaño de una población. Además, la disimilitud de niveles de habilidad y conocimiento acerca de la identificación de ecotrazos por parte del personal embarcado como observadores, ha introducido un sesgo difícil de determinar. Además, la disimilitud de equipos de detección acústica (ecosondas, principalmente) en cuanto a marcas y tipos, además de la escasa sofisticación de éstas en la época aludida, así como también la carencia de entrenamiento en su uso, son otras razones que hay que añadir a las ya citadas.

Es también significativo el escaso número de operaciones de pesca (calas), las cuales son vitales para los procesos de identificación de ecorregistros. De hecho, en los boletines correspondientes, esta información ha sido consignada en apenas el 30% de todas las Operaciones Eureka, lo cual comprueba que, salvo pocas excepciones, ha existido escasa voluntad por parte de los patrones de embarcaciones para atender la necesidad de efectuar lances en forma intensa. Ya que las Eureka se han efectuado por lo general en período de veda, la participación de una embarcación está sujeta a una negociación que implica que, luego de la Eureka, la embarcación pueda contar con un permiso de pesca de uno o dos días como compensación a los gastos efectuados durante la prospección. Debido

a ello, el responsable de la embarcación no deseaba realizar lo que para él representaba un desgaste improductivo.

Esto es evidente ante el resultado de los análisis realizados en el marco del presente estudio, cuyo propósito no ha sido realizar un exhaustivo análisis estadístico, que habría tenido que estar basado en data reconstruída, y no en la originalmente colectada la cual, lamentablemente, está en gran parte extraviada. La finalidad de este estudio ha sido realizar una aproximación hacia el conocimiento de las biomazas absolutas de anchoveta determinadas en base a la información disponible de Operaciones Eureka en el período 1966-1982, a fin de completar, hasta donde ha sido posible, la serie histórica de estas estimaciones de abundancia.

Sin embargo, en el momento actual se reconoce que realizar con mayor frecuencia este tipo de prospecciones, será el complemento ideal para el desarrollo de las diversas operaciones marinas de evaluación de recursos que el IMARPE lleva a cabo. Se cuenta ahora con mayor uniformidad de equipamiento en las embarcaciones de la flota industrial, pero habrá de lidiar aún con el problema de obtener personal técnico capaz de interpretar adecuadamente las observaciones registradas con los equipos de detección.

Las posibilidades de éxito se acrecientan si consideramos la vigencia del exitoso Programa de Bitácoras de Pesca⁵ y la aplicación del SICOSAT (Sistema de Control Satelital de las operaciones de la flota industrial) y la creciente disponibilidad de

equipos comerciales de detección con la capacidad de determinar la abundancia de peces.

Volviendo sobre las Operaciones Eureka y los objetivos de este estudio, en las figuras 8 y 9 se aprecia cómo entre 1966 y el verano de 1971, el resultado obtenido para la serie de biomasa de anchoveta es menor a los desembarques. Esto significa que las áreas de cobertura de las primeras 15 Operaciones Eureka tuvieron una extensión latitudinal limitada y de allí las estimaciones de biomasa relativamente bajas. Del verano 1971 en adelante se aprecia un efecto contrario, pues tanto la cobertura latitudinal como la longitudinal fueron más amplias, lo que se refleja en biomazas bastante más altas a los desembarques en el lapso 1971-1982.

Por ello, en prácticamente todos los casos, la cartografía hecha acerca de la distribución de anchoveta no parecería graficar la realidad, presentándose muchas veces como anchoveta lo que en realidad correspondería a otras especies.

Ante estas incertidumbres, es posible realizar una segunda aproximación hacia el estimado global de la biomasa de anchoveta existente al momento de realizar cada Operación Eureka. Esta vez en base a la información de desembarques efectuados en los lapsos transcurridos entre cada uno de los períodos utilizados en este trabajo (33 en total, ver Tabla 3). Para ello, se ha construido una correlación entre biomasa acústica y desembarques totales anuales de anchoveta en el período 1986-2000, que es el que muestra una proporcionalidad más o menos constante para dicho lapso. La

5 Bitácoras de Pesca es un Programa de Monitoreo de la Dirección de Investigaciones de Recursos Pelágicos del IMARPE. Consiste en la recolección y análisis de información de campo, usualmente a bordo de las embarcaciones industriales. El personal que participa en el programa es íntegramente profesional que recibe constante capacitación y actualización en los temas relacionados con el proyecto.

Figura 10 muestra dicha regresión y la Tabla 5 los períodos, estaciones y las biomazas de anchoveta calculadas en base a regresiones biomasa-área y biomasa-desembarque.

La Figura 11 muestra gráficamente el contenido de la Tabla 5. La línea de "biomasa corregida" muestra la segunda aproximación a la biomasa de anchoveta en el lapso 1966-1982, la cual aparece como más coherente con los "desembarques entre eureka", a diferencia de lo apreciado respecto a la estimación obtenida en base a la correlación área con "biomasa Eureka".

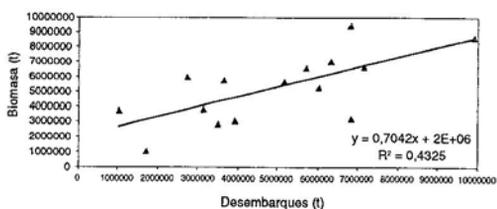


FIGURA 10. Relación entre desembarques y biomasa acústica de anchoveta para el período 1986 - 2000.

Tabla 5.- Biomasa y desembarques de anchoveta en el período 1966 - 1982.

Período	Estación	Biomasa Eureka (t)	Biomasa corregida (t)	Desembarque entre Eureka (t)
1	1966 Verano	1,206,183	4,690,322	3,820,394
2	Otoño	279,750	3,625,200	2,307,867
3	Invierno	1,346,319	2,707,186	1,004,240
4	1967 Verano	2,834,758	7,702,101	8,097,275
5	Invierno	4,236,478	2,102,132	145,032
6	1968 Verano	6,079,566	7,354,349	7,603,450
7	Invierno	6,248,665	3,669,129	2,370,249
8	1969 Invierno	4,693,272	9,103,894	10,087,892
9	Verano	2,719,948	7,399,084	7,666,976
10	Invierno	3,341,120	4,253,525	3,200,120
11	1971 Verano	6,595,546	5,544,596	5,033,507
12	Invierno	11,679,575	5,477,833	4,938,701
13	1972 Otoño	11,709,941	8,072,317	8,623,001
14	Invierno	8,777,727	2,482,114	684,626
15	Primavera	3,191,250	2,000,149	212
16	1973 Verano	1,925,433	2,153,593	218,110
17	Primavera	4,865,811	3,021,048	1,449,940
18	1974 Otoño	1,746,581	3,419,999	2,016,471
19	Invierno	6,326,444	2,045,337	64,382
20	1975 Verano	3,644,514	3,506,686	2,139,571
21	Invierno	5,936,253	3,659,213	2,356,167
22	1976 Verano	2,134,365	2,347,070	492,857
23	Invierno	945,481	3,776,428	2,522,618
24	1977 Verano	2,058,037	2,834,160	1,184,550
25	Invierno	5,693,988	2,387,523	550,303
26	Primavera	785,642	2,004,118	5,848
27	1978 Invierno	4,228,617	2,537,598	763,417
28	1979 Verano	4,758,917	2,396,381	562,881
29	Invierno	3,945,731	2,726,081	1,031,072
30	1981 Otoño	336,985	3,008,165	1,431,646
31	Primavera	2,385,576	2,383,968	545,254
32	1982 Verano	6,005,634	2,426,068	605,039
33	Primavera	2,390,820	2,784,230	1,113,646

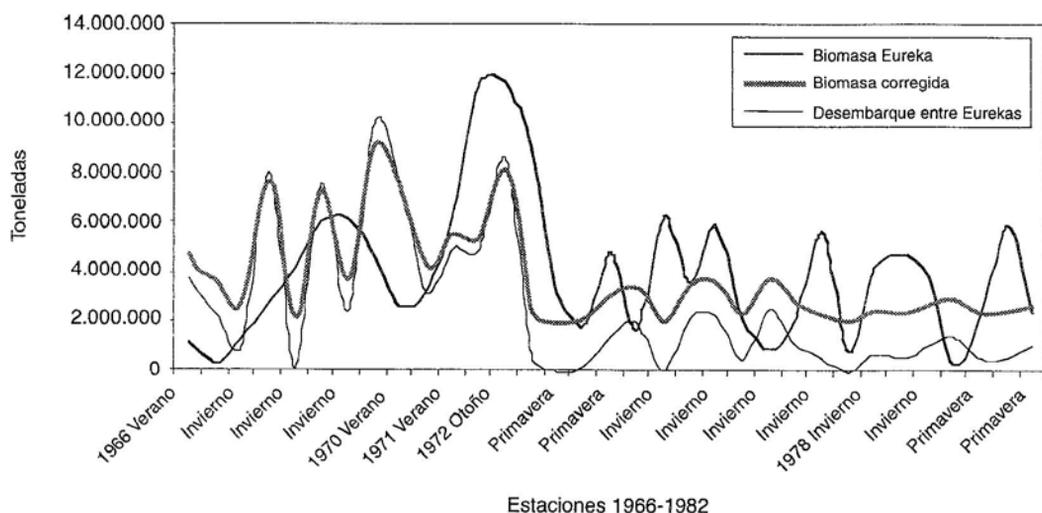


FIGURA 11. Biomasa y desembarques de anchoveta en el período 1966-1982.

En este caso, se ha tenido que asumir una premisa distinta a la anterior, es decir, que para que esta nueva aproximación sea tomada como representativa, el esfuerzo pesquero habría tenido que ser más o menos el mismo en los períodos 1966-1982 y 1986-2000. Sería por ello necesario realizar un estudio exhaustivo acerca de las Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en ese periodo a fin de que, sobre una base estadística más sólida, se puedan establecer con mayor certeza los niveles reales de biomasa de anchoveta a lo largo de la historia de su pesquería.

CONCLUSIONES

1. Las Operaciones Eureka son un medio rápido y económico de coleccionar información acerca de la pesquería pelágica con énfasis en la de anchoveta, aun cuando plantea dificultades relacionadas con la disimilitud de equipamiento a bordo y diferentes niveles de habilidad y conocimientos entre los observadores.

2. El estudio actual ha tenido como objetivo realizar una aproximación hacia el conocimiento de la biomasa de anchoveta existente en el período 1966-1982. Para ello, sin embargo, no se ha podido contar con la data original, sino tan sólo los informes o boletines correspondientes a esas prospecciones. Esto ha obligado a realizar una reconstrucción digital de la cartografía disponible.

3. Se ha observado que los programas de operación de las distintas Eureka no han observado, en su mayoría, la necesidad de realizar un muestreo pesquero intensivo, lo cual ha dificultado contar con información suficiente como para realizar una eficiente discriminación de ecotrazos.

4. La conclusión anterior implica que la cartografía de la distribución de anchoveta se encuentra por lo general sobrestimada, a juzgar por los resultados de la aplicación de ecuaciones de regresión

basadas en información de área-biomasa proveniente de cruceros acústicos de ecointegración.

5. En la mayoría de los informes de las prospecciones se ha asumido erróneamente que la distribución determinada durante la mayor parte de las Eureka corresponde a la anchoveta.

6. Los estimados de biomasa determinados por regresión lineal para cada una de las Operaciones Eureka, si bien siguen una tendencia correcta, muestran en cambio una desproporción notable en relación con los desembarques; por tanto, estando sobrestimadas las áreas, lo están también las biomásas.

7. Una aproximación más realista puede ser hecha en base a datos de desembarque y CPUE, a fin de determinar, con un nivel adecuado de precisión estadística, la real dimensión de los stocks de anchoveta a lo largo de la pesquería del recurso, pero con énfasis en el período 1966-1982.

8. Independientemente de estos problemas, y gracias a los avances de la tecnología, el Programa Eureka puede ser relanzado superando la mayoría de las dificultades observadas. La principal dificultad a superar será la de contar con personal, lo suficientemente amplio y entrenado, como para llevar a cabo con eficiencia estas tareas. El empleo adicional del SICOSAT constituye una herramienta que ha de asegurar la precisión y rapidez en la transmisión de datos.

REFERENCIAS

- GUTIÉRREZ, M. 2000. Estimados de biomasa hidroacústica de los cuatro principales recursos pelágicos en el mar peruano durante 1983-2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): xx-xx
- IMARPE. 1967. Eco-rastros durante marzo 1967. Eureka VII. Informe Especial 13. 11 pp.
- IMARPE. 1967. Eco-rastros durante agosto 1967. Eureka VIII. Informe Especial 14. 15 pp.
- IMARPE. 1967. Desarrollo de los principales programas de eco-rastros. Pesca Exploratoria y Experimental.- 40. Eco-rastros relámpago (Operaciones Eureka).- 42. Rastros especiales con el BAP Unanue.- 43. Rastros complementarios en las tareas normales de la flota anchovetera. Informe Especial 21. 18 pp.
- IMARPE. 1968. Eco-rastros durante marzo 1968. Eureka IX. Informe Especial 26. 23 pp.
- IMARPE. 1968. Eco-rastros durante agosto 1968. Eureka X. Informe Especial 29. 15 pp.
- IMARPE. 1969. Eco-rastros durante agosto 1969. Eureka XIV. Informe Especial 50. 18 pp.
- IMARPE. 1970. Eco-rastros agosto 1970. Operación Eureka XVII (Eureka 7008). Inf. Especial 64. 15 pp.
- IMARPE. 1971. Eco-rastros febrero 1971. Operación Eureka XVIII (Eureka 7102). Inf. Especial 77. 24 pp.
- IMARPE. 1971. Eco-rastros Agosto 1971. Operación Eureka XIX (Eureka 7108). Inf. Especial 90. 15 pp.
- IMARPE. 1972. Operación Eureka XX. 28-29 abril 1972. Informe Especial 105. 19 pp.
- IMARPE. 1972. Operación Eureka XXI. 17-18 junio 1972. Informe Especial 110. 19 pp.
- IMARPE. 1972. Operación Eureka XXII. 18-19 julio 1972. Informe Especial 111. 25 pp.
- IMARPE. 1972. Operación Eureka XXIII. 3-6 agosto 1972. Informe Especial 112. 52 pp.
- IMARPE. 1972. Operación Eureka XXIV. 5-8 setiembre 1972. Informe Especial 115. 89 pp.
- IMARPE. 1972. Operación Eureka XXV. 20-23 octubre 1972. Informe Especial 117. 54 pp.
- IMARPE. 1973. Operación Eureka XXVI. 20-23 enero 1973. Informe Especial 122. 76 pp.
- IMARPE. 1973. Operación Eureka XXVII. 23-26 setiembre 1973. Informe Especial 141. 71 pp.
- IMARPE. 1973. Operación Eureka XXVIII y la pesca de comprobación. Diagnóstico del estado del stock de anchoveta en noviembre de 1973. Informe Especial 146. Dic. 1973. 115 pp.
- IMARPE. 1974. Informe del Cateo N°4 (Prospección sinóptica tipo Eureka); 26-28 Febrero, 1974. Informe Especial 156 May. 1974. 52 pp.
- IMARPE. 1974. Operación Eureka XXIX. 28-30 mayo 1974. Informe Especial. 158. Jun. 1974. 77 pp.
- IMARPE. 1974. Operación Eureka XXX. 7-8 agosto 1974. Informe Especial 164. Set. 1974. 62 pp.
- IMARPE. 1974. Operación Eureka XXXI. 3-4 setiembre 1974. Informe Especial 168. Oct. 1974. 61 pp.
- IMARPE. 1976. Operación Eureka XXXII. 14-15 febrero 1975. Informe Especial 177. Mar. 1976. 55 pp.
- IMARPE. 1976. Operación Eureka XXXIII. 6-7 Agosto 1975. Informe Especial 178. Mar. 1976. 60 pp.
- IMARPE. 1980. Operación Eureka XXXIV. 16-18 Setiembre 1975. Inf. Especial 179. Oct. 1980. 44 pp.

IMARPE. 1977. Operación Eureka XXXVI. 11-13 Agosto 1976. Informe Especial 185. Dic. 1977. 40 pp.
IMARPE. 1978. Operación Eureka XL. 19-21 julio 1978. Informe Especial 190. Set. 1978. 64 pp.
IMARPE. 1978. La merluza en la Eureka XL; 19-21 de Julio, 1978. Informe Especial 191. 21 pp.
MACLENNAN D. N. y SIMMONDS E. J. 1992. Fisheries

Acoustics. Chapman and Hall Fish and Fisheries Serie N° 5.
VILLANUEVA, R. 1972. El Programa peruano Eureka. IMARPE (mimeo).
VALDIVIA, J.; J. ZUZUNAGA y C. BENITES. 1983. Informe de la Operación Eureka XLIV. 23 - 26 Setiembre 1980. Inf. Inst. Mar Perú. 85. 61 pp.

ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN DE ANCHOVETA PERUANA DURANTE EL PERÍODO 1961 - 1999

MIGUEL ÑIQUEN C.¹, MARCO ESPINO S.² Y MARILÚ BOUCHON C.¹

RESUMEN

ÑIQUEN, M., M. ESPINO y M. BOUCHON. 2000. Análisis de la población de anchoveta peruana durante el periodo 1961 - 1999. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 103-107.

Se presentan aspectos generales de la pesquería del stock norte-centro de la anchoveta peruana, de 1961 a 1999. Se ha aplicado el análisis de población virtual (APV), utilizando información biológico-pesquera de los cruceros realizados por IMARPE y de operaciones de la flota industrial. Se utilizaron tasas de mortalidad natural (M , entre 1,0 y 0,75) y, para los procesos de sintonización, se usaron datos de captura y esfuerzo, basados en tonelaje de registro bruto por viaje (TRB-Vje). Se determinó que en la pesquería de anchoveta del stock norte-centro del Perú existe una alta relación entre esfuerzo de pesca y las capturas.

PALABRAS CLAVE: anchoveta peruana, población, capturas, periodo 1961-1999.

ABSTRACT

ÑIQUEN, M., M. ESPINO y M. BOUCHON. 2000. Peruvian anchoveta population analysis during 1961 - 1999 period. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 103-107.

General aspects of the Peruvian anchoveta north-center stock, from 1961 to 1999 are presented. A Virtual Population Analysis (VPA) has been applied, using fishery-biological information, from the hydroacoustic surveys carried out by IMARPE and from the industrial purse seine fleet operations. Natural mortality rates (M , from 1,0 to 0,75) were used; and, in order to syntonize the process, effort and catches data based on gross registration tonnage by trip (GRT-trip) were considered. We can conclude that in the anchovy north-center stock fishery exists an effort-catches relationship

KEY WORDS: Peruvian anchoveta, population, catches, period 1961-1999.

INTRODUCCIÓN

La anchoveta (*Engraulis ringens*) es un pez de la familia Engraulidae, cuya distribución latitudinal abarca desde Paita hasta el extremo sur del litoral peruano. En esta área se distinguen dos unidades de stock, una denominada stock norte-centro (5°S a 16°S) y el stock Sur Perú - Norte Chile (16°01'S a 24°S). Longitudinalmente llega hasta 100 millas de la costa y verticalmente hasta 80 - 100 metros de profundidad.

Es una especie muy abundante en el mar peruano y sus desembarques representan alrededor del 80% del total nacional, y cerca del 15% de las capturas mundiales. Se halla preferentemente en masas de agua con temperaturas 14 °C y 21 °C y salinidad entre 34,8 - 35,1 ups.

Las capturas de anchoveta peruana sustentaron la pesquería pelágica en la década de los 60, disminuyendo drásticamente a partir de 1972,

¹ Dirección Investigaciones en Recursos Pelágicos. DGIRH. IMARPE.

² Director Científico. IMARPE.

manteniéndose luego en bajos niveles, pero incrementándose después de El Niño 1982-83. A partir de 1984 se apreció una alternancia en el predominio anual entre anchoveta y sardina, situación que se prolongó durante toda la década de los 80. Posteriormente, desde los inicios de los años 90 se produjo un cambio en el predominio de las especies pelágicas, constituyéndose nuevamente la anchoveta como la especie dominante, favorecida por condiciones ambientales frías y la incidencia de buenos reclutamientos.

En el presente trabajo se analiza información biológico-pesquera, comprendida entre 1961 a 1999, de anchoveta del stock norte-centro del mar peruano.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se efectuaron muestreos biométricos y biológicos de recursos pelágicos durante los cruceros del IMARPE y en operaciones de la flota industrial, con la finalidad de conocer la composición por especies de la captura y las principales características biológicas, como la estructura por tamaños, peso individual, sexo, madurez sexual, etc. (EINERSSON *et al.* 1996).

La anchoveta capturada presenta un rango de 5 a 19 cm de longitud total, siendo 11,5 cm su tamaño de primera madurez; alcanza una longitud máxima de 20,5 cm y es una especie de vida corta (3 a 4 años). Al seguir la progresión modal de los grupos de edad en su paso a través de la pesquería se constata que, así como crecen muy rápidamente, también mueren muy rápidamente, siendo probable que sólo una pequeña fracción de un grupo de edad persista en la pesquería, después de haber estado en ella aproximadamente entre 18 ó 20 meses.

En los análisis se han usado los datos de longitud - captura de anchoveta de la región norte-centro, de los años 1961 a 1999. Para la estructura por edades se utilizó una clave talla - edad *ad hoc*, construida en base a la identificación y seguimiento de las modas de las frecuencias de tamaños mensuales de anchoveta en la pesquería durante el período 1963 a 1994, a las cuales se le asignaron las edades correspondientes, relativas a cada periodo de desove, hasta su desaparición de la pesquería.

En el análisis de cohortes se han usado valores de mortalidad natural anuales entre 1,0 y 0,75 según periodos o fases. Para los procesos de sintonización se han utilizado datos de captura y esfuerzo pesquero, basados en TRB-Vje.

Para la obtención de la biomasa desovante se utilizó la ojiva de madurez, obtenida por MORI (com. pers.), en base a datos de madurez sexual del stock norte-centro de anchoveta para el periodo 1990-1994, la cual se ha adaptado a los grupos de edad.

Niveles de explotación y proyecciones de pesca

Con el objetivo de analizar los cambios en los niveles poblacionales de anchoveta y realizar proyecciones de pesca, se estima la biomasa de anchoveta empleando métodos diferentes:

- a) Evaluación hidroacústica;
- b) Aplicación de análisis de población virtual, en base a información de frecuencia de longitudes de la región norte-centro y cruceros acústicos, según años biológicos (ÑIQUEN Y BOUCHON 1997).
- c) Aplicación de modelos de balance poblacional, para proyectar el

crecimiento de la biomasa de anchoveta a inicios de 1999 y al 1ro. de abril de 1999, considerando diferentes tasas de mortalidad natural ($M = 1,0$ y $M = 1,2$) y por pesca, tomando como referencia las biomásas evaluadas en los cruceros acústicos.

- d) Aplicación del método de producción de huevos.
- e) Aplicación de modelos de producción (Convencional y CLIMPROD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de población virtual stock norte-centro (1961 – 1999)

Los resultados de la evaluación de stock norte-centro de anchoveta mediante el análisis de población virtual, son principalmente biomasa total, de reclutas, desovantes y tasas de mortalidad por pesca según grupo de edad.

Las capturas de anchoveta presentan dos máximos, uno en 1970 con capturas superiores a 10 millones de toneladas, y el segundo en 1994 donde se alcanzaron los 8 millones de toneladas. Desde 1985 se apreció una tendencia general creciente, que tuvo su máximo en 1993-94. Durante los últimos años se constató una disminución de las capturas, que se acentuó por El Niño 1997-98, mostrando luego una gran recuperación, llegando a capturarse 6,6 millones de toneladas en 1999 (Fig. 1).

En este periodo, la biomasa total del stock presentó variaciones que estuvieron correlacionadas con el reclutamiento. La biomasa del stock presentó dos máximos en 1969-70 y 1993-94 con magnitud superior a los 20 millones de toneladas (Fig. 2).

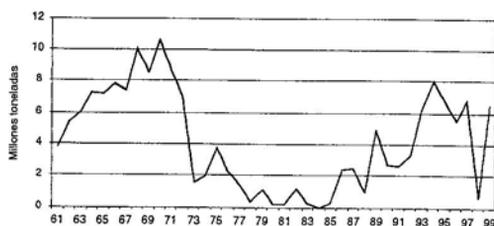


FIGURA 1. Capturas de anchoveta en la región norte-centro durante 1961-1999.

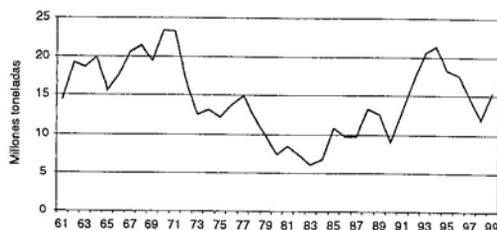


FIGURA 2. Biomasa de anchoveta stock norte-centro durante 1961-1999.

Las estimaciones de los últimos años mostraron una disminución respecto a 1994, debido a una reducción del reclutamiento en el periodo 1994-1997, la cual revirtió ligeramente al inicio del año biológico 1998-99 con un incremento del reclutamiento respecto a 1997 (Fig. 3). La biomasa desovante mostró también una tendencia creciente desde 1984, motivando un gran desarrollo de la pesquería entre 1990 y 1994. En los tres últimos años la biomasa desovante exhibe una tendencia decreciente, la cual se agravó con El Niño 1997-98, pero se incrementó ligeramente en 1999 (Fig. 3).

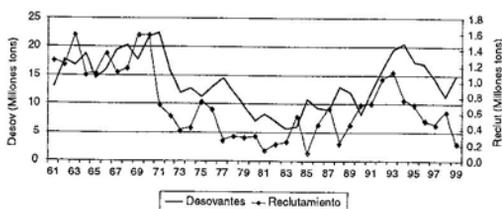


FIGURA 3. Biomasa desovante y reclutamiento en el stock norte-centro de anchoveta.

Asimismo, las tasas de mortalidad por pesca muestran un significativo aumento en 1999, en todos los grupos parentales, producto de una explotación intensa debido a su mayor disponibilidad entre octubre y diciembre de 1999. Este incremento se correlaciona en forma inversa al descenso de la biomasa desovante y del reclutamiento (Fig. 4).

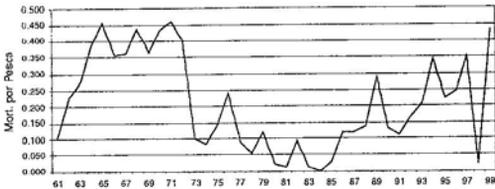


FIGURA 4. Mortalidad por pesca del stock norte-centro de anchoveta.

Las observaciones sobre la pesquería de anchoveta en 1998 mostraron un predominio de adultos con talla modal entre 12,5 – 13,5 cm, que no fueron detectados en el crucero de setiembre, lo cual indicó una redistribución de estos cardúmenes hacia las áreas de acción de la flota industrial. En el caso de los juveniles, se ha constatado un adelanto en el periodo de reclutamiento y, a partir de setiembre de 1998, una prolongación que continuó en forma constante durante 1999.

DIAGNÓSTICO

Los estimados de biomasa de anchoveta se caracterizan por sus altos niveles, lo cual se sustenta como una estrategia que adopta la especie teniendo en cuenta la elevada mortalidad natural, a la que se suma los efectos de la intensa mortalidad por pesca. La relación existente entre estos estimados y su magnitud se presenta en la figura 5.

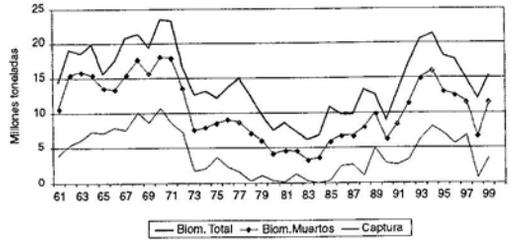


FIGURA 5. Relación entre la biomasa total, biomasa de muertos y capturados en el stock norte-centro de anchoveta.

En la pesquería de anchoveta del stock norte-centro del Perú se ha observado una alta relación entre el esfuerzo de pesca y las capturas, debido a sus variaciones en la disponibilidad, que hacen que la anchoveta en determinados periodos forme cardúmenes densos en la superficie y muy cercanos a la costa. Esta situación se ha acentuado por acción de El Niño 1997-98, que en sus inicios posibilitó capturas diarias superiores a las 80 mil toneladas en la región norte-centro durante abril de 1997 (ÑIQUEN Y GUTIÉRREZ 1998).

La biomasa total y la biomasa desovante de anchoveta en el periodo 1991 – 1994, presentó una tendencia creciente, producto de los aportes de los reclutamientos fuertes entre 1992-1994. Sin embargo, esta tendencia revirtió en los últimos años, produciéndose un decrecimiento constante del reclutamiento y simultáneamente un incremento de la mortalidad por pesca de la biomasa desovante.

El crucero de evaluación de recursos pelágicos de setiembre 1998 detectó directamente una importante fracción de reclutas, mientras que la pesquería en octubre y noviembre observó la presencia de este reclutamiento. La magnitud de este grupo anual se ha visto claramente en su incidencia en la pesquería, que inclusive

muestra actualmente ejemplares grandes entre 16 y 18 cm de longitud, que permanecen aún en las áreas de pesca.

El promedio de la mortalidad por pesca de los dos últimos años es de $F_{ref} = 1,63$; valor que supera los puntos biológicos de referencia, por lo tanto el estado del recurso en este periodo es crítico y de sumo cuidado, agravándose esta situación por la incidencia de El Niño 1997-98 y los efectos del período post-niño. En este contexto, es necesario proteger la población juvenil, cuya magnitud todavía no es totalmente conocida, y el stock desovante, para lo cual un criterio cercano al de $F_{2/3 \% SSB}$ o al de $F_{0,1}$ permitiría su recuperación.

Los antecedentes presentados nos permiten establecer que el manejo de la pesquería de anchoveta, en el corto plazo, debe estar limitado al desarrollo del actual Programa Provisional de Pesca, que debe

detectar inmediatamente los cambios en la distribución y concentración del recurso, no permitiéndose capturas grandes de anchoveta en períodos cortos de tiempo, y debe ser complementado con Cruceros de Evaluación en áreas debidamente seleccionadas, cuando las circunstancias lo requieran, así como el establecimiento de vedas reproductivas durante los principales periodos de desove.

REFERENCIAS

- EINERSSON, H., L. A. FLORES y J. MIÑANO. 1966. El ciclo de madurez de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). En: Seminario Latinoamericano sobre el Pacífico Oriental, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima:128-135.
- ÑIQUEN M. y M. GUTIÉRREZ, 1998. Variaciones poblacionales y biológicas de los principales recursos pelágicos durante abril 1997 a abril 1998 en el mar peruano. Inf. Inst. Mar Perú 135: 79-90.
- ÑIQUEN M. y M. BOUCHON. 1997. Reporte técnico sobre evaluación del stock norte-centro de anchoveta (*Engraulis ringens*) en la costa peruana (1984-1997). Taller Regional de Evaluación de Pelágicos Pequeños. Lima, 13 - 31 octubre 1997. 24 pp.

CAPTURA Y ESFUERZO PESQUERO DE LA PESQUERÍA DE ANCHOVETA PERUANA (*ENGRAULIS RINGENS*)

MARILÚ BOUCHON C.¹, SANDRA CAHUÍN V.¹, ERICH DÍAZ A.¹ Y MIGUEL ÑIQUEÑ¹

RESUMEN

BOUCHON, M., S. CAHUÍN, E. DÍAZ Y M. ÑIQUEÑ, 2000. Captura y esfuerzo de la pesquería de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 109-115.

Las capturas de la anchoveta peruana representan aproximadamente el 95% del total de los recursos hidrobiológicos marinos. Debido a su magnitud e importancia se hace necesario realizar un estudio permanente del esfuerzo de pesca y utilizarse como herramienta para la administración del sector pesquero.

El presente trabajo se ha realizado con información del Plan de Seguimiento de la Pesquería Pelágica y Proyecto Bitácoras de Pesca. El área de estudio corresponde al litoral peruano desde Tumbes (3°24'S) a Tacna (18°21'S), hasta las 200 mn y 100 brazas de profundidad. Entre los principales datos analizados se encuentran: captura de anchoveta, número de viajes con pesca de anchoveta, horas de viaje y tonelaje de registro bruto por embarcación (TRB); además se obtuvo un nuevo indicador de esfuerzo pesquero TRB/HVJE (Tonelaje de registro bruto por hora de viaje). En base a esa información, se obtuvieron series de índices de captura/esfuerzo (CPUE) para la pesquería de la anchoveta, por mes, por estación y por año.

En 1999 operaron 797 embarcaciones industriales y la flota cerquera representó el 87% del total. El índice de CPUE (capt/Vje.stand), mostró una recuperación de los niveles de abundancia relativa de anchoveta. Finalmente, se determinó que existe una alta correlación entre la biomasa de anchoveta obtenida a través de evaluaciones hidroacústicas y el índice de CPUE (TRB-Vje), detectando posibles cambios en la abundancia de la población de anchoveta.

PALABRAS CLAVE: anchoveta peruana, captura, esfuerzo pesquero.

ABSTRACT

BOUCHON, M., S. CAHUÍN, E. DÍAZ Y M. ÑIQUEÑ. 2001. Catch and fishing effort of the Peruvian anchoveta fishery (*Engraulis ringens*). Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 109-115.

The Peruvian anchoveta catches represent approximately 95% of the total hydrobiological marine resources. This magnitude and importance make necessary to develop a permanent study of different effort measures to be used as a tool for the fishing sector administration.

The present work includes information of the Pursuit Plan on the Pelagic Fishery and Fishing Binnacles Project. The studied area is from Tumbes (3°24'S) to Tacna (18°21'S), until 200 nm offshore, and 100 fathoms depth. The main analyzed data are: anchovy catches, number of trips with anchovy capture, hours of trips and gross registration tonnage for craft (GRT). The GRT of each craft was multiplied by the respective hours of each trip to provide a new indicator of fishing effort GRT-HVJE (gross registration tonnage per hour of trip). Based on the previous information, monthly, seasonal and yearly serials of catches/effort indexes (CPUE) for the anchovy fishery were obtained.

During 1999, a total of 797 industrial crafts were operated, the purse seine fleet represented 87%. The stratum of vessel capacity among 101 to 200 m³ was the most numerous and the stratum among 301 to 400 m³ was the more accumulated vessel capacity and it constitutes the fleet support, due to its great fishing power. The CPUE index (capt/Vje.stand) showed a recovery of the anchovy relative abundance levels in 1999. Likewise a new fishing effort unit (TRB-Hvje) was identified. It uses the trip hours as component of localization of the schools and the GRT (gross registration tonnage) as a component of the force and ability to capture the resource. This index obtained a high correlation with anchovy acoustic biomass. The use of this index could be used for detecting possible changes in the anchoveta populations abundance.

KEY WORDS: Peruvian anchoveta, captures, fishing effort.

INTRODUCCIÓN

La captura de la anchoveta peruana representa aproximadamente el 95% del total de recursos hidrobiológicos marinos. En esta pesquería, debido a su magnitud e importancia, es necesario un estudio permanente de diferentes medidas de esfuerzo, por lo numeroso de su flota, la gran capacidad de bodega que desplazan y los modernos equipos de pesca que utilizan. En este sentido, la elección de la unidad de esfuerzo, la variabilidad espacio-temporal de los recursos, la composición y el desarrollo tecnológico de la flota, son aspectos importantes de considerar en la adecuada cuantificación del esfuerzo efectivo y de la captura por unidad de esfuerzo (YÁÑEZ y MARITANO 1993, YÁÑEZ *et al.* 1993). Es por ello que la continuidad de los estudios sobre esfuerzo pesquero, permitirá que ellos sean utilizados como herramienta para la administración del sector pesquero, teniendo en cuenta su importancia en los aspectos biológicos y económicos (IFOP 1992).

El presente trabajo se ha realizado con información del Plan de Seguimiento de la Pesquería Pelágica y Proyecto Bitácoras de pesca, que nos ha permitido identificar y comparar nuevas unidades de esfuerzo, con la finalidad de obtener índices de captura por unidad de esfuerzo para la región norte-centro.

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio comprende el mar peruano desde Tumbes (3°24'S) hasta Tacna (18°21'S), extendiéndose hasta las 200 millas náuticas al oeste y las 100 brazas en sentido vertical. La información analizada proviene de los registros diarios de la actividad pesquera, siguiendo la metodología empleada por BOUCHON *et al.* (1999) y de las bitácoras de pesca

registradas en los puertos de Paita, Salaverry, Chicama, Chimbote, Samanco, Huarmey, Huacho, Chancay, Callao, Pucusana, Tambo de Mora e Ilo, para el periodo 1996-1999 (ÑIQUEÑ *et al.* 1998, 1999, 2000).

Debido a la cantidad de embarcaciones, al desarrollo tecnológico de la flota y heterogeneidad en su composición, se realizó la estandarización del esfuerzo mediante el método de SHIMADA-SHAEFER (1956), el cual fue aplicado en la pesquería cerquera industrial por CAHUÍN (1999), permitiendo estandarizar el esfuerzo a una categoría de tamaño elegida como estándar (estrato 101-200 m³ de capacidad de bodega).

Entre los principales datos analizados se encuentran: captura de anchoveta, número de viajes con pesca de anchoveta, horas de viajes y tonelaje de registro bruto por embarcación (TRB). El TRB de cada embarcación, fue multiplicado por sus respectivas horas de viaje para proporcionar un nuevo indicador de esfuerzo pesquero TRB-HVJE (tonelaje de registro bruto por hora de viaje). En base a la información anterior se obtuvieron índices de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para la pesquería de anchoveta, mensual, estacional y anual:

- CPUE en base a captura por viaje estandarizado,
- CPUE en base a captura por TRB - viaje,
- CPUE en base a captura por TRB - horas de viaje.

Finalmente, se realizó una regresión entre los datos de biomasa acústica de anchoveta, obtenida de los cruceros de evaluación y el índice de abundancia relativa (capt/TRBvje-Hvje) obtenidos por las bitácoras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de la flota industrial peruana

La flota pesquera en sus comienzos fue muy modesta en número y tecnología; su capacidad de bodega oscilaba entre 50 a 60 toneladas; contaban con redes de hilo de algodón y su tiempo de operación era entre dos o más horas; realizando el proceso para cargar el pescado manualmente mediante el uso de "chinguillos" de mango. TILIC (1963), señala que en 1953 había un total de 49 bolicheras, creciendo en 1959 a 426 embarcaciones.

En la década de los años 60, principalmente a partir de 1962, la flota se incrementó en número y mejoró tecnológicamente, llegando a más de 1700 embarcaciones, con una capacidad de bodega acumulada de 200 mil toneladas. Las capturas de anchoveta se vieron incrementadas por el equipamiento de las embarcaciones con modernos dispositivos auxiliares como la polea automotriz conocida comúnmente como "macaco", que redujo el tiempo de operación de las redes y tuvo un doble efecto: (a) una mayor eficiencia en las capturas y (b) mayores posibilidades de realizar más lances por día de pesca. Así mismo, se instalaron equipos acústicos para la detección de cardúmenes, llegando, en 1963, a tener ecosonda y sonar el 81% de las embarcaciones.

En la década de los 70, el desarrollo de la flota cerquera pelágica presentó un comportamiento irregular, debido principalmente a la inestabilidad y decremento de la población de anchoveta, que trajo como consecuencia una reducción considerable del número de embarcaciones. Esta situación se mantuvo

hasta principios de los 80, pero empezó a revertirse a partir de 1985, con la incorporación y renovación de las embarcaciones.

En la década de los 90, la flota aumentó en número y capacidad de bodega, observándose un gran desarrollo tecnológico, registrándose variaciones en su composición, renovación de los equipos de pesca, modificaciones en las redes, y mayor capacidad de desplazamiento hacia las áreas y núcleos de concentración, lo cual significó un incremento importante de la capacidad potencial de la flota (BOUCHON, ÑIQUEN Y JORDÁN 1994). Se ha observado que un gran porcentaje de la flota cuenta con algún tipo de sistema de refrigeración, para asegurar una óptima calidad del producto al menor costo de operación, minimizando los esfuerzos laborales. Una característica que demuestra la eficiencia de la flota es el gran desplazamiento que realiza, frente a cambios en la distribución, concentración y comportamiento de los recursos.

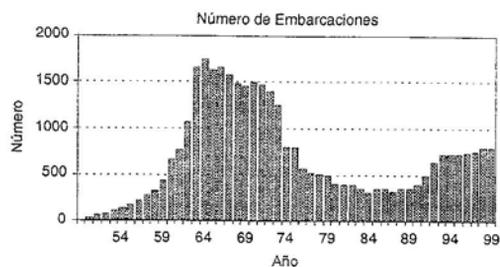


FIGURA 1. Desarrollo de la flota cerquera peruana 1950 - 1999.

Estructura de la flota industrial peruana

Las unidades de pesca en la extracción de anchoveta y sardina son las tradicionales embarcaciones bolicheras, que usan redes

de cerco con abertura de malla de 13 mm (media pulgada) para la captura de anchoveta; y de 38 mm (1,5 pulgadas) para la extracción de sardina.

Durante 1999, operaron 797 embarcaciones industriales, de las cuales la flota cerquera estuvo constituida por 696 embarcaciones, el 87% del total.

Es importante destacar que, según el artículo 24 de la Ley General de Pesca 25977, publicado el 22 de diciembre de 1992, prohíbe el ingreso de nuevos barcos a la pesquería salvo el caso de sustitución por igual volumen de capacidad de bodega.

La estructura de la flota cerquera, según su capacidad de bodega, en 1999 presentó una distribución entre 33 y 868 m³ con promedio de 249,2 m³. La distribución de la flota, según estratos de capacidad de bodega (Fig. 2), los más representativos fueron los comprendidos entre 101-200 m³ (31%) y 201-300 m³ (24%). El estrato de embarcaciones más numeroso, entre 101-200 m³, con 153 m³ capacidad de bodega promedio, es considerado históricamente tradicional en la pesquería de anchoveta. Se observa un nuevo grupo de embarcaciones de mayor tamaño (301-400 m³), que es el estrato de mayor capacidad de bodega acumulada, con 353 m³ de capacidad de bodega promedio, que ha adquirido mayor vigencia y que constituye el soporte de la flota industrial debido a su mayor poder de pesca relativo (Fig. 2).

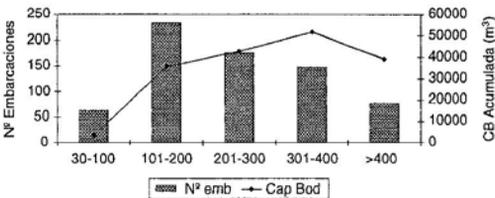


FIGURA 2. Estructura de la flota cerquera industrial según estratos de capacidad de bodega durante 1999.

Índice de captura por unidad de esfuerzo (Capt/Vje.estand.) mensual 1993 - 1999

El índice de captura por unidad de esfuerzo mensual, permite observar (Fig. 3) que las mayores abundancias se presentaron durante los primeros meses de la serie, con dos picos, el primero en 1993 y el segundo a inicios de 1995, luego decreció y se recuperó levemente entre marzo y abril de 1996. En abril 1997 la abundancia fue mayor, pero bajó drásticamente hasta fines de 1998; luego se recuperó notablemente, mostrando en los últimos meses de 1999 una tendencia creciente, asociada a la redistribución de la biomasa de anchoveta y al patrón histórico de mayor disponibilidad en el verano, lo que confirmaría la recuperación de los niveles de abundancia relativa en los que se encuentra en la actualidad este recurso.

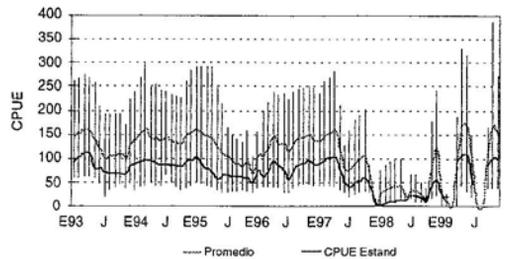


FIGURA 3. Indicadores de la captura por unidad de esfuerzo mensual en la pesquería de anchoveta. Región Norte Centro 1993 - 1999.

La abundancia se midió en forma relativa a través de la captura por unidad de esfuerzo estandarizado CPUE, expresada en toneladas por viaje estándar (capt/vje.estánd.) (Fig. 4). En el periodo 1993-99 la abundancia relativa fue del orden de 68 t/viaje. En 1993-94 los mayores rendimientos alcanzaron promedios de 88 toneladas por viaje, años en que este

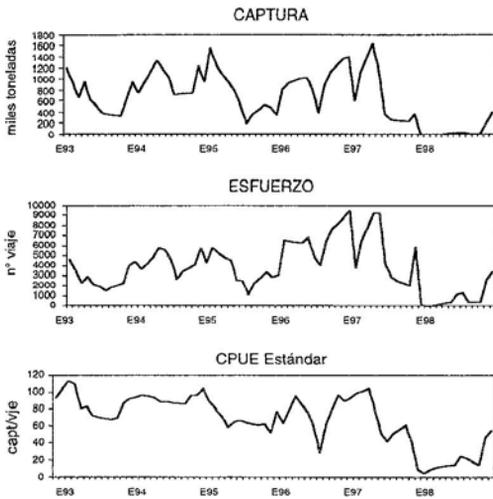


FIGURA 4. Captura, esfuerzo y CPUE (captura/viaje estandarizado) en la pesquería de anchoveta. Región Norte Centro 1993 - 1998.

recurso dominó el ecosistema pelágico, y comenzó a declinar en los primeros meses de 1995. En 1996 tuvo un ligero incremento (95 t/viaje), para luego decaer e incrementarse en los primeros meses de 1997, siendo abril el mes de mayor rendimiento (104 t/viaje), debido a la concentración del recurso hacia la zona costera por el evento El Niño 1997-98. A partir de abril 1997 el rendimiento decreció notablemente. Se estima que la abundancia relativa en diciembre de ese año decreció en aproximadamente 80% respecto a abril. Posteriormente se observó que la captura y la intensidad de pesca disminuyeron, por paralización de las embarcaciones y traslados a otras pesquerías del país, como consecuencia de la crisis económica y por las medidas de regulación pesqueras establecidas (Régimen Provisional de Pesca) producida por las fuertes fluctuaciones de las capturas y las expectativas irreales que se habían elaborado sobre ellas. A fines de 1998 se produjo la recuperación de la abundancia de anchoveta, la que alcanzó de 47 a

55 t/viaje estándar, incrementándose esta tendencia durante 1999.

Índice de captura por unidad de esfuerzo estacional (Capt/vje.est.) 1993 - 1998

Al analizar las fluctuaciones estacionales de la captura por unidad de esfuerzo estandarizado de anchoveta, se aprecia mejor el patrón histórico antes mencionado sobre la mayor disponibilidad del recurso en el verano, alcanzándose valores promedio de 94 toneladas por viaje; observando esta tendencia casi constante entre los veranos de 1993 y 1995. Decreció notablemente en el verano 1998 principalmente por los efectos de El Niño 1997-98 (Fig.5).

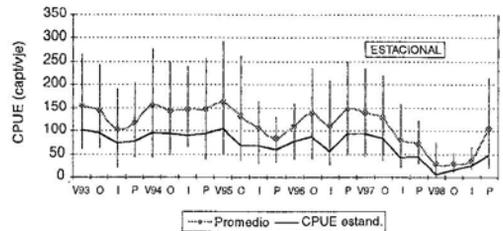


FIGURA 5. Indicadores de la captura por unidad de esfuerzo estacional en la pesquería de anchoveta Región Norte-Centro 1993-1999.

Índice de captura por unidad de esfuerzo anual (Capt/vje.anu.) 1993 - 1999

El índice de captura por unidad de esfuerzo anual comprueba que los mejores rendimientos estuvieron en los primeros años de la serie analizada. La abundancia presentó una disminución anual de 56,3 % en el periodo comprendido entre 1993-1997, siendo más significativo en 1998 con 48,2 % respecto a 1997 (Fig. 6).

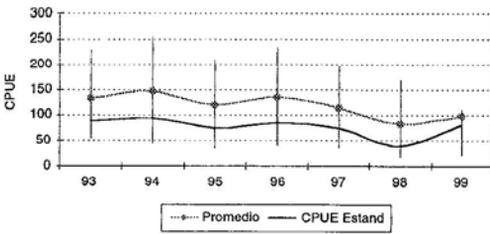


FIGURA 6. Indicadores de la captura por unidad de esfuerzo anual en la pesquería de anchoveta Región Norte-Centro 1993-1999.

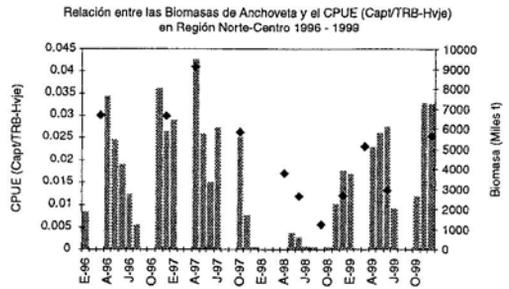


FIGURA 7. Biomasa de anchoveta y CPUE (capt/TRB-Hvje). Región Norte Centro 1996 - 1999.

Índice de captura por unidad de esfuerzo (Capt/TRB-Hvje)

En la pesquería de anchoveta el esfuerzo empleado por cada embarcación es una combinación de dos procesos: (a) la localización de una posición de pesca favorable en la proximidad de un cardumen y (b) el capturar el pescado (IMARPE 1974). En este sentido con información del Proyecto Bitácoras de Pesca se ha identificado una nueva unidad de esfuerzo, el TRB-Hvje que incorpora estos dos factores, usando las horas de viaje o de búsqueda como el componente de localización y el TRB (tonelaje de registro bruto) como el componente de fuerza y habilidad para capturar el pescado.

En el caso del índice Capt/TRB-Hvje (Captura de anchoveta entre tonelaje de registro bruto por hora de viaje) se observó un incremento notable de sus valores en los dos últimos meses de 1999 (Fig. 7), asociado a la normalización de las condiciones ambientales y la redistribución de los cardúmenes de anchoveta en la región norte-centro.

Relacionando la magnitud de este índice de CPUE con los valores de biomasa obtenidos de manera independiente, a través de la evaluación acústica, se ha

podido comprobar que ambos muestran tendencias similares con un coeficiente de determinación bastante significativo ($r^2=0,69$), lo cual nos indica la buena sensibilidad de este índice para detectar cambios en la abundancia de la población de anchoveta (Fig. 8).

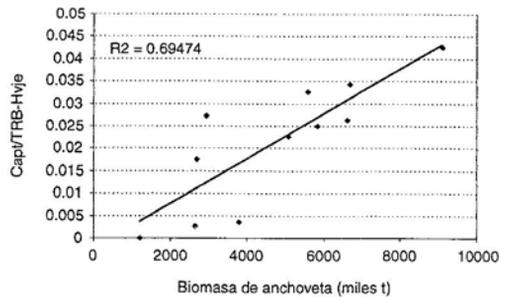


FIGURA 8. Relación entre Biomasa de anchoveta y CPUE (capt/TRB-Hvje). Región Norte Centro 1996 - 1999.

Este análisis refleja que este índice de CPUE es sensible a los cambios del medioambiente y que podría ser usado como un indicador de la abundancia del recurso y de sus fluctuaciones en el tiempo. Sin embargo, debemos resaltar la necesidad de una serie de datos más larga para tener la posibilidad de utilizar estos

índices de CPUE en modelos de producción, que permitiría, a partir de estos datos, recomendar estrategias para un adecuado manejo del recurso.

CONCLUSIONES

1. Durante 1999 operaron 797 embarcaciones industriales de las cuales la flota cerquera representó el 87% del total.

2. El estrato de capacidad de bodega entre 101 a 200 m³, considerado tradicional en la pesquería de anchoveta es el más numeroso y el estrato comprendido entre 301 a 400 m³ es el de mayor capacidad de bodega acumulada y constituye el soporte de la flota, debido a su gran poder de pesca.

3. El índice de CPUE (capt/Vje.stand.con viaje de anchoveta), mostró una recuperación de los niveles de abundancia relativa de anchoveta en 1999.

4. Se ha identificado una nueva unidad de esfuerzo pesquero TRB-Hvje que utiliza las horas de viaje como componente de localización del cardumen y el TRB (toneladas de registro bruto) como el componente de fuerza y habilidad para captura el pescado.

5. Existe una alta correlación entre la biomasa de anchoveta obtenida de la evaluación acústica y el índice capt/TRB-Hvje que permitiría detectar posibles cambios en la abundancia de la población de anchoveta.

REFERENCIAS

BOUCHÓN, M.; M. ÑIQUEN; M. ARIAS y R. BELLO. 1997. Manual de Operaciones del Proyecto Bitácoras de Pesca. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 74. 44 pp.
BOUCHÓN M., ÑIQUEN M., S. CAHUÍN y D. VALDEZ. 1999.

La pesquería de cerco en la costa peruana durante 1998. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 97. 39 pp.

BOUCHÓN M., ÑIQUEN M. y J. JORDÁN. 1994. Información de esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo en la Pesquería Pelágica Peruana. Inf. CONCYTEC, Octubre 1995, 17 pp.

CAHUÍN, S. 1999. Determinación del esfuerzo estandarizado y la captura por unidad de esfuerzo de la pesquería de anchoveta (*Engraulis ringens*) en la región norte-centro del litoral peruano durante 1993-1998 Tesis para optar el Título profesional de Biólogo. Univ. Nac. San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.

IFOP. 1992. Investigación del esfuerzo pesquero en las pesquerías chilenas: Pesquerías Pelágicas. Programa CORFO-IFOP: 38 pp.

IMARPE. 1974. Informe de la Cuarta Sesión del Panel de Expertos de la Evaluación del Stock de Anchoveta Peruana. Bol. Inst. Mar Perú. 2 (10).

ÑIQUEN M., M. BOUCHÓN, S. CAHUÍN y D. VALDEZ. 1998. Variaciones de la captura por unidad de esfuerzo en relación al nivel poblacional de los recursos pelágicos y aplicaciones de bitácoras de pesca enero-diciembre 1997. Inf. Interno del Proyecto. IMARPE.

ÑIQUEN M., M. BOUCHÓN, S. CAHUÍN y D. VALDEZ. 1999. Variaciones de la captura por unidad de esfuerzo en relación al nivel poblacional de los peces pelágicos y aplicación de bitácoras de pesca enero-diciembre 1998. Inf. Interno del Proyecto. IMARPE.

ÑIQUEN M., M. BOUCHÓN, S. CAHUÍN y D. VALDEZ. 2000. Variaciones de la captura por unidad de esfuerzo en relación al nivel poblacional de los peces pelágicos y aplicación de bitácoras de pesca enero-diciembre 1999. Inf. Interno del Proyecto. IMARPE.

SCHIMADA, B. M. y M. B. SCHIAEFER. 1956. A study of changes in fishing, effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. CIAT. Bol. 1(7):347- 469.

TILIC, I. 1963. Información estadística sobre embarcaciones utilizadas en la pesca industrial en el Perú 1953 - 1962. Bol. IREMAR 8. 30 pp.

YAÑEZ, E.; C. CANALES, M. A. BARBIERI, A. GONZALES y V. CATASTI. 1993. Estandarización del esfuerzo de pesca y distribución espacial e interanual de CPUE de anchoveta y de sardina en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. Investigaciones Marinas, UCV, Valparaíso - Chile 21:111-132.

YAÑEZ, E. y L. MARITANO. 1983. Análisis histórico (1971-1980) de la pesquería de la zona norte de Chile (18°20'S - 24°00'S) y estimación del estado de los recursos explotados. En: análisis de pesquerías chilenas. P. ARANA (ed.). Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso: 167-177.

PESQUERÍA DE ANCHOVETA EN EL MAR PERUANO. 1950 - 1999

MIGUEL ÑIQUEÑ C.¹, MARILÚ BOUCHON C.¹, SANDRA CAHUÍN V.¹ Y ERICH DÍAZ A.¹

RESUMEN

ÑIQUEÑ, M., M. BOUCHON, S. CAHUÍN y E. DÍAZ. 2000. Pesquería de anchoveta en el mar peruano. 1950-1999. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 117-123.

Se analiza la situación actual de la pesquería de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*), en el periodo 1950 - 1999 y se presenta un diagnóstico de su situación. En este contexto, el trabajo enfoca el análisis de la pesquería en términos de sus unidades de pesca y los principales aspectos biológico-pesqueros, índice de captura por unidad de esfuerzo y dinámica poblacional del recurso. Finalmente, se presentan las principales medidas de administración para este recurso.

PALABRAS CLAVE: anchoveta peruana, pesquería, periodo 1950-1999.

ABSTRACT

ÑIQUEÑ, M., M. BOUCHON, S. CAHUÍN and E. DÍAZ. 2000. Anchoveta fishery in Peruvian sea 1950-1999. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 117-123

The Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) fishery current situation is analysed during the period 1950 to 1999, and a diagnostic of the situation is presented. In this context, this work focus the analysis of this fishery in terms of the main biological-fisheries aspects in the industrial purse seine fishery, catch indexes per effort unit and population dynamics of this resource. Finally the principal management measures for this fishery are presented.

KEY WORDS: Peruvian anchoveta, fisheries, period 1950-1999.

INTRODUCCIÓN

Los recursos pesqueros frente a las costas del Pacífico Suroriental, y de manera especial los recursos pelágicos, son muy abundantes y su disponibilidad está en relación directa con la intensidad y persistencia de los procesos de afloramiento, que hacen de esta área una de las más productivas del mundo. En este ambiente se desarrolla la comunidad de peces pelágicos, caracterizados por su gran biomasa y su alta variabilidad en cortos periodos de tiempo.

La pesquería pelágica en la década de los 60, tuvo como principal componente al

recurso anchoveta (*Engraulis ringens*), sobre la cual se desarrolló la pesquería monoespecífica más importante del mundo. Posteriormente, a partir de 1972, como consecuencia del intenso esfuerzo pesquero y los trastornos ambientales de El Niño 1972, disminuyeron las capturas de anchoveta, convirtiéndose en una pesquería multiespecífica, ante el incremento de las poblaciones de sardina, jurel y caballa. En la década de los 80, después de El Niño 1982-83, se observó un crecimiento dinámico y sostenido de la población de anchoveta, que se consolidó en la década de los 90, pero afectada por El Niño 1997-98,

1 Dirección de Investigación en Recursos Pelágicos. DGIRH. IMARPE.

observándose una rápida recuperación a partir de 1999, tendencia que continúa en la actualidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las informaciones biológico - pesqueras se obtuvieron a través del Plan de Seguimiento de la Pesquería Pelágica en los diferentes puntos de desembarque del litoral peruano, así como de los Cruceros de Investigación.

Se efectuaron muestreos biométricos y biológicos de las especies pelágicas en todos los lances de comprobación de los cruceros, con la finalidad de conocer la composición de la captura por especies y sus principales características biológicas, como son estructura por tamaños, peso individual, sexo, madurez sexual, etc. Las mediciones de anchoveta y samasa se efectuaron al medio centímetro y en base a la longitud total. La madurez sexual de anchoveta y samasa se determinó mediante la escala de 6 estadios de EINERSSON *et al.* (1966).

Las estimaciones de biomasa de los principales recursos pelágicos se efectuaron utilizando el método hidroacústico durante los Cruceros de Evaluación de Recursos Pelágicos, que se ejecutan estacionalmente. Para el rastreo acústico se empleó una ecosonda - ecoinTEGRADOR digital SIMRAD EK-500 operando a 120 y 38 kHz hasta 250 m de profundidad.

La información de temperatura superficial del mar (TSM) proviene de la ejecución de estaciones oceanográficas superficiales, cada 10 mn durante el desarrollo del crucero.

Sistemática de la anchoveta peruana

Phylum : CHORDATA
Subphylum : VERTEBRATA

Clase : TELEOSTOMI (OSTEICHTHYES)
Orden : CLUPEIFORMES
Suborden : CLUPEOIDEI
Familia : ENGRAULIDAE
Especie : *Engraulis ringens* Jenyns
Nombres comunes : adultos: «anchoveta», «anchoveta peruana», «anchoveta negra»
individuos pequeños: «peladilla».
Nombres en inglés : Peruvian anchovy o Peruvian anchoveta

Distribución y concentración de la anchoveta peruana

La anchoveta vive en la franja de aguas frías de la corriente peruana, caracterizada por la gran renovación de nutrientes en las capas superficiales y alta productividad biológica. Los límites geográficos de la distribución de anchoveta abarcan el mar del litoral peruano y chileno entre 3°30'S y 37°00'S. En esta área se distinguen dos stocks: (a) el stock norte-centro de Perú (3°30'-16°S) que registra las mayores concentraciones; y (b) el stock sur Perú-norte Chile (16°- 24°S).

La anchoveta, durante la primavera y el verano, presenta una distribución estrecha dentro de una franja costera hasta las 20-30 millas de la costa; en el otoño e invierno su distribución se incrementa logrando alcanzar las 100 millas y, en algunas ocasiones, más allá de las 100 millas de la costa. Esta distribución está asociada a temperaturas entre 15-21 °C y salinidades de 34,5 y 35,1 ups. La profundidad en que habita esta especie fluctúa entre los 0 y 60 m (ÑIQUEN Y BOUCHON 1991).

Por acción de los eventos El Niño la distribución y concentración de esta especie cambia, mostrando desplazamientos en tres dimensiones. En primera instancia se acercan a la costa y simultáneamente van

profundizándose, para finalmente iniciar su migración hacia el sur de los 10°S.

Unidades de pesca

Las unidades de pesca en la extracción de anchoveta la constituyen las tradicionales embarcaciones bolicheras, que usan redes de cerco con abertura de malla de 13 mm (0,5 pulgada). En ciertos periodos estas mismas lanchas son utilizadas para la extracción de sardina juvenil, cambiando de redes empleando una de 38 mm (1,5 pulgadas).

El desarrollo de la flota cerquera pelágica, en el período 1950-1997, ha sido irregular, subdividido en dos etapas, antes y después de 1974. En la primera se observa un gran crecimiento, llegando cerca a 1800 embarcaciones; en la segunda etapa un decremento considerable, que empieza a revertir desde 1985, con la incorporación y renovación de las embarcaciones, contándose en la actualidad con cerca de 783 embarcaciones, ubicándose el 90 % de ellas en la región norte-centro (BOUCHON Y ÑIQUEN 1994). De igual manera, este desarrollo se ha reflejado en la capacidad de bodega que a principio de los años 70 superó las 250 mil toneladas y que a la fecha se estima en 150 mil toneladas.

Cabe señalar, que según el Art. 24, de la Ley de Pesca 25977, publicado el 22 de diciembre de 1992, se prohíbe el ingreso de nuevos barcos a la pesquería, salvo el caso de sustitución o reemplazo por igual volumen de capacidad de bodega de la flota existente.

Fluctuación de las capturas

Las capturas de anchoveta sustentaron la pesquería pelágica en la década de los 60', disminuyendo drásticamente a partir de 1972, manteniéndose luego en bajos

niveles, empezando a incrementarse después de El Niño 1982-83, con un registro máximo de 9,7 millones de toneladas en 1994, cifra que constituye la mayor captura histórica en los últimos veintitrés años, después del colapso de la pesquería de esta especie en 1971-1972. En 1998 debido a El Niño 1997-98 las capturas disminuyeron; en 1999 se recuperó notablemente, con tendencia a continuar esta recuperación en el 2000 (Fig. 1).

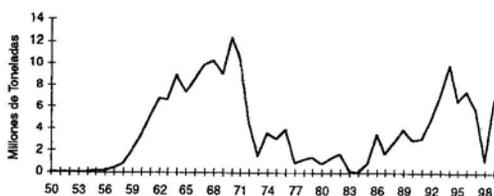


FIGURA 1. Capturas de anchoveta en la costa peruana durante 1960-1999.

En la pesquería de anchoveta se observa que existe una temporada larga, en la que se incrementa la disponibilidad, empezando en octubre con sus máximos en diciembre, enero, abril y mayo. Esta misma situación se observó en los inicios de la década de los 60, con mejores capturas entre octubre-febrero (SAETERSDAL *et al.* 1965).

El análisis de la información estadística de capturas de anchoveta y sardina en la región norte-centro durante 1980-1997, sugiere que ambas poblaciones presentan alternadamente períodos de relativa abundancia, seguidos por otros de menor nivel. Este comportamiento, a semejanza de pulsos de abundancia, se fundamenta en las interacciones biológicas de un sistema biespecífico estrechamente relacionado con las fluctuaciones ambientales, entre periodos fríos asociados con la intensificación de los afloramientos

y los períodos cálidos o El Niño. La persistencia de estos períodos fríos o cálidos favorecen el crecimiento de una de las especies, haciéndola aparentemente más disponible a la acción de la pesquería pelágica.

Esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo

Indices captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en base a datos de captura por viaje de la flota industrial

En las pesquerías pelágicas, el empleo de la CPUE como índice de abundancia, debe tomar en cuenta la heterogeneidad de la flota y la heterogeneidad espacio-temporal de la distribución del stock (YÁÑEZ Y ESPINDOLA 1997). En este sentido, la información analizada proviene de los registros de captura por viaje de todas las embarcaciones cerqueras de la flota industrial que operaron en la región norte-centro durante 1990-1998.

Los datos de captura y esfuerzo expresados en TRB-vje mostraron un comportamiento regular con máximos en 1970 y 1994. En base a datos de captura por TRB-viaje con pesca de anchoveta, en la región norte-centro, se observó que el índice de captura por unidad de esfuerzo (capt/TRB-vje) presentó valores altos en 1971 y entre 1986-1990. También se observó una tendencia decreciente entre los periodos 1972-73, 1982-83 y 1997-98 con 0,49; 0,53 y 0,50 toneladas por TRB-vje como consecuencia de una disminución del recurso por efecto de eventos El Niño.

Indices de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en base a datos de bitácoras de pesca

En base a datos obtenidos a bordo de la embarcaciones de la flota industrial que

se dedican a la pesquería de anchoveta, se cuenta actualmente con información sobre horas de viaje, horas de búsqueda, número de calas, etc., los cuales han permitido obtener índices de CPUE durante el período 1996-1998, utilizando nuevas unidades de esfuerzo pesquero.

En el caso del índice Capt/TRB-Hvje (Captura de anchoveta entre tonelaje de registro bruto por hora de viaje), se observó un decrecimiento notable de sus valores en el último trimestre de 1997, asociado a la intensificación de El Niño 1997-98 en la región norte-centro, el cual originó cambios notables en la distribución y concentración del recurso, situación que empezó a revertir en noviembre de 1998.

Relacionando la magnitud de este índice de CPUE con los valores de biomasa obtenidos de manera independiente, a través de la evaluación acústica, se ha podido comprobar que ambos muestran tendencias similares, lo cual nos indica la buena sensibilidad de este índice para detectar cambios en la abundancia de la población de anchoveta (Fig. 2).

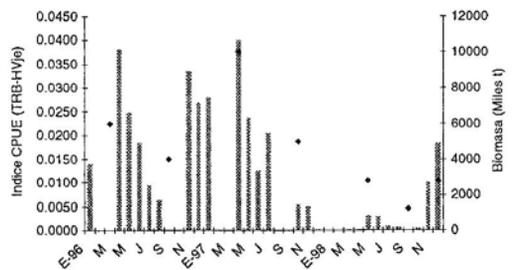


FIGURA 2. Índice CPUE (Capt/Trb-Hvje) en la pesquería de anchoveta región Norte-Centro (1996-1998).

Características del reclutamiento

El reclutamiento ha mostrado ser un factor importante en las variaciones de los niveles

poblacionales de la anchoveta en el mar peruano. En general, los reclutamientos fuertes están asociados a condiciones oceanográficas frías. Los principales meses de reclutamiento en el stock norte-centro se presentan entre noviembre-enero y mayo-julio, mientras que en el stock sur Perú-norte Chile, entre noviembre -marzo (PAULY Y TSUKAYAMA 1987).

Los niveles de reclutamiento del stock de anchoveta mostraron una tendencia general creciente y pulsátil hasta 1993, registrándose dos máximos en 1987 y 1993. Estas clases anuales fuertes posibilitaron la recuperación del stock, es decir, a través de su paso por la pesquería lograron reforzar la estructura por edades del stock desovante. Sin embargo, el reclutamiento en el periodo 1994-97 presentó una tendencia descendente, con magnitudes inferiores al promedio de la serie analizada. Las últimas observaciones efectuadas en 1998 y 1999 confirman la presencia de buenos reclutamientos desde noviembre de 1998.

Fluctuaciones anuales de la biomasa

El IMARPE realiza la evaluación de la población de anchoveta mediante la aplicación de varios métodos alternativos, que permiten obtener las mejores aproximaciones del nivel poblacional, a fin de determinar las capturas permisibles en función de las características biológicas de la especie.

Periódicamente se ejecutan cruceros de evaluación acústica, mediante la eointegración de cardúmenes, y otro método implementado en IMARPE, se refiere a la evaluación de biomasa de desovantes de anchoveta y sardina.

Se ha aplicado también el Análisis de Población Virtual al stock norte-centro de anchoveta, para el período 1953-1985

(PAULY Y PALOMARES 1989); y para el período 1960-1994, en base a año biológico (CSIRKE *et al.* 1996). Asimismo, para el stock sur Perú - norte Chile, en el período 1984-1998 (IMARPE 1998).

La última evaluación del stock norte-centro de anchoveta mediante el Análisis de Población Virtual, se ha efectuado utilizando información biológico-pesquera proveniente de la pesquería y de los cruceros acústicos durante 1961-1999.

En el periodo 1983-1998, la biomasa total del stock presentó variaciones correlacionadas con el reclutamiento. Tuvo dos máximos en 1986-87 y 1993-94 con magnitud superior a los 15 millones de toneladas. Las estimaciones de los últimos años señalan una disminución en el periodo 1994-1997, la cual ha revertido notablemente al inicio del año biológico 1998-99, con un incremento del reclutamiento respecto a años anteriores y biomasa superiores a los 10 millones de toneladas.

En 1999 las estimaciones de reclutamiento han sido bastante optimistas y conforman aproximadamente el 60 % de la biomasa total, lo cual garantiza una rápida renovación del stock en lo que resta del año biológico, y que está siendo confirmado con las observaciones del crucero y de la pesquería.

La aparición de este reclutamiento en este período proviene de los desoves iniciados en marzo de 1998, a inicios de la etapa Post-Niño y constituye un adelanto de la época principal, que comienza a reclutarse en noviembre y diciembre.

Medidas de administración o regulación

En la pesquería de anchoveta, las medidas de regulación se aplican en dos grandes áreas:

- a) Entre el extremo norte y el paralelo 16°S (Stock norte-centro) y
- b) Entre el paralelo 16° S y el extremo sur (Stock sur).

Las principales medidas de regulación son las siguientes:

- a) Cuotas de captura permisible para un periodo y área determinada, basada en información actualizada de biomasa y características biológico-pesqueras de la especie;
- b) Vedas cortas (3 ó 5 días) para proteger a los juveniles (ejemplares menores a 12 cm);
- c) Vedas en los períodos de máxima intensidad del desove, para proteger al stock de reproductores. Generalmente se aplican en febrero – marzo (desove secundario de verano) y agosto – setiembre (desove principal de invierno);
- d) Regulación del esfuerzo de pesca, limitando el número de embarcaciones, días de pesca y capacidad de procesamiento de las fábricas.

Procesamiento y comercialización

En líneas generales, el 99 % de la captura de anchoveta se utiliza para la producción de harina y aceite de pescado. Sólo el 1% es destinado a la producción de conservas de anchoas y salados para consumo humano directo. La industria de harina y aceite de pescado está más orientada a la exportación, con importantes mercados en Asia y Europa, y con menor mercado interno.

Diagnóstico de la situación actual

Los resultados presentados, muestran claramente los cambios que han ocurrido en

la pesquería de anchoveta en los últimos quince años (1984-1998). Por un lado, la persistencia de un período cálido después de 1976, que alcanzó su máxima expresión con el desarrollo del extraordinario El Niño 1982-83, situación ambiental que está relacionada con el aumento progresivo de la abundancia de sardina. De otro lado, la predominancia de un período normal o frío después de 1984, directamente relacionado con el incremento de los niveles poblacionales de anchoveta. Este incremento poblacional de la anchoveta puede ser interpretado como una variación en la composición por especies en el ecosistema pelágico, con tendencia hacia un predominio de esta especie, con características similares a la década de los 60.

REFERENCIAS

- BOUCHON M. y ÑIQUEM M. 1994. Información de esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo en la Pesquería Pelágica Peruana. Informe CONCYTEC. Octubre 1995.
- CSIRKE, J., R. GUEVARA, G. CÁRDENAS, M. ÑIQUEM y A. CHIPOLLINI. 1996. Situación de los recursos anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina (*Sardinops sagax*) a principios de 1994 y perspectivas para la pesca en el Perú, con especial referencia a la región norte-centro de la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú 15(1).
- EINERSSON, H., L. A. FLORES y J. MIÑANO. 1966. El ciclo de madurez de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). En: Seminario Latinoamericano sobre el Pacífico Oriental, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima:128-135.
- ÑIQUEM M, A. ECHEVARRÍA y L. MARIÁTEGUI. 1988. Variaciones de desembarques de anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina (*Sardinops sagax*) en el Perú en enero-abril 1987. Boletín (Volumen extraordinario) En: SALZWEDEL y LANDA (eds.): Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. 2do. COLACMAR. Agosto 1987. Lima.
- ÑIQUEM M. y M. BOUCHON, 1991. Variaciones latitudinales y longitudinales en la distribución de la anchoveta en la costa del Perú., Boletín de Lima, Noviembre 1991.
- ÑIQUEM M. y M. BOUCHON. 1995. Estacionalidad en las capturas de anchoveta y sardina en la costa peruana. Rev. Pesq. Peruana LITORAL. Ed. Internacional (9).

- PAULY D. e I. TSUKAYAMA. 1987. Managing the Peruvian upwelling ecosystem. En: PAULY y TSUKAYAMA (Eds.) The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of changes. ICLARM studies and reviews 15, IMARPE, GTZ: 325-342.
- PAULY D. Y M. PALOMARES. 1989. New estimates of monthly biomass recruitment and related statistics of anchoveta (*Engraulis ringens*) off Peru (4 - 14°S), 1953 - 1985: 189 - 206.
- SAETERSDAL, G., I. TSUKAYAMA y B. ALEGRE. 1965. Fluctuaciones en la abundancia aparente del stock de anchoveta en 1959-1962. Bol. Inst. Mar Perú. I(2):33-104.
- YÁÑEZ, E. y F. ESPINDOLA, 1997. Estimación de la abundancia a través de la CPUE de diferentes barcos, zonas de pesca y estaciones del año. Primer Taller de Estandarización de Metodologías de Muestreo. Proyecto Bitácoras de Pesca. IMARPE, 18-20 setiembre 1997.

ABUNDANCIA DE AVES GUANERAS Y SU RELACIÓN CON LA PESQUERÍA DE ANCHOVETA PERUANA DE 1953 A 1999

ELISA GOYA SUEYOSHI¹

RESUMEN

GOYA, E. 2000. Abundancia de aves guaneras y su relación con la pesquería de anchoveta peruana de 1953 a 1999. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 125-131.

Se actualizaron las series de tiempo sobre las poblaciones de guanay *Leucocarbo bougainvillii*, piquero peruano *Sula variegata* y pelicano peruano *Pelecanus thagus* entre 1953 y 1999. El desarrollo de la pesquería industrial de anchoveta a inicios de los años 50, significó un cambio en la dinámica poblacional de las aves guaneras. A partir de El Niño 1965, que causó una mortandad del 76%, reduciendo 17 millones de aves guaneras a sólo alrededor de 4, ellas no han recuperado sus más altos valores poblacionales, alcanzados antes del desarrollo de la pesquería industrial. Sin embargo, la tendencia a un paulatino crecimiento de la población de las aves guaneras, registrado a partir de 1983, fue afectado drásticamente por El Niño 1997-98. Hacia finales de 1999, se ha observado una progresiva recuperación de las colonias de estas especies en todas las islas y puntas, pero permanecen muy por debajo de los tamaños alcanzados antes de El Niño 1997-98. Se ha sugerido que el alimento es la principal causa de la regulación poblacional de las aves marinas, y estudios recientes muestran que la disponibilidad de presas actúa como un factor limitante en el tamaño de las poblaciones reproductoras. La reducción de áreas adecuadas para la reproducción de las aves guaneras, debido a una creciente perturbación humana, podría también restringir el crecimiento de sus poblaciones.

PALABRAS CLAVE: aves guaneras, población, anchoveta peruana, Fenómeno El Niño.

ABSTRACT

GOYA, E. 2000. Abundance of guano birds and its relation with fishery of Peruvian anchoveta from 1953 to 1999. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 125-131.

Guany Cormorant *Leucocarbo bougainvillii*, Peruvian Booby *Sula variegata* and Peruvian Pelican *Pelecanus thagus* population data series were updated from 1953 to 1999. In the early 1950's, the industrial fishery development caused a change in the guano birds population dynamics. Since 1965 El Niño event, which caused 76% mortality on 17 million guano birds, decreasing until about 4 million individuals, their population has not recovered their maximum values reached before the industrial fishery development. The tendency to increase observed since 1983, was severely affected by El Niño 1997-98. At the end of 1999 a slightly guano birds population recovery was noticed; however, its levels continue being lower than those reached before El Niño 1997-98 event. It has been suggested that the food is the main cause in the regulation of seabirds population, and recent studies show that the prey availability acts like a limiting factor for the reproductive population size. The reduction of suitable areas for seabirds reproduction, due to an increasing human disturbance, could be restricting the population growth.

KEY WORDS: guano birds, population, Peruvian anchoveta, El Niño event.

¹ Subdirección de Investigaciones en Aves Marinas. DIRP. DGIRH. IMARPE.

INTRODUCCIÓN

La investigación científica en biología pesquera es fundamental para asegurar que las decisiones en el manejo de los recursos sean oportunas y efectivas. Esta investigación usualmente es costosa en tiempo, dinero y tecnología.

Las aves marinas presentan muchos atributos que las hacen útiles para monitorear los stocks de peces, porque son abundantes, conspicuas y además predatorias de un amplio rango de recursos marinos. Numerosos estudios han demostrado que la disponibilidad del alimento puede influenciar aspectos de la biología de las aves marinas (CRAWFORD y SHELTON 1978, DUFFY 1983, BARBER y CHAVEZ 1983, ANDERSON *et al.* 1982, RICKLEFS *et al.* 1984, MONAGHAN *et al.* 1989, MONTEVECCHI *et al.* 1988, EN: ADAMS *et al.* 1992). Si bien hasta el momento se discute el valor potencial de las aves marinas como indicadores de los 'stocks' de peces, muchos autores coinciden en afirmar que las aves marinas además de complementar la información obtenida por las pesquerías y en particular sobre las especies que carecen de valor comercial; pueden proveer indicadores de cambios en éstos, de una manera inmediata y económica (ASHMOLE 1968, CAIRNS 1987, FURNESS y MONAGHAN 1987, CRAWFORD 1995), ya sea, directamente a través de los estudios sobre dieta; o indirectamente, mediante el estudio de sus fluctuaciones poblacionales y su reproducción.

El guanay *Leucocarbo bougainvillii*, el piquero peruano *Sula variegata* y el pelícano peruano *Pelecanus thagus* son las tres especies de aves marinas más numerosas que habitan la costa peruana. Se distribuyen al este del Océano Pacífico, dentro del ámbito de la Corriente Peruana, entre Lobos de Tierra (6°8'S) en el norte

del Perú e Isla Mocha (38°30'S) en Chile, donde se alimentan principalmente de la especie pelágica más abundante, la anchoveta *Engraulis ringens* (GAMARRA 1941, AVILA 1954, BARREDA 1959, JORDÁN 1959, 1961; GALARZA 1968, TOVAR y GALARZA 1984, TOVAR *et al.* 1988, TOVAR y GUILLÉN 1988, 1989; GUILLÉN 1990, 1993; JAHNCKE y GOYA 1997). Las colonias de aves guaneras más numerosas se ubican en las regiones norte y centro del Perú (MURPHY 1936, GUILLÉN 1992), distribución que coincide con las áreas de mayor abundancia de anchoveta.

Las poblaciones de aves guaneras han presentado grandes fluctuaciones, ya sea debido a su uso irracional, al establecimiento de pautas para su manejo, al incremento del hábitat disponible, a la ocurrencia de eventos El Niño, o a la intervención de la pesquería industrial de anchoveta. Durante la primera mitad del siglo XX estas poblaciones crecieron hasta alcanzar su nivel máximo, viéndose afectadas hacia la segunda mitad del siglo por el desarrollo de la pesquería industrial de anchoveta, cuya ampliación desmedida llevó al colapso de estos stocks y de los recursos que de ella dependen, interviniendo como un factor limitante en el crecimiento de las poblaciones de aves. Antes del desarrollo de la pesquería industrial, las poblaciones de guanay, piquero y pelícano se encontraban reguladas por la disponibilidad de áreas adecuadas para anidar. Entre 1909 y 1945, las aves guaneras alcanzaron un máximo de 10 millones de individuos en 1937, pero el aumento en espacio logrado con la ampliación de las puntas guaneras, permitió que duplicaran su población (JORDÁN y FUENTES 1966).

En el presente trabajo se analizan datos poblacionales de aves guaneras de 1953 a 1999, comparando los estimados de

abundancia de aves guaneras, la abundancia de anchoveta y sus captura. El objetivo es determinar la relación entre la fluctuación en el tamaño de las poblaciones de estas aves, la abundancia de anchoveta y la ocurrencia de los eventos El Niño.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los registros de poblaciones de aves guaneras entre los 6°S y los 14°S para el período comprendido entre 1953 y 1997, se tomaron de JAHNCKE (1998). Las poblaciones de aves guaneras entre 1998 y 1999, se dan a conocer en este trabajo y corresponden a promedios de censos realizados mensualmente en islas y puntas de toda la costa. El cálculo de las áreas ocupadas por cada especie se realizó utilizando un planímetro, de acuerdo a la metodología descrita por JORDÁN (1963) y TOVAR *et al.* (1987), de manera que los datos fueran comparables. El estimado de la población de cada especie, se realizó utilizando las densidades determinadas por TOVAR *et al.* (1987). En aquellos mapas donde se señala que las aves se encuentran dispersas, se consideraron los conteos realizados por los guardianes en forma directa. A los resultados obtenidos luego de realizada la medición por planímetro y el cálculo de las aves, se adicionaron los totales de aves observadas en barrancos e islotes. Estos estimados tienen un error de $\pm 3,8\%$ respecto de aquellos realizados por TOVAR o GUILLÉN (JAHNCKE, no pub.).

La información sobre biomasa y captura de anchoveta de 1953 a 1996 fue tomada de JAHNCKE (1998). Los datos de desembarques de anchoveta para 1997, 1998 y 1999 fueron proporcionados por M. ÑIQUEN (com. pers.). Los datos de biomasa para esos tres años fueron cedidos por F. GANOZA (com. pers.), ambos autores del IMARPE.

Para determinar si existen relaciones entre la biomasa de anchoveta y su captura, así como, entre el desarrollo de las poblaciones de aves guaneras y la biomasa de anchoveta y su captura, se realizaron correlaciones de SPEARMAN entre estas variables.

De manera referencial se presentan datos sobre las principales presas consumidas por el guanay y piquero entre los años 1995 a 1999, y considerando estas aves como buenos indicadores de la disponibilidad de anchoveta (JAHNCKE y GOYA 1997).

RESULTADOS

En la fig. 1 se muestra la relación entre tamaño poblacional de aves guaneras y la biomasa de anchoveta para los años 1953 a 1999.

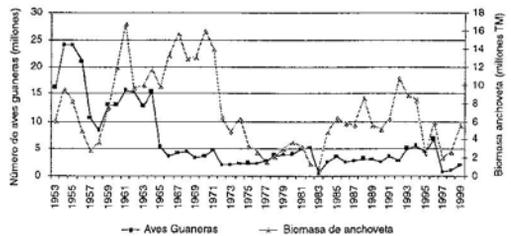


FIGURA 1. Abundancia de aves guaneras en relación a la biomasa de anchoveta para los años 1953-1999.

Se observa que existe una correlación significativa entre las poblaciones totales de aves guaneras (guanay, piquero y pelícano) respecto de la biomasa de anchoveta ($r_{\text{SPEARMAN}} = 0,386$; $n=47$; $P<0,05$) para el período comprendido entre 1953 y 1999.

No se encontró relación entre el tamaño poblacional de estas aves y la captura de anchoveta entre 1953 y 1999 (Fig. 2).

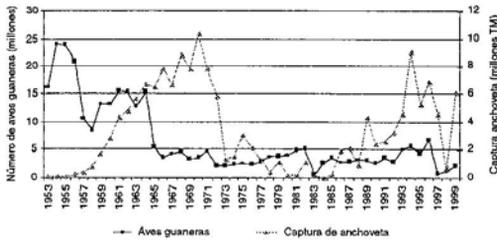


FIGURA 2. Abundancia de aves guaneras en relación a la captura de anchoveta para los años 1953-1999.

Sin embargo, entre 1983 y 1999 se observan correlaciones muy significativas entre las poblaciones de aves guaneras respecto de la biomasa de anchoveta ($r_{\text{SPEARMAN}}=0,651$; $n=17$; $P<0,01$) y correlaciones significativas entre las poblaciones de aves guaneras respecto a las capturas de anchoveta ($r_{\text{SPEARMAN}}=0,457$; $n=17$; $P<0,05$).

En la tabla 1 se presenta la composición general de la dieta del guanay, expresada como porcentajes para cada uno de los años, a partir del total de bolos residuales colectados.

Tabla 1.- Principales presas consumidas por el guanay en la costa peruana.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	1995	1996	1997	1998	1999
Anchoveta	<i>Engraulis ringens</i>	56,39	49,30	53,96	54,53	80,9
Samasa	<i>Anchoa nasus</i>	5,72	5,05	3,23	17,95	12,0
Falso volador	<i>Prionotus sp.</i>	0,76	0,03	0,31	5,71	0,2
Cabinza	<i>Isacia conceptionis</i>	0,88	1,81	0,64	3,17	0,2
Pejerrey	<i>Odontesthes regia</i>	28,55	24,45	26,68	1,01	2,8
Lorna	<i>Sciaen deliciosa</i>	1,20	1,79	0,51	0,50	0,8
Camotillo	<i>Normanichthys crockeri</i>	3,52	10,85	8,32	0,38	0,2

En la tabla 2 se presenta la composición general de la dieta, expresada como porcentaje para cada uno de estos años a partir del total de muestras colectadas.

Tabla 2.- Principales presas consumidas por el piquero en la costa peruana.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	1995	1996	1997	1998	1999
Anchoveta	<i>Engraulis ringens</i>	78,78	82,33	84,64	58,37	92,85
Sardina	<i>Sardinops sagax sagax</i>	7,82	0,07	1,36	17,41	1,74
Samasa	<i>Anchoa nasus</i>	0,02	0,76	0,03	4,88	0,86
Pejerrey	<i>Odontesthes regia</i>	9,29	9,11	8,85	0,00	0,14
Agujilla	<i>Sacomerbesox saurus</i>	0,15	5,11	3,53	0,00	1,38
Lisa	<i>Mugil cephalus</i>	0,00	0,11	0,87	0,00	0,13
Calamar	Fam. Loliginidae	1,34	1,32	0,00	0,00	0,00

DISCUSIÓN

Si examinamos los cambios en números de las poblaciones de aves guaneras en los últimos cien años, observamos un rápido incremento de las poblaciones a inicios de siglo, lo cual puede ser explicado por el establecimiento de pautas que aseguraron su protección y permitieron la recuperación de las poblaciones de estas aves, luego de estar sometidas a una excesiva perturbación durante las campañas de extracción de guano y su explotación directa. Posteriormente, la construcción de muros de protección en diversas puntas del litoral, y el establecimiento de las puntas guaneras en 1945, incrementaron en un 40% el espacio disponible para la anidación (TOVAR *et al.* 1987), lo que permitió que las aves guaneras duplicaran su población (JORDÁN y FUENTES 1966).

Las poblaciones de aves guaneras son severamente afectadas por perturbaciones oceanográficas como los eventos El Niño, ocasionando alteraciones en los patrones de distribución y abundancia de los recursos al hacer variar las condiciones de su medio ambiente. Los efectos biológicos de El Niño sobre las aves guaneras se traducen en fracasos reproductivos, ampliación de sus rangos de distribución y mortalidad de adultos, además de cambios en la dieta de las aves guaneras.

Los eventos El Niño, al presentarse de manera recurrente en el Sistema de afloramiento, han ejercido una fuerte presión de selección sobre las poblaciones de aves marinas, favoreciendo la habilidad de incrementarse rápidamente en números después de severas perturbaciones oceanográficas.

El desarrollo de la pesquería industrial de anchoveta a inicios de los años cincuenta, significó un cambio en la dinámica poblacional de las aves guaneras (FURNES y MONAGHAN 1987). Entre 1953 y 1971, período en el cual la biomasa de anchoveta presentaba un gran crecimiento, se desarrolló la pesquería industrial de anchoveta y creció a una velocidad similar a la biomasa de dicho recurso, convirtiéndose en la principal competidora por el alimento de las aves y otras especies marinas. Desde entonces se observó que las poblaciones de las tres especies de aves guaneras disminuían conforme las capturas se incrementaban, indistintamente del crecimiento de la población de anchoveta (JAHNCKE 1998).

A partir de El Niño 1965, que causó una mortandad del 76% y que redujeron las poblaciones de aves guaneras de 17 millones a 3-4 millones (FURNES y MONAGHAN 1987), las poblaciones de aves guaneras no han recuperado sus valores poblacionales más altos alcanzados antes del desarrollo de la pesquería industrial.

EL Niño 1972-73 afectó la población de anchoveta, que en ese entonces soportaba capturas superiores a los 10 millones de toneladas anuales sólo en la región norte-centro del litoral, produciendo el colapso de los stocks de este recurso (CSIRKE *et al.* 1996) y causando la mortandad del 77% de la población de guanayes y el 41% de la de piqueros (TOVAR y GALARZA 1983). Entre 1972 y 1982, las capturas de

anchoveta por parte de la pesquería industrial no mostraron ninguna relación con la disminución de la biomasa de este recurso. Es más, en 1974-75 y 1976-77, las capturas sobrepasaron los niveles de explotación necesarios para lograr el máximo rendimiento sostenido de la biomasa de anchoveta, contribuyendo en forma significativa a agravar el colapso y la drástica disminución de los niveles de abundancia de este recurso en los años que siguieron (CSIRKE *et al.* 1996). Durante estos años, los guanayes y piqueros mostraron una ligera recuperación en sus poblaciones, a pesar de la disminución de la biomasa de anchoveta, esto se debe a que entre estos años la sardina *Sardinops sagax* se constituyó en la principal presa consumida por estas aves. El Niño 1982-83, considerado como extraordinario (RIVERA 1987), afectó entre marzo y mayo de 1983 a las aves guaneras, causando una mortalidad que alcanzó el 58% de la población total (ARNTZ y FAHRBACH 1996), calculándose 0,22 a 0,25 aves muertas/m a lo largo de la costa peruana (DUFFY *et al.* 1988).

A partir de 1983 se observaba un paulatino crecimiento en el tamaño poblacional de las aves guaneras, sin embargo, esta tendencia fue afectada drásticamente por la ocurrencia de El Niño 1997-98. Las poblaciones de las tres especies de aves guaneras disminuyeron aproximadamente en un 90% hacia finales de 1997. Hacia finales de 1999 (fig. 3), se observó una progresiva recuperación en el tamaño de las colonias de estas especies en todas las islas y puntas; sin embargo, las poblaciones de aves guaneras continúan muy por debajo de aquellos alcanzados antes de El Niño 1997-1998. A diferencia de 1998, en que se observaron fracasos reproductivos durante los primeros meses del año, el proceso reproductivo de las aves guaneras durante 1999 estuvo caracterizado por su intensidad.

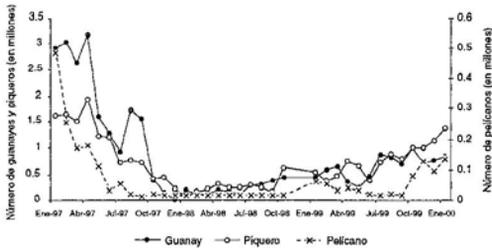


FIGURA 3. Tamaños poblacionales de las tres especies de aves guaneras, antes, durante y luego del evento El Niño 1997-98.

Se ha sugerido que el alimento es la principal causa de la regulación poblacional de las aves marinas; y estudios recientes muestran que la disponibilidad de presas actúa como un factor limitante en el tamaño de las poblaciones reproductoras. Por otro lado, la reducción de áreas adecuadas para la reproducción de las aves guaneras, debido a una creciente perturbación humana, podrían también estar limitando el crecimiento de sus poblaciones.

Agradecimientos

Agradezco al Proyecto Especial de Promoción del Aprovechamiento de Abonos Provenientes de las Aves Marinas (PROABONOS) por las facilidades brindadas. Asimismo, a RAFAEL INOCENTE y MARIANO VALVERDE por su participación en la lectura de los mapas y en el cálculo de las áreas. Agradezco también al Blgo. MIGUEL ÑIQUEN quien proporcionó los datos de desembarque de anchoveta y al Ing. FRANCISCO GANOZA por proporcionar los estimados acústicos de biomasa de anchoveta.

REFERENCIAS

ADAMS, N.J., P.J. SEDDON y Y.M. VAN HEEZIK. 1992. Monitoring of seabirds in the Benguela System: Can seabirds be used as indicators and predictors

of change in the marine environment?. S. Afr. J. Mar. Sci. 12: 959-974.

ARNTZ, W.E. y E. FAHRBACH. 1996. El Niño: experimento climático de la naturaleza. Fondo de cultura económica. México. 312 pp.

ASHMOLE, M.J. y N. P. ASHMOLE. 1968. The use of food samples from seabirds in the study of seasonal variation in the surface fauna of tropical oceanic areas. Pacific Science 22(1): 1-10.

AVILA, E. 1954. Potencia deyeectiva del guanay. Bol. Cía. Admora. Guano 1(2): 22-49.

BARREDA, O.M. 1959. Recuperación de guanayes caquéticos en cautividad. Estudio de ingestión y deyección. Bol. Cía. Admora. Guano 35(4): 10-22.

CAIRNS, D.K. 1987. Seabirds as indicators of marine food supplies. Biolog. Oceanog. 5: 261-271.

CRAWFORD, R.J.M. y B.M. DYER. 1995. Responses by four seabirds to a fluctuating availability of Cape Anchovy *Engraulis capensis* off South Africa. Ibis 137: 329-339.

CRAWFORD, R.J.M. y P.A. SHELTON. 1978. Pelagic fish and seabirds inter relationships off the coast of South West and South Africa. Biological Conservation 14(2): 85-109.

CSIRKE, J., R. GUEVARA-CARRASCO, G. CÁRDENAS, M. ÑIQUEN y A. CHIPOLLINI. 1996. Situación de los recursos anchoveta y sardina a principios de 1994 y perspectivas para la pesca en el Perú con particular referencia a las regiones norte y centro de la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú 15(1):1- 23.

DUFFY, D.C. 1983. Environmental uncertainty and commercial fishing: Effects on Peruvian guano birds. Biological conservation 26: 227-238.

DUFFY, D.C., W.E. ARNTZ, H. TOVAR, P.D. BOERSMA y R.L. NORTON. 1988. A comparison of the effects of El Niño and the southern oscillation in Peru and the Atlantic Ocean. En: OUELLET, H. (ed.). Proceedings of the XIX International Ornithological Congress. Nat. Mus. Nat. Hist., Ottawa, Canada: 1740-1746.

FURNES, R.W. y P. MONAGHAN. 1987. Seabird Ecology. Blackie and Son Ltd. London. 164 pp.

GALARZA, N. 1968. Informe sobre los estudios ornitológicos realizados en laboratorio en la Puntilla (Pisco) en setiembre 1965-1968. Inf. Esp. Inst. Mar Perú 31. 26 pp.

GAMARRA, L. 1941. Relación entre la cantidad de alimento ingerido por las aves guaneras y el guano aprovechable que producen. Bol. Cía. Admora. Guano 17(3):103-114.

GUILLÉN, V. 1990. Alimentación del pelícano o alcatraz en la isla Macabí. Bol. Lima 67:85-88.

GUILLÉN, V. 1992. Distribución latitudinal de aves guaneras del Perú durante 1984-89. Bol. Lima 81:77-96.

GUILLÉN, V. 1993. Alimentación de aves guaneras y reproducción de lobos marinos en el Perú. Bol. Lima 85:79-95.

- JAHNCKE, J. 1998. Las poblaciones de aves guaneras y sus relaciones con la abundancia de anchoveta y la ocurrencia de eventos El Niño en el mar peruano. Bol. Inst. Mar Peru 17(1-2):1-13.
- JAHNCKE, J. y E. GOYA. 1997. Variación latitudinal y estacional en la dieta del guanay (*Leucocarbo bougainvillii*) y el piquero peruano (*Sula variegata*) en la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú 16(1):23-41.
- JORDÁN, R. 1959. El fenómeno de las regurgitaciones en el guanay y un método para estimar la ingestión diaria. Bol. Cía. Admora. Guano 35(4): 23-40.
- JORDÁN, R. 1961. Las aves guaneras, la cadena alimentaria y la producción de guano. Bol. Cía. Admora. Guano 37(3): 19-20.
- JORDÁN, R. y H. FUENTES. 1966. Las poblaciones de las aves guaneras y su situación actual. Inf. Inst. Mar Perú 10:1-31.
- MONTEVECCHI, W.A., V.G.L. BIRT y D.K. CAIRNS. 1988. Dietary changes of seabirds associated with local fisheries failure. Biological Oceanography 5: 153-161.
- MURPHY, R.C. 1936. Oceanic birds of South America. The Mc Millan Company, N. York. 1245 pp.
- RICKLEFS, R., D. DUFFY y M. COULTER. 1984. Weight gain of Blue-footed Booby chicks: an indicator of marine resources. Ornis Scandinavica 15:162-166.
- RIVERA, T. 1987. Nomenclatura de El Niño según el número de índices de cinco estaciones costeras. Bol. ERFEN 21:9-18.
- TOVAR, H. y N. GALARZA. 1983. Fluctuaciones mensuales de las poblaciones de aves guaneras durante El Niño de 1972. Inf. Inst. Mar Perú 83:1-38.
- TOVAR, H. y N. GALARZA. 1984. Cambios en el régimen alimentario del guanay. Bol. Lima 35:85-91.
- TOVAR, H. y V. GUILLÉN. 1988. Comportamiento alimenticio del piquero ave guanera peruana. Bol. Lima 60:85-90.
- TOVAR, H. y V. GUILLÉN. 1989. Composición por especies del contenido estomacal de guanay. En: Memorias del Simposio Internacional de los recursos vivos y las pesquerías en el Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número especial): 307-312.
- TOVAR, H., D. CABRERA y V. GUILLÉN. 1988. Predación del piquero sobre peces en el litoral peruano. En: H. SALZWEDEL y A. LANDA (eds.). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento del mar peruano. Bol. Inst. Mar Perú Vol. Extr.:329-334.
- TOVAR, H., V. GUILLÉN y M.E. NAKAMA. 1987. Monthly population size of three guano bird species of Perú, 1953 to 1992. En: D. PAULY e I. TSUKAYAMA (eds.). The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of change. ICLARM Studies and Reviews 15:208-218. IMARPE, GTZ, ICLARM, Manila, Philippines.

LOS LOBOS MARINOS Y SU RELACIÓN CON LA ABUNDANCIA DE LA ANCHOVETA PERUANA DURANTE 1979 - 2000

MILENA ARIAS-SCHREIBER¹

RESUMEN

ARIAS-SCHREIBER, M. 2000. Los lobos marinos y su relación con la abundancia de la anchoveta peruana durante 1979-2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 133-138.

Se presenta información sobre la importancia de la anchoveta en la dieta de lobos marinos para el período 1996-1999 y se analizan gráficamente, y mediante pruebas no paramétricas, las relaciones entre la abundancia de lobos marinos y las biomásas acústicas de anchoveta y con las capturas anuales de la pesquería de anchoveta a partir de 1984. Utilizando los estimados de biomásas acústicas, se observan tendencias similares de una recuperación de las poblaciones de lobos marinos y anchoveta entre 1984 y principios de la década de los noventa, altos niveles poblacionales entre 1993 y 1997, una drástica disminución durante 1997-1998 y una recuperación desfasada entre 1999 y el 2000. Resultados muy similares se obtienen al comparar las poblaciones de lobos marinos y las capturas de la pesquería de anchoveta. No se obtuvieron correlaciones significativas entre la abundancia de lobos finos y las biomásas y capturas de anchoveta ($r_{\text{SPEARMAN}} = 0,43; 0,14$) y lo mismo para los lobos chuscos ($r_{\text{SPEARMAN}} = 0,26; 0,6$), pero sí una correlación altamente significativa entre el número de crías de lobos finos y la biomasa de anchoveta a partir de 1984 ($r_{\text{SPEARMAN}} = 0,943, p < 0,01$). Estos resultados muestran que se estarían presentando relaciones directas entre la abundancia de lobos marinos y la biomasa de anchoveta a diferencia de lo reportado por Muck y FUENTES (1987) para el período 1952 a 1984.

PALABRAS CLAVE: lobos marinos, población, anchoveta peruana, fenómeno El Niño, periodo 1979-2000.

ABSTRACT

ARIAS-SCHREIBER, M. 2000. Fur seals and sea lions and its relationship with Peruvian anchovy abundance during 1979-2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 133-138.

This paper presents data on the importance of the Peruvian anchovy in the diet of fur seals and sea lions between 1996 and 1999 along the Peruvian coast. We use graphs and non parametric statistics to analyse the relationships between the abundance of seals and the biomass of anchovy, or the anchovy's landings since 1984. Using the acoustic biomass of anchovy we observe similar trends, with recovery in the seals and anchovy populations between 1984 and the early 90's, high levels of anchovy biomass and numbers of seals between 1993 and 1997, a dramatic decrease during 1997 and 1998 and a delayed recovery between 1999 and 2000. Very similar relationships are found comparing seal population to anchovy landings. No significant correlation was found between the biomass or landings of anchovy and the abundance of fur seals ($r_{\text{SPEARMAN}} = 0,43; 0,14$) nor the abundance of sea lions and the same was found using abundance of sea lions ($r_{\text{SPEARMAN}} = 0,26; 0,6$), but we found high levels of significance between the number of fur seal pups and the biomass of anchovy since 1984 ($r_{\text{SPEARMAN}} = 0,943; p = 0,01$). Our results show that there is possible a relationship between the abundance of anchovy and the sea lion and fur seal populations, in contrast from what was reported by Muck and Fuentes (1987) for the years 1952 to 1984.

PALABRAS CLAVE: sea lions, fur seals, population, Peruvian anchoveta peruana, El Niño Event, period 1979-2000.

¹ Subdirección de Investigaciones de Mamíferos Marinos. DIRP. DGIRH. IMARPE.

INTRODUCCIÓN

Las poblaciones de lobos marinos del mar peruano se refieren a dos especies de pinnípedos, el "lobo fino sudamericano" *Arctocephalus australis* y el "lobo chusco" o "león marino de Sudamérica" *Otaria byronia*. Las dos especies se distribuyen bordeando las costas de Sudamérica desde Río de Janeiro en Brasil (23°S) hasta Paracas (13°50'S) en el Perú, en el caso del lobo fino; y hasta Piura (5°S) en el Perú, en el caso del lobo chusco (MAJLUF Y TRILLMICH 1980). Ambas especies presentan marcadas diferencias tanto morfológicas, como en su comportamiento reproductivo, alimenticio o de forrajeo y en su abundancia.

Los estimados de abundancia de lobos marinos en la costa peruana, se basan en censos o conteos directos realizados desde fines de la década de los 60 (Fig. 1). Lamentablemente, no se cuentan con estimados de abundancia durante la primera década del siglo XX, periodo durante el cual los lobos marinos fueron sometidos a una explotación comercial, llevando sus poblaciones a niveles cercanos a la extinción (MAJLUF Y TRILLMICH 1981, BONNER 1994). A partir de 1976 se prohibió en el Perú la explotación de lobos marinos, quedando así las fluctuaciones poblacionales determinadas principalmente por factores denso-dependientes, disponibilidad de hábitat y alimento (influenciada por los eventos El Niño) e interacciones con pesquerías.

El presente trabajo analiza, en forma preliminar, las relaciones entre la información sobre las poblaciones de las dos especies de lobos marinos existentes en el Perú y las tendencias en la abundancia de la anchoveta, durante los últimos veinte años. Previamente se presentan los resultados de un estudio para determinar la importancia y las fluctuaciones de la anchoveta en la dieta de estos mamíferos marinos.



FIGURA 1. Censos de lobos marinos en la costa peruana entre 1968 y 2000.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con el objetivo de determinar la importancia de la anchoveta en la dieta de los lobos marinos, desde el año 1996, el IMARPE viene realizando análisis de restos no digeribles, en muestras de heces colectadas en diferentes loberías, a lo largo de la costa peruana. La metodología empleada para estos estudios de dieta se detallan en ZAVALAGA *et al.* (1998).

Se han analizado las frecuencias de ocurrencia de estas especies, a partir de muestras fecales recogidas mensualmente entre abril de 1997 y diciembre de 1999 en Punta San Juan (15°21'S) y Punta Coles (17°42'S), ambas loberías en la costa sur del Perú. En el caso del lobo chusco, las frecuencias de ocurrencia de anchoveta utilizadas fueron registradas en muestras fecales obtenidas desde marzo de 1996 hasta diciembre de 1999, en las Islas Macabí (7°48'S) y Guañape (8°32'S) (zona norte) y Punta Coles en la zona sur.

Las relaciones entre la abundancia de los lobos marinos y las biomásas acústicas disponibles a partir de 1985, y las capturas de anchoveta entre 1984 y 1999, fueron analizadas gráficamente y mediante pruebas no paramétricas (correlaciones de

SPEARMAN). Los estimados de abundancia de lobos marinos fueron obtenidos de los informes publicados sobre los censos o conteos realizados en la costa peruana. Se han utilizado únicamente los conteos realizados durante la época de reproducción de ambos lobos marinos, lo cual coincide con la mayor cantidad de individuos en tierra. Los estimados de biomásas acústicas de anchoveta fueron proporcionados por la Dirección General de Investigaciones en Pesca (DGIP); y las capturas anuales de anchoveta, por el Área de Monitoreo de Anchoveta, DIRP, DGIH, IMARPE.

RESULTADOS

Los resultados de los estudios de dieta en los años 1996 a 1999 se muestran en las Tablas 1 y 2. Las tres especies más importantes en la dieta del lobo fino fueron la anchoveta (*Engraulis ringens*) el camotillo (*Normanichthys crockeri*) y los cefalópodos (pulpos, calamares, potas, etc).

En el caso del lobo chusco las presas más importantes fueron la anchoveta, la merluza (*Merluccius gayi*), el falso volador (*Prionotus stephanophrys*), cefalópodos y

Tabla 1.- Porcentajes de ocurrencia de las principales especies presas en la dieta de lobos finos entre 1997 y 1999.

Especies	Punta San Juan			Punta Coles			
	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999
	n=198	n=177	n=0	n=0	n=220	n=458	n=509
<i>Engraulis ringens</i>	84,8	49,7	--	--	75,9	63,3	85,7
<i>Normanichthys crockeri</i>	35,4	52,0	--	--	52,7	21,6	6,1
Cefalópodos	19,7	24,3	--	--	31,4	27,9	20,4
<i>Sphyrna</i> sp.	13,6	10,7	--	--	8,6	18,6	19,8
<i>Lampanictus parvicauda</i>	13,1	9,6	--	--	7,7	23,1	15,7
<i>Odontesthes regia regia</i>	11,1	1,1	--	--	20,5	3,1	2,2
<i>Scomberesox saurus</i>	10,1	8,5	--	--	23,6	11,4	10,2
<i>Prionotus stephanophrys</i>	6,1	16,9	--	--	1,8	4,6	0,2
<i>Trachurus symmetricus</i>	3,5	1,1	--	--	1,8	2,6	1,2
<i>Merluccius gayi peruanus</i>	3,0	17,5	--	--	3,2	10,9	1,0
<i>Aphos porosus</i>	1,0	1,1	--	--	0,9	2,2	0,6
<i>Pleuroncodes monodon</i>	0,5	4,0	--	--	0,5	3,9	0,2

Tabla 2.- Porcentajes de ocurrencia de las principales especies presas en la dieta de lobos chuscos entre 1996 y 2000.

Especies	Norte (Macabi, Guafape)			Punta Coles			
	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999
	n=23	n=420	n=93	n=404	n=226	n=473	n=571
<i>Normanichthys crockeri</i>	0,00	1,19	0,00	52,23	82,30	59,20	53,42
<i>Engraulis ringens</i>	56,52	13,10	44,09	47,03	71,24	52,85	68,13
<i>Pleuroncodes monodon</i>	0,00	2,62	1,08	37,62	53,98	47,36	62,17
Cefalópodos	0,00	32,14	31,18	42,82	43,36	45,03	41,33
<i>Merluccius gayi</i>	47,83	28,10	2,15	0,00	7,52	27,27	6,30
<i>Aphos porosus</i>	0,00	2,38	2,15	5,20	3,54	9,94	12,78
<i>Odontesthes regia regia</i>	8,70	0,00	0,00	13,61	7,96	1,48	7,18
<i>Vinciguerra</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,34	2,10
<i>Trachurus symmetricus</i>	0,00	0,00	0,00	3,71	0,44	5,71	3,68
<i>Prionotus stephanophrys</i>	30,43	57,38	56,99	0,00	2,65	5,71	5,08
<i>Sciaena deliciosa</i>	0,00	1,19	1,08	3,71	0,00	3,38	4,55
<i>Isacia conceptionis</i>	0,00	0,00	0,00	4,70	0,88	2,96	2,98
<i>Scomberesox saurus</i>	0,00	0,00	0,00	0,50	2,65	5,29	1,40
<i>Anchoa nasus</i>	17,39	24,76	2,15	0,00	0,44	4,23	2,28
<i>Cynoscion analis</i>	0,00	10,48	7,53	0,00	0,00	2,33	2,45

múnida (*Pleuroncodes monodon*) en la zona norte; y la anchoveta, el camotillo, cefalópodos y múnida en la costa sur.

Analizando los porcentajes mensuales de ocurrencia de anchoveta en los contenidos estomacales se halló que:

- a) los lobos finos, en la costa sur presentaron altos porcentajes de este pez en su dieta (70 a 100%), valores que disminuyen durante fuertes eventos ENSO (12 a 80% aprox.) (Fig. 2);

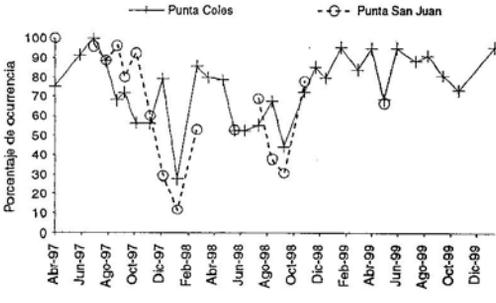


FIGURA 2. Porcentaje de ocurrencia de anchoveta en heces de lobos finos entre 1997 - 1999.

- b) en el caso del lobo chusco, los porcentajes de ocurrencia de anchoveta en la zona sur, fueron muy variables (10 a 100%), la cual no parece estar afectada por el ENSO 1997-98; lo contrario ocurre en la zona norte, donde se observa una drástica disminución de este porcentaje durante el ENSO, y su recuperación inmediata en el período post-ENSO (Figura 3).

Utilizando los estimados de biomasa acústica de anchoveta, se observan tendencias similares de una recuperación de las poblaciones de lobos marinos y las de anchoveta, entre 1984 y principios de los 90; altos niveles poblacionales entre

1993 y 1997; una drástica disminución durante 1997-1998; y una recuperación desfasada entre 1999 y el 2000 (Figura 4).

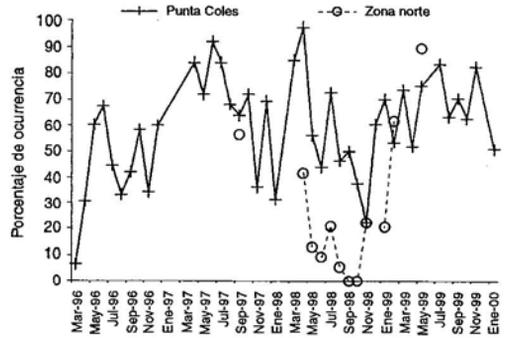


FIGURA 3. Porcentaje de ocurrencia de anchoveta en heces de lobos chuscos entre 1996 y 1999.

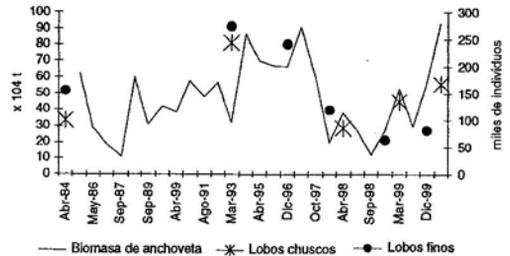


FIGURA 4. Biomasa acústica de anchoveta y abundancia de lobos marinos entre 1984 y 2000.

Resultados muy similares se obtienen al comparar las capturas de la pesquería de anchoveta y las poblaciones de lobos marinos (Figura 5). No se obtuvieron correlaciones significativas entre la abundancia de lobos finos y las biomasa acústica de anchoveta ($r_{\text{SPEARMAN}}=0,43$; $p>0,05$), ni con la abundancia de lobos chuscos a partir de 1984 ($r_{\text{SPEARMAN}}=0,26$; $p>0,05$). Tampoco se encontraron correlaciones entre los lobos finos y las capturas anuales de anchoveta

($r_{\text{SPEARMAN}}=0,14$ $p>0,05$) ni con los lobos chuscus ($r_{\text{SPEARMAN}}=0,6$; $p>0,05$) para el mismo período.

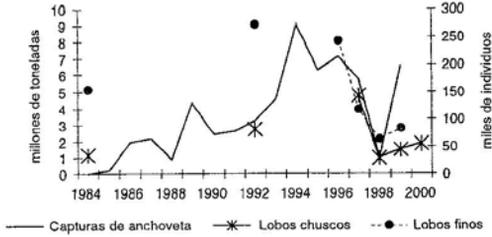


FIGURA 5. Capturas de anchoveta y abundancia de lobos marinos en la costa peruana entre 1984 y 1999.

DISCUSIÓN

VÁSQUEZ (1995) informa que la anchoveta y el jurel fueron las presas más importantes en la dieta de lobos marinos en Punta San Juan para el período 1986-1989. Diez años más tarde, nuestros resultados muestran que en la misma zona los lobos marinos continúan basando su dieta en la anchoveta, por lo que se debería encontrar algún tipo de relaciones entre las poblaciones de lobos y la abundancia de anchoveta.

Las diferencias en las fluctuaciones de la presencia de la anchoveta en la dieta de las dos especies de lobos marinos muestran sin embargo, un comportamiento más oportunista de los lobos chuscus, alimentándose de anchoveta cuando su disponibilidad y abundancia sea alta y viceversa. Los lobos finos presentan una dieta más especializada en consumir anchoveta, por lo que los cambios en la biomasa del pez deberían afectar más la abundancia de las poblaciones de estos lobos marinos.

La importancia de la predación de los lobos marinos sobre la anchoveta entre 1953 –

1982 fue estudiada en base a modelos de consumo y crecimiento de las poblaciones por MUCK Y FUENTES (1987). Este estudio mostró que la predación por parte de los lobos marinos sobre la anchoveta peruana sería mínima, comparada con la de aves guaneras y la pesca. A su vez, la población de lobos marinos pareció no estar afectada por la drástica disminución de la biomasa de anchoveta a principios de la década de los setenta.

Las últimas evaluaciones de lobos marinos muestran que se estarían presentando, a nivel de tendencias, relaciones directas entre la abundancia de lobos marinos y la biomasa de anchoveta a diferencia de lo hallado para el período 1952 a 1984. Se observa una fuerte correlación positiva entre la abundancia de anchoveta y el número de crías de lobos finos, afectada por la ocurrencia de abortos y mortalidad de hembras, durante períodos de poca abundancia de anchoveta ocasionados por eventos El Niño. Así, el análisis entre los números de crías de lobos finos y las biomásas de anchoveta entre 1984 y 1999 presentan una correlación altamente significativa ($r_{\text{SPEARMAN}}=0,943$; $p<0,01$) (Figura 6). Durante el período 1952 a 1984, la abundancia de lobos marinos estaba posiblemente mucho más influenciada por la explotación comercial de estas especies que por la oferta de alimento. Con el cese de la explotación comercial de lobos marinos en 1976, la disponibilidad de alimento se habría convertido en el factor limitante de las poblaciones de lobos marinos. Así, durante la ocurrencia del ENSO 1997-98 las poblaciones de lobos marinos en la costa peruana se redujeron en aproximadamente 60%, perdiéndose completamente las cohortes de 1997 y 1998. (ARIAS-SCHREIBER, no pub.; SOTO Y ARIAS-SCHREIBER 1999).

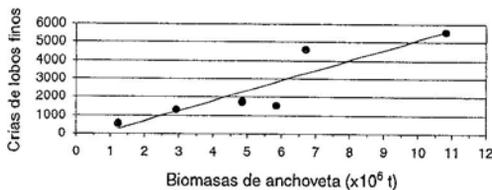


FIGURA 6. Número de crías de lobos finos vs. biomásas de anchoveta 1984-1999.

Las correlaciones no significativas entre la abundancia de lobos y las biomásas acústicas y las capturas anuales de la pesquería se deberían al desfase en las fluctuaciones originadas por relaciones de tipo predador-presa. Sin embargo, en todos los casos las tendencias fueron positivas.

REFERENCIAS

ARIAS-SCHREIBER, M. Y A. HALLIDAY. 1999. Effects of the 1997-98 El Niño on the abundance and distribution of South American fur seals in Peru.

Abstracts. 13th Biennial Conference of Marine Mammals. Maui, November-December 1999.

BONNER N. 1994. Seals and sea lions of the world. Blandford editors. London. 224 pp.

MAJLUF P. Y F. TRILLMICH. 1981. Distribution and abundance of sea lions *Otaria byronia* and fur seals *Arctocephalus australis* in Peru. *Saugetierkunde* 46(1981) 484-393

MUCK, P. Y H. FUENTES. 1987. Sea lion and fur seal predation on the Peruvian anchoveta 1953 to 1982. En: PAULY D. E I. TSUKAYAMA (eds.) The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. ICLARM studies and reviews 15. 351 pp. IMARPE, GTZ, ICLARM, Manila, Philippines.

SOTO, K. Y M. ARIAS-SCHREIBER. 1999. Effects of the 1997-98 El Niño on the reproductive behaviour of sea lions on Ballestas Islands, Ica, Peru. Abstracts. 13th Biennial Conference of Marine Mammals. Maui, November-December 1999.

VÁSQUEZ, P. 1995. Determinación de los hábitos alimentarios de *Arctocephalus australis* y *Otaria byronia* en Punta San Juan de Marcona, Ica, Perú. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

ZAVALAGA, C., R. PAREDES Y M. ARIAS-SCHREIBER. 1998. Dieta del lobo fino *Arctocephalus australis* y el lobo chusco *Otaria byronia* en la costa sur del Perú en febrero de 1998. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú* 79:3-16.

ESTIMADOS DE BIOMASA HIDROACÚSTICA DE LOS CUATRO PRINCIPALES RECURSOS PELÁGICOS EN EL MAR PERUANO DURANTE 1983 - 2000

MARIANO GUTIÉRREZ TORERO¹

RESUMEN

GUTIÉRREZ, M. 2000. Estimados de biomasa hidroacústica de los cuatro principales recursos pelágicos en el mar peruano durante 1983 - 2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 139-156.

Entre 1983 y 2000, el IMARPE ha llevado a cabo un total de 31 cruceros de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos (EHARP). Los primeros 13 (1983 y 1991) se basaron en la obtención de una constante de ecointegración específica para cada especie. A partir de 1992 se utilizaron las ecuaciones de TS-Longitud a fin de determinar la biomasa de recursos pelágicos. Se presenta la variación latitudinal de la biomasa de los cuatro recursos pelágicos de mayor importancia en el mar peruano: anchoveta (*Engraulis ringens*), sardina (*Sardinops sagax sagax*), jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus*) en cada uno de los cruceros, incluyendo la información estadística de cada uno.

PALABRAS CLAVE: Recursos pelágicos marinos, anchoveta, sardina, jurel, caballa, mar peruano, periodo 1983-2000.

ABSTRACT

GUTIÉRREZ, M. 2000. Hydroacoustical biomass estimates of the four main pelagic resources in Peruvian sea during 1983 - 2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 139-156.

IMARPE has carried out a total of 31 cruises on pelagic resources hydroacoustical evaluation between 1983 and 2000. The first 13 (1983 -1991) have been based on the use of a specific echointegration constant for every species. Since 1992, TS-Length relationships to determine biomass of pelagic species were used. This paper includes the latitudinal variation of biomass distribution of the four most important pelagic resources in Peruvian sea: Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), sardine (*Sardinops sagax sagax*), horse mackerel (*Trachurus murphyi*) and mackerel (*Scomber japonicus*) for each cruise, including the statistical information.

KEY WORDS: pelagic marine resources, Peruvian anchoveta, sardine, horse mackerel, mackerel, Peruvian sea, 1983-2000 period.

INTRODUCCIÓN

El Instituto del Mar del Perú (IMARPE), desde 1975, utiliza las técnicas hidroacústicas destinadas a determinar la distribución y abundancia de recursos pelágicos, entre los que destacan la anchoveta, la sardina, el jurel y la caballa. El método es aplicado

sistemáticamente desde 1983 y sus resultados, en lo que respecta a la biomasa o estimados de abundancia, han servido en la mayoría de los casos como referencia para establecer cuotas de captura.

En 17 años de aplicación continua, hasta el mes de febrero del 2000, se han realizado

1 Dirección General de Investigaciones en Pesca, IMARPE. mgutierrez@imarpe.gob.pe

31 cruceros de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos (EHARP), y además un número mayor de prospecciones acústicas de menor envergadura. De ellos, 22 han cubierto prácticamente la totalidad de la zona litoral marina hasta las 100 mn de la costa, en promedio. De los 31 cruceros, 13 se realizaron entre 1983 y 1991 utilizando una metodología implementada en IMARPE, gracias a los desarrollos de un proyecto entre FAO, NORAD² e IMARPE que implicaba la estimación de biomasa en base al cálculo de constantes de ecointegración como función indirecta de la Fuerza de Blanco (TS)³. Los restantes cruceros utilizaron las funciones TS-Longitud como medio de estimar la biomasa.

Entre 1983 y 1994 se llevó a cabo un crucero por año; a partir de 1996 se han realizado de 2 a 4 cruceros EHARP por año, coincidiendo con la ejecución de un programa de modernización del equipamiento acústico del IMARPE, a la par de una frecuente capacitación del personal a cargo de las evaluaciones.

Como técnica de evaluación, la hidroacústica ha alcanzado un grado mayor de sofisticación gracias al desarrollo de la electrónica digital y al empleo de Sistemas de Información Geográfica, algunos de los cuales han sido especialmente adaptados en IMARPE. Además, una nueva concepción estadística del diseño de muestreo implica la participación de varias embarcaciones en cada crucero, a la par de la ejecución intensiva de lances de comprobación de ecotrazos y para muestreo biológico.

El presente documento pretende ser un compendio de información sobre la

distribución y abundancia de los principales recursos pelágicos en el lapso antes mencionado. Se incluyen, por lo tanto, los estimados de biomasa y área de distribución latitudinal para cada una de las cuatro especies pelágicas mencionadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Entre 1983 y 2000 se han utilizado diversas embarcaciones científicas. Las coberturas geográficas han variado tanto en un sentido latitudinal como longitudinal, así como han sido llevados a cabo distintos regímenes de muestreo y equipamiento. La tabla 1 incluye detalles estadísticos e informaciones generales de cada crucero. Se describen a continuación, en forma somera, las dos métodos utilizados para la ejecución de los 31 EHARP.

Método utilizado entre 1983 y 1991: Determinación de constantes de ecointegración a través de la calibración directa del ecointegrador

Una descripción detallada de este método se encuentra en JOHANNESON Y VÍLCHEZ (1981). Este método implicó realizar calibraciones electrónicas, acústicas y con peces vivos. Esta última, con la finalidad de determinar C , o constante de ecointegración específica para cada especie, que es un valor matemático con el cual corregir las lecturas del ecointegrador. Se le obtenía a través de experimentos con peces vivos antes de la ejecución de cada crucero, a través de la siguiente ecuación:

$$C = 3,43 \frac{N. w. \Delta R}{V(Mo-Mc)} \quad (1),$$

2 NORAD: Norwegian Agency for the Development

3 TS, Target Strength: Fuerza de Blanco o medición de la capacidad reflectiva sonora, la cual se determina para cada especie bajo evaluación.

Tabla 1. Información general de los cruceros

N°	Código de Crucero	Fechas de Ejecución	Buques	Transectos	Longitud Transectos (mn)	Millas Rastreadas (mn)	Área Cubierta (mn²)	Lances Efectuados	Captura (kg)	Frecuencia Sonora (kHz)	Econoda Simrad	Ecointegrador Simrad	Constante de Ecointegración Anchoveta	Constante de Ecointegración Sardina	Constante de Ecointegración Jurel	Constante de Ecointegración Caballa
1	8303-05	17.03.83-31.03.83	Humboldt	78	100	6140	86772	86	93086	120	EK-120	QM-MKII	0.63	0.63	0.63	0.63
2	8309-12	10.10.83-12.12.83	Humboldt	56	80	4264	67200	54	42201	120	EK-120	QM-MKII	1.75	1.75	1.72	1.72
3	8406-09	05.07.84-21.09.84	Humboldt, SNP-1	101	120	9784	181800	152	56629	120	EK-120/EKS-120	QM-MKII/QM-MKII	1.2	1.2	2.6	1.7
4	8503-05	24.03.85-12.05.84	SNP-1	71	80	5238	66281	118	44596	120	EKS-120	QM-MKII	0.53	0.61	0.79	0.83
5	8604-05	13.04.86-18.05.86	SNP-1	30	150	4180	77000	93	15821	120	EKS-120	QM-MKII	0.49	0.52	0.5	0.51
6	8610-12	26.10.86-21.12.86	Humboldt, SNP-1	51	200	7224	94900	129	113513	120	EK-120/EKS-120	QM-MKII/QM-MKII	1.92	1.98	2.3	2.0
7	8708-09	26.08.87-28.09.87	Humboldt, SNP-1	73	120	8664	101019	128	103159	120	EK400/EKS-120	QM-MKII/QM-MKII	1.6	1.79	1.0	1.8
8	8805-07	16.05.88-10.07.88	Humboldt, SNP-1	73	120	7540	104758	142	84149	120	EK400/EKS-120	QM-MKII/QM-MKII	1.26	1.28	1.58	1.54
9	8907-09	11.07.89-27.08.89	Humboldt, SNP-1	75	120	8348	116519	138	42730	120	EK400/EKS-120	QM-MKII/QM-MKII	1.94	1.65	2.7	2.0
10	8911-12	16.11.89-09.12.89	SNP-1	32	120	3408	41756	68	14512	120	EKS-120	QM-MKII	1.4	1.46	1.43	1.5
11	9002-04	25.02.90-24.04.90	Humboldt, SNP-1, Nansen	146	200	12308	180889	125	47125	120	EK400/EKS-120/EK400	QM-MKII/QM-MKII	1.4	1.17	2.7	3.0
12	9011-9101	30.11.90-30.12.90	Humboldt, SNP-1	70	100	6928	95782	132	21417	120	EK400/EKS-120	QM-MKII/QM-MKII	0.99	1.4	1.5	2.1
13	9106-08	06.06.91-29.07.91	SNP-1	72	100	7410	102430	154	9403	120	EKS-120	QM-MKII	1.3	1.4	1.1	1.1
14	9201-03	22.01.92-28.02.92	SNP-1	69	* 30	5384	74653	107	11814	38	EK-38	QM-MKII	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
15	9301-03	30.01.93-28.03.93	SNP-1	114	* 40	7776	97941	80	3903	38	EK-38	QM-MKII	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
16	9401-03	10.01.94-02.03.94	SNP-1	114	* 40	7824	105472	96	13176	38	EK-38	QM-MKII	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
17	9502-04	16.02.95-02.04.95	SNP-1	142	60	6350	60000	130	136308	38	EK-38	QM-MKII	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
18	9602-04	10.02.96-02.04.96	SNP-1	75	100	7357	95000	133	39659	38	EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
19	9611-12	12.11.96-22.12.96	SNP-1	56	100	5600	98000	90	173211	38	EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
20	9704	04.04.97-21.04.97	Humboldt	28	80-90	2800	45000	55	180504	38	EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
21	9709-10	04.09.97-07.10.97	Humboldt, Huamanga*	78	80	4668	93600	115	240625	38	EY500/EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
22	9711	12.11.97-19.11.97	Humboldt*	22	30	9170	9800	24	5731	38	EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
23	9803-05	27.03.98-01.05.98	Humboldt*	96	50	5070	72000	391	19402	120	EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
24	9805-06	26.05.98-24.06.98	Olaya*	71	70	3338	74500	135	18817	120	EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
25	9808-09	18.09.98-17.09.98	Humboldt, Olaya*	77	80	7489	92400	352	183579	120	EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
26	9811-12	30.11.98-21.12.98	Olaya*	68	50	3235	51000	188	3261	120	EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
27	9902-03	10.02.99-01.04.99	Olaya*	75	100	6696	112500	336	601113	120	EY500	EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
28	9906	14.05.99-28.06.99	Humboldt, Olaya*	32	100	4069	48000	166	105983	120	EY500/EY500	EY500/EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
29	9908-09	27.09.99-25.10.99	Olaya, Shikay Maru*	26	200	5202	78000	60	43000	120	EY500/EY500	EY500/EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
30	9911-12	23.11.99-15.12.99	Olaya, SNP-2*	43	100	5202	64500	224	50870	120	EY500/EY500	EY500/EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9
31	0001-02	17.01.00-29.02.99	Olaya, SNP-2*	77	120	8801	115500	447	65602	120	EY500/EY500	EY500/EY500	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9	20 Log L-71.9

Total *Se utilizó como apoyo al menos una de las lanchas pesqueras del IMARPE para la ejecución de lances para muestreo biológico en aguas someras.
 1.- se usaron también otras
 2.- no se evaluó por ausencia del recurso
 3.- se usó la de caballa a 120

donde:

- N es el número de especímenes que intervienen en el experimento,
 w es el peso promedio de éstos,
 ΔR es el grosor de la capa ecointegrada dentro de la jaula y
 V es el volumen de la misma.
 M_0 son las deflexiones promedio del ecointegrador y
 M_c las deflexiones medias de dicho equipo para la jaula vacía.

Los estimados de biomasa por este método eran obtenidos latitudinalmente, contorneando la distribución de acuerdo a los valores ecointegrados para cada especie. Entonces, la biomasa se obtenía a través de la siguiente ecuación:

$$W_B = C \cdot \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{j_4} A_j \cdot M_i \right) \quad (2),$$

donde:

- W_B es la biomasa total estratificada,
 n el número de grados de latitud cubiertos por la evaluación,
 j es el número de estratos que solían ser utilizados (4) de acuerdo a la magnitud del valor ecointegrado.
 A_j y M_j son el área y el promedio ecointegrado para el j -ésimo estrato.

Método aplicado desde 1992: Determinación de la sección transversal de retrodispersión en base al conocimiento de las relaciones TS-Longitud para la determinación de la biomasa de peces

Esta metodología está descrita en detalle en MACLENNAN Y SIMMONDS (1992). Cada especie de pez posee una cierta capacidad reflectiva; inclusive para una misma especie se observan variaciones en la relación TS-Longitud en función de la edad, sexo y factor de condición. Las

ecuaciones TS-Longitud, de acuerdo a FOOTE (1987) tienen la siguiente forma:

$$TS = 20 \log L - b_{20} \quad (3)$$

donde:

- L es la longitud, y
 b_{20} es una constante dependiente de la capacidad reflectiva del blanco.

Sin embargo, a pesar de las diferencias de TS que pueden existir para una misma especie, se pueden establecer ecuaciones estándar con las cuales determinar la Sección Transversal de Retrodispersión (STRD), la cual es un valor que expresa matemáticamente el tamaño ocupado por un solo espécimen.

Con la aparición de las ecosondas y ecointegradores digitales, la metodología de calibración más útil es la que se realiza con esferas, que es la única figura geométrica que dispersa el sonido incidente sobre ella en todas direcciones con igual fuerza. Las metodologías de ecointegración moderna se basan, entonces, en la medición ya sea de áreas o de volúmenes retrodispersados tales como s_A que es el valor del Coeficiente Náutico del Área de Retrodispersión, arrojado por los ecointegradores Simrad. En este caso, la biomasa para cada intervalo de muestreo viene a estar dada por la ecuación:

$$W = \frac{s_A \cdot w}{4\pi \cdot 10^{TS/10}} \quad (4),$$

donde:

- W es la biomasa para un solo intervalo de muestreo
 w es el peso en gramos de un espécimen de longitud L , que es el que hipotéticamente provocó la ecointegración s_A .

La biomasa latitudinal, entre 1992 y 2000 ha sido calculada a través de una estratificación por áreas isoparalitorales, utilizando una carta digital y un Sistema de Información Geográfica (Mapinfo 4.0) (GUTIÉRREZ Y PERALTILLA 1999).

Determinación de áreas

Las bitácoras acústicas de cada crucero han sido archivadas en formato de hoja de cálculo. Dichos archivos han sido procesados utilizando un Software de interpolación (Surfer 6.04), de manera de obtener el área de distribución latitudinal para cada especie (GUTIÉRREZ 1997).

RESULTADOS

Los resultados mostrados en este documento corresponden al procesamiento de datos efectuado a lo largo del tiempo por la Dirección de Tecnología de Detección (DITED), de la Dirección General de Investigaciones en Pesca (DGIP) del IMARPE.

Las tablas 2 y 3 muestran la biomasa y áreas latitudinales de distribución de anchoveta; las tablas 5, 6 y 7 las de sardina; las tablas 8, 9 y 10 las de jurel; y las tablas 11, 12 y 13 muestran las de caballa.

DISCUSIÓN

El propósito de este documento es mostrar los resultados más importantes, obtenidos de aplicar las metodologías de evaluación hidroacústica al estudio de los principales recursos pelágicos del mar peruano. No se presenta esta data a manera de realizar un análisis de la precisión o efectividad del método, sino a fin de hacer disponible una información que podría ser útil en diversas aplicaciones, o para otras áreas de investigación de recursos pelágicos.

Debe mencionarse que ahora se acepta, internacionalmente, que el mayor grado de sofisticación que ha alcanzado la hidroacústica y las herramientas de procesamiento de datos otorgan un mayor grado de confiabilidad a esta técnica (MACLENNAN Y HOLLIDAY 1998). El nivel de precisión del método no pretende ser puesto en discusión, de otra forma que no sea como un indicador de la fluctuación de la abundancia en el lapso comprendido entre 1983 y 2000.

Respecto a este punto, sin ahondar en los aspectos estadísticos de las evaluaciones realizadas, ÑIQUEÑ Y GUTIÉRREZ (1998) y GUTIÉRREZ *et al.* (1999) han mostrado que existe una adecuada correlación entre la actividad pesquera y los estimados de biomasa 1983-2000. La variación en la distribución ha sido también explicada y encontrada coherente en función a los eventos oceanográficos fríos y cálidos desarrollados en ese período.

REFERENCIAS

- FOOTE, K.G. 1987. Fish Target Strength for use in echo-integrator surveys. *Journal of The Acoustical Society of America* 82:981-987.
- GUTIÉRREZ, M. 1997. Aplicación de software de interpolación en las evaluaciones hidroacústicas de la biomasa y distribución de recursos pelágicos. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú* 67:21-30.
- GUTIÉRREZ, M., S. PERALTILLA. 1999. Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y de la carta electrónica isoparalitoral en las evaluaciones hidroacústicas de la biomasa de recursos pesqueros en el litoral peruano. *Inf. Inst. Mar Perú* 146:25-29.
- GUTIÉRREZ, M., N. HERRERA y D. MARÍN. 1999. Distribución y abundancia de anchoveta y otras especies pelágicas entre los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98. *Bol. Inst. Mar Perú* 18(1-2):77-88.
- JOHANNESSON, K. y R. VILCHEZ. 1981. Application and some results of echo-integration methods in monitoring Peruvian anchovy resources. FAO-NORAD-IMARPE (mimeo).
- MACLENNAN, D., y J. SIMMONDS. 1992. *Fisheries Acoustics*. London, Chapman and Hall Eds. 325 pp.

Tabla 2. Biomasa de anchoveta (t) según cruceros y grados de latitud sur (3°-19°S).

Crucero	Latitud	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL
8303-05		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8309-12		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8406-09		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8503-05	848	21792	110196	483947	356850	514528	900143	640379	1017502	367218	1039099	343013	178032	126626	103596	15543	6219312	2856575
8604-05	86013	274566	83445	234377	149119	723318	578614	577059	134539	15525								
8610-12		0	0	0	0	0	22790	317380	263740	183680	300950	72330	436820	110930	119070	119070	45800	1873490
8708-09		0	0	0	0	0	35889	649856	40530	0	4978	8990	71842	149006	52480	1051980	52480	1051980
8805-07		0	0	0	279700	302300	1089360	723630	789960	72390	347560	168720	910560	1109420	175180	15530	8790	5993720
8907-09		0	0	0	0	0	9334	0	210540	262610	1038900	1208770	117600	22100	13120	29000	149480	3061454
8911-12		0	0	15400	484720	611470	413530	167580	161100	603538	717595	57968	21202	0	175410	2410	9460	3829360
9002-04		0	0	0	48180	232210	2025400	115420	207320	588700	439340	208380	478960	748180	637500	23240	0	5752830
9011-9101		0	499	30599	487952	1787389	122284	193109	260431	108865	304502	597226	239293	243473	267285	95904	195179	4933990
9106-08		0	0	44069	71519	154224	28333	64273	1206320	1645642	365650	850057	521610	257535	394248	80703	7564	5691747
9201-03		0	0	0	110971	201357	395758	124814	222091	743910	81930	347019	35367	44274	489897	242086	161896	3201370
9301-03		0	0	132856	151131	462874	235755	225331	986159	925708	826043	1432229	453395	2113493	579218	26422	138976	8700590
9502-04	0	148195	99996	921882	363770	179856	118230	31991	23485	246564	400673	351009	1466955	1656271	820247	191381	7020505	
9602-04	0	0	411390	213025	382160	940700	1818711	1164107	699420	1384669	131356	40111	105118	253183	176520	218675	6662945	
9611-12	0	200372	1157032	1461523	1047660	417713	327741	994860	357427	106482	17682	106465	265310	205406				6590363
9704	40107	86551	999179	1291904	1556706	646578	458199	505187	1005952									6590363
9709-10	0	0	251994	111014	732184	477666	519201	895077	612317	698393	641235	40336	116684	678322	28234	38756	5841413	2007789
9711					183967	334319	938864	475824	67815									
9803-05	0	0	0	0	0	339	120569	842	23454	191189	249120	145625	1037904	708031	490898	443434	372586	3783991
9805-06	0	0	0	0	0	0	56067	30154	6092	50824	226283	933928	34770	454	10723	15814	1291209	2656318
9808-09	0	0	0	0	30775	0	22443	7142	491946	33477	94112	159551	88482	214070	42786	19592	8936	1213312
9811-12	0	0	0	0	173238	2799	16384	24528	79444	193198	51354	635965	822590	178787	347165	174653		2700205
9902-03	0	0	36190	95441	769616	906468	467580	820573	1041600	292215	339381	269931	73060	60521	30824	86912	5290292	2913089
9906	40204	792740	539227	114243	278033	136560	404039	98548	334239	175256								4938417
9908-09	0	0	316026	282225	1726821	434433	931578	36756,4	203411	913816	93350							5614310
9911-12	1	78903	875417	590178	830592	405424	485696	1144560	534954	294601	273985							152131
0001-02	9076	78349	151774	578655	2134809	2027410	1496317	315651	373925	904622	304490	682913	50788	152828	20218	157513	9439340	4142035
Promedio	(t)	4797	25614	80442	292097	522363	527861	387376	385431	418005	400775	412925	279166	344489	299971	132876	152131	4142035
Promedio	(%)	0,12	0,62	1,94	7,05	12,61	12,74	9,35	9,31	10,09	9,68	9,97	6,74	8,32	7,24	3,21	3,67	100,00

Tabla 4. Densidad de anchoveta (t/mm²) según cruceros y grados de latitud sur (3°-19°S).

Crucero	Latitud	03 - 04	04 - 05	05 - 06	06 - 07	07 - 08	08 - 09	09 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	TOTAL	
8303-05		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8309-12																			
8406-09		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8503-05	53	48	95	207	143	152	255	224	300	112	317	164	196	91	45	17	184	83	136
8604-05	74	71	44	102	29	88	115	172	46	31									
8610-12																			
8708-09	0	0	0	0	0	0	98	44	234	138	107	154	53	274	99	84	55	136	141
8805-07	0	0	0	0	162	79	317	183	225	105	249	115	344	690	215	57	45	235	235
8907-09	0	0	0	0	0	0	19	0	376	264	320	297	75	48	26	41	214	231	231
8911-12																			
9002-04	0	0	0	69	869	1019	744	200	375	285	641	348	368	0	213	10	34	445	445
9011-9101	0	0	0	0	48	108	647	76	120	249	162	169	207	444	259	44	0	252	252
9106-08	0	14	44	453	1458	164	265	259	122	263	472	108	124	179	137	338	313	303	313
9201-03	0	0	0	46	64	124	29	68	1206	1025	229	842	324	128	157	39	33	303	303
9301-03	0	0	0	0	85	82	308	201	961	765	52	194	72	37	527	371	653	233	233
9401-03	0	0	0	148	62	283	122	143	422	276	525	575	428	692	140	14	0	307	307
9502-04	0	233	1190	343	465	191	114	50	21	152	243	241	965	620	0	0	417	417	417
9602-04	0	0	0	541	269	164	312	562	431	251	81	106	28	111	103	98	303	257	257
9611-12	0	0	316	82	424	2332	1358	1776	486	295	860	79	104	21	44	56	93	175	175
9709-10																			
9711																			
9803-05	0	0	0	0	0	0	4	135	12	83	327	465	217	1118	1588	781	596	1743	622
9805-06	0	0	0	0	0	0	0	155	77	67	151	120	576	40	6	23	48	5880	399
9808-09																			
9811-12	0	0	0	0	48	0	31	48	501	59	114	85	89	160	108	67	95	137	137
9902-03	0	0	0	0	293	16	85	46	100	216	64	674	633	225	448	250	44	318	318
9906																			
9909-09	0	0	0	47	176	131	36	140	67	190	60	163	83						
9911-12																			
0001-02	65	135	195	162	333	313	286	123	130	224	104	211	38	71	21	375	216	216	216
Promedio	(t/mm ²)	9	35	140	182	365	254	245	294	261	236	249	197	268	195	101	487	3520	3520
Promedio	(%)	0,26	1,01	3,98	5,17	10,38	7,22	6,95	8,36	7,42	6,70	7,09	5,59	7,62	5,55	2,88	13,83	100	100

Tabla 5. Biomasa de sardina (t) según cruceros y grados de latitud sur (3°-19°S).

Crucero	Latitud	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL		
8303-05	0	0	0	1708	12478	250636	77674	216628	610974	297577	154395	165747	255007	890386	1049829	518525	306503	4806066		
8309-12							0	185815	567094	1365927	1111974	551163	755565	64347	101441	112723	12506	4828554		
8406-09	0	4973	186437	154310	2559	163535	451065	305898	596236	222680	486429	157564	190343	536646	336205	83377	3878257			
8503-05	13705	5768	65434	255939	361998	208504	68224	144793	390576	221939	31771	102716	29791	136573	54423	14792	2106946			
8604-05	39499	247713	446043	578416	340720	520209	91205	29918	3119	61350							2358132			
8610-12							12740	40460	39530	26300	184020	18480	13870	118610	211520	45100	710630			
8708-09	0	74867	510741	270389	412695	160989	100366	185338	187285	106014	274245	81742	290416	172106	386640	590365	3804198			
8805-07	0	103780	286490	98450	197530	817410	596420	467560	485090	183430	146680	161400	917160	68740	7610	820	4538570			
8907-09	850	27390	9710	88370	60200	349730	195770	42220	170740	529030	1813880	252200	39580	29990	31900	38870	3880430			
8911-12							0	662233	372384	539158	1533882	873546	542225					4819401		
9002-04	0	0	1546130	107850	722460	275530	462210	163800	57250	325580	548320	6880	497740	53630	6010	3800	5748290			
9011-9101	0	0	0	0	38160	52650	186860	86210	153150	99070	248530	1311780	363780	182840	1113980	283250	4090	4124150		
9106-08	0	1126	5694	50271	198979	62472	230116	226130	660729	737016	495411	100338	418429	621300	356526	753	4165290			
9201-03	0	0	0	0	36517	70920	49234	230625	216638	195119	261399	142490	768	35794	231452	127216	0	1598172		
9301-03	0	0	0	0	35132	136601	482370	8399	307212	23566	68695	10430	20748	5655	6126	0	0	1104934		
9401-03	0	0	140041	176380	676377	220070	160406	2908	17336	185666	874	0	0	0	0	4680	2698	1393020		
9502-04	0	145630	436052	538198	1066048	880575	85226	150739	17336	185666	874	0	0	0	0	0	0	3506344		
9602-04	0	14901	341605	840629	729544	252770	107300	126757	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2413506		
9611-12	0	0	0	0	70643	12874	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83517		
9704	34346	94827	0	80209	11846	40050	59519	331062	477051	22408	80696	0	0	0	0	0	0	2477396		
9709-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1102841		
9711							0	64021	20719	61649	256							146645		
9803-05	0	0	0	0	0	0	585933	55635	42496	365249	378728	17957	466555	14210	44916	206519	0	2158198		
9805-06	0	0	0	0	3869	74792	1054850	529946	0	11469	257988	130939	0	0	0	0	0	2063853		
9808-09	0	437178	55392	6912	17177	61050	1931	33906	40883	20379	0	0	0	0	0	674808	0	0		
9811-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9902-03	0	387	767	12996	24773	5006	6826	16072	7664	3536	5517	1485	0	6914	26951	17115	136009	95238		
9906							217	10230	590	0	32606	25561	22374	0	3660	0	0	5233	5233	
9908-09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9911-12							4916	167	332	0	212232	0	15023	42984	2243	0	0	277897	5238	
0001-02	1809	415	876	2679	4557	34841	5224	0	0	1002	238	1495								
Promedio (t)		2536	28752	168945	175895	224391	279721	148487	163237	180040	232896	260153	122804	149598	186620	116030	50945	2293551	95238	
Promedio (%)		0,11	1,25	7,37	7,67	9,78	12,20	6,47	7,12	7,85	10,15	11,34	5,35	6,52	8,14	5,06	2,22	100	95238	

Tabla 6. Áreas de distribución de sardina (mm²) según cruceros y grados de latitud sur (3°-19°S).

Crucero	Latitud	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL
8303-05		0	0	178	502	2011	1325	3874	2790	2061	3174	3072	2082	4168	5171	6788	2406	39602
8309-12							0	2241	1340	1040	818	885	2296	1451	1041	2292	1320	14724
8406-09		0	64	661	800	319	2506	5151	3978	4665	4475	4078	1941	2529	6255	4382	1090	42894
8503-05		189	347	1162	1633	1392	866	701	1140	2115	2263	2512	1788	574	1886	1377	773	20718
8604-05		833	4824	4010	4840	5298	4794	1052	832	208	2088							28779
8610-12								519	1529	1087	453	2407	352	451	2982	3920	1250	14950
8708-09		0	434	2915	2802	2665	2131	3641	3945	2279	1072	1288	1138	2567	3933	4481	1101	36392
8805-07		0	736	2897	2470	3278	2170	3725	3810	2569	1052	796	708	1524	572	298	16	26621
8907-09		54	636	628	1862	1594	3038	3314	1642	2530	2378	4746	2368	2656	1580	1996	876	31898
8911-12						0	942	2080	1638	1614	2540	1620	1716					12150
9002-04		0	0	2532	2744	3128	1702	3730	1170	836	1742	2126	130	1984	1514	166	182	23686
9011-9101		0	0	0	698	1008	1960	2084	2804	2132	3264	5181	4566	3160	5341	2320	103	34621
9106-08		0	36	274	140	2250	1906	1626	1984	4286	4194	3894	2364	5784	6496	4892	34	40260
9201-03		0	0	0	713	1614	1115	3297	1630	1044	4448	1783	0	808	2235	3404	0	22091
9301-03		0	0	0	1724	2754	1284	423	3476	977	3248	946	1076	419	530	0	0	16857
9401-03		0	0	1128	1801	3665	957	1047	102	0	0	160	0	0	0	0	110	8970
9502-04		0	597	1010	1223	2428	1594	900	984	445	1600	109	0	0	0	0	0	10890
9602-04		0	231	1788	3602	2384	1307	648	365	0	0	0	0	0	0	0	0	10325
9611-12		0	287	171	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	528
9704			73	38	0	2100	1884	903	2370	726								8094
9709-10		0	0	78	140	222	374	387	1510	311	215	3	0	0	0	0	0	3238
9711						0	909	202	550	89								1749
9803-05		0	0	0	0	0	677	344	131	410	321	502	783	293	418	184	0	4063
9805-06		0	0	0	106	258	1591	2740	0	95	1552	544	0	0	0	0	0	6886
9808-09				0	482	842	656	868	182	0	299	375	237	0	0	0	0	3941
9811-12					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9902-03		0	144	143	566	433	1071	610	353	795	597	846	229	0	535	170	133	6624
9906				124	646	165	0	148	311	91	0	101	0					1586
9908-09		0	0	0	0	0	0	0	0	0	548	0						548
9911-12					32	14	42	0	134	0	747	236	105	0				1311
0001-02		165	153	206	132	417	512	143	0	0	139	26	378	0	0	0	0	2270
Promedio (mm ²)		56	372	798	1101	1388	1244	1497	1313	1045	1491	1366	898	1135	1687	1532	408	15833
Promedio (%)		0,36	2,35	5,04	6,95	8,76	7,86	9,45	8,29	6,60	9,41	8,62	5,67	7,17	10,66	9,68	2,68	100

Tabla 7. Densidad de sardina (l/mm^3) según cruceros y grados de latitud sur (3° - 19° S).

Crucero	Latitud	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL
8303-05		0	0	10	25	125	59	56	219	144	49	54	122	214	203	76	127	121
8309-12							0	83	423	1313	1359	623	329	44	97	49	9	328
8406-09		0	78	282	193	8	65	88	77	128	50	119	81	75	86	77	76	90
8503-05		73	17	56	157	260	241	97	127	185	98	13	57	52	72	40	19	102
8604-05		47	51	111	120	64	109	87	36	15	29							82
8610-12								25	26	36	58	76	53	31	40	54	36	48
8709-09		0	173	175	96	155	76	28	47	82	99	213	72	113	44	86	536	105
8805-07		0	141	99	40	60	377	160	123	189	174	184	228	602	120	26	51	170
8907-09		16	43	15	47	38	115	59	26	67	222	382	107	15	19	16	44	115
8911-12						0	703	142	227	334	604	539	316					397
9002-04		0	0	611	393	231	162	124	140	68	187	258	53	251	35	36	21	243
9011-9101		0	0	0	55	52	95	41	55	46	76	253	80	58	209	122	40	119
9106-08		0	31	21	359	88	33	142	114	154	176	127	42	72	96	71	22	103
9201-03		0	0	0	51	44	44	70	133	187	59	80	0	44	104	37	0	72
9301-03		0	0	0	20	50	376	20	88	24	21	11	19	13	12	0	0	66
9401-03		0	0	124	98	185	230	153	29	0	0	33	0	0	0	0	25	155
9502-04		0	244	432	440	439	552	95	153	39	116	8	0	0	0	0	0	322
9602-04		0	65	191	233	306	193	166	347	0	0	0	0	0	0	0	0	234
9611-12		0	0	413	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158
9704		0	470	2495	0	489	653	21	21	30								306
9709-10		0	0	1032	85	181	159	856	316	72	376	0	0	0	0	0	0	341
9711						0	70	103	112	3								84
9803-05		0	0	0	0	0	836	162	324	890	1178	36	596	49	107	1124	0	531
9805-06		0	0	0	37	290	663	193	0	121	166	241	0	0	0	0	0	300
9808-09		0	0	0	907	66	11	20	335	0	113	109	86	0	0	0	0	171
9811-12						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9902-03		0	3	5	23	57	5	11	46	10	6	7	6	0	13	159	129	21
9906				2	16	4	0	220	82	246	0	36	0					60
9908-09		0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0						10
9911-12						155	12	8	0	1584	0	20	182	21	0	0	0	212
0001-02		11	3	4	20	11	68	37	0	0	7	9	4	0	0	0	0	23
Promedio	(l/mm^3)	6	55	243	139	111	197	105	168	141	181	128	84	65	52	82	49	1808
Promedio	(%)	0,34	3,04	13,45	7,69	6,13	10,88	5,81	9,29	7,82	10,02	7,10	4,65	3,61	2,89	4,55	2,73	100

Tabla 8. Biomasa de jurel (t) según crueros y grados de latitud sur (3°-19°S).

Cruero	Latitud	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL
8303-05	0	0	0	39343	1365769	668634	539563	961097	1281463	764381	187995	283438	474325	1055662	347067	318144	225593	8512674
8309-12							0	1309766	648273	194984	342825	686576	939374	295266	232159	472677	24284	5146184
8406-09	18652	50370	357016	92160	40024	259251	166335	146175	390794	219027	234770	377278	353382	1179516	828248	288915	5001913	
8503-05	7577	3748	34704	718	17703	24196	460	0	44929	2370	2244	26795	1873	7988	4631	423	180259	
8604-05	26009	152530	136865	315580	283484	1128666	783108	933282	259950	310400					4329874			
8610-12							68450	202890	227450	115230	419240	193740	306990	416380	478310	281600	2710220	
8708-09	0	6349	654711	1333471	1314820	418727	273874	253374	160434	188502	210158	227256	271515	502654	490291	165819	6471955	
8805-07	0	122820	503760	168280	145060	55100	86660	69380	194190	265250	88790	314590	422180	59660	81120	234750	2811590	
8907-09	33300	124820	433230	205470	292220	244820	299700	90810	128860	402220	1386340	206070	202890	162660	74090	15430	4302930	
8911-12							0	213399	225151	286972	301055	939167	1418042	981378			4365164	
9002-04	0	3010	2725520	1172980	736880	55090	151830	39480	11440	81650	484560	39520	386000	68230	11490	4030	5971710	
9011-9101	0	0	61750	32910	11770	14800	46090	214090	136650	748010	1669730	629250	411590	1123900	715670	99140	5915250	
9106-08	396	937	1400	31015	334091	79932	168319	132028	335811	580327	347660	133733	95609	1174203	1271289	10742	5597492	
9201-03	0	0	0	0	0	1416	0	1416	0	79877	633984	83111	0	842441	742832	573917	0	2957578
9301-03	0	0	0	4730	72969	575225	3191022	1589871	963692	816741	329985	215364	124318	92048	270683	222009	2439	8471096
9401-03	1132689	639801	810497	583568	1481630	38346	397916	0	0	84238	387687	112834	430698	114310	144056	55337	6413607	
9502-04	289018	144789	409506	290770	414714	752069	6316	174467	0	21928	58326	0	0	52141	559313	77950	3251207	
9602-04	11579	287626	215656	148806	80925	69495	1077407	211344	118734	187990	50731	67546	5009	22904	474115	50882	3080748	
9611-12	0	0	0	1516721	198842	0	54170	143799	0	409402	68122	50498	654811	266950	6189	6362	3375866	
9704	0	0	0	73150	275118	51435	267626	172581	272669	132012							1244591	
9709-10	0	0	0	19787	0	0	594073	466698	149633	464654	87674	59129	29670	20968	0	0	1892286	
9711							0	10273	3422	15823	0						29518	
9803-05	9832	1813	14620	9763	371	977	0	0	206	0	0	0	0	0	31760	37037	857	107236
9805-06		0	15121	29886	0	5255	0	0	0	0	0	0	0	0	1636	8783	0	60681
9808-09		0	0	0	0	0	0	482	0	4972	0	0	37	11385	1032	0	17858	
9811-12		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9902-03	0	0	317	830	19771	0	8892	773	25606	2212	0	0	0	0	30799	5038	0	94238
9906		0	0	14751	10868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25619			
9908-09		0	0	0	0	0	45624	0	11561	19231	11445				87861			
9911-12							36664	45603	0	34527	166	0	204908	27904	148011	163931		
0001-02	28785	37904	3972	592	66272	66857	10964	8892	41759	116942	125090	69690	9130	54767	43165	35989	720770	
Promedio	(t)	74183	71660	306124	228850	235013	262013	272860	198059	160733	220615	237088	190588	276879	286437	284188	68715	3102964
Promedio	(%)	2,39	2,31	9,87	7,38	7,57	8,44	8,79	6,38	5,18	7,11	9,57	6,14	8,92	9,23	9,16	2,21	100

Tabla 9. Áreas de distribución de jurel (mm²) según cruceros y grados de latitud sur 13°-19°S).

Crucero	Latitud	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL
8303-05		0	0	542	2135	3499	4367	4397	5152	4565	3873	3021	3764	5276	5407	6866	2111	54975
8309-12							0	2745	1921	1033	2278	2170	3017	3986	4235	4888	2095	28368
8406-09		280	847	2202	3138	1371	2685	4867	2075	3798	5461	3713	1980	4460	6909	5481	1655	50922
8503-05		115	271	882	32	385	308	55	0	771	82	317	1027	32	115	98	102	4592
8604-05		418	1208	2040	5368	7044	8708	7670	7404	5950	5670							51480
8610-12								2849	5904	4188	4015	6607	5682	9688	10959	13422	4852	68166
8708-09		0	165	2003	4709	5369	5041	4645	4124	3740	3430	2264	4282	5854	8673	10920	1699	66898
8805-07		0	1375	5295	2638	3865	3057	4005	2952	4324	3244	2770	4470	4868	4774	4032	1032	52701
8907-09		446	2400	4852	5126	5958	6690	5498	3662	3384	4644	6164	3396	6232	6468	5392	1258	71470
8911-12		0	0	0	0	0	2868	2982	1675	3166	3613	3613	3018	126				21061
9002-04		0	704	3074	3520	9460	3338	6412	2440	1130	2508	3022	1050	3508	2184	900	272	43522
9011-9101		0	0	1294	2384	993	1197	2239	3982	3374	4442	4649	5092	5479	7504	7209	1275	51113
9106-08		111	358	293	1992	3376	3742	2988	3910	4014	3782	4822	3235	6068	7629	7158	270	53748
9201-03		0	0	0	0	27	19	491	0	491	3397	1137	43	1393	1744	3117	34	11893
9301-03		0	0	0	888	2041	3128	2207	2742	2346	3043	1582	2160	1675	2222	1005	134	25173
9401-03		157	794	1262	2119	4471	509	1848	96	0	945	1266	0	1619	1007	1150	187	17430
9502-04		555	1125	1470	750	1668	2471	175	1207	0	453	520	0	0	600	83	0	11077
9602-04		49	637	1527	375	783	713	2669	1067	1443	476	762	945	171	1893	2711	412	16633
9611-12		0	767	4054	1875	0	0	514	2424	116	2784	981	1747	4093	1483	75	80	20993
9704		0	0	0	1050	1751	2225	2762	1229	3564	2431							15012
9709-10		0	0	34	0	0	375	435	1009	913	253	219	104	110	0	0	0	3450
9711								558	117	304	0							979
9803-05		233	320	668	344	66	300	0	0	91	0	0	0	0	810	847	111	3789
9805-06		0	0	0	0	0	1896	0	0	0	0	0	0	0	0	1027	0	2923
9808-09								0	121	0	103	0	0	113	1378	148	0	1863
9811-12		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9902-03		0	0	840	583	1438	0	333	366	860	402	0	0	0	606	709	0	6136
9906								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	968
9908-09		0	0	0	0	0	855	0	0	1079	1443	1008						4385
9911-12								596	22	0	1009	700	1151	238				7001
0001-02		238	640	394	78	1282	1291	1339	348	1491	2225	1558	2665	1279	3316	2133	565	20841
Promedio (mm ²)		118	505	1259	1466	1971	1875	2092	1811	1801	2200	1888	1808	2549	3330	3307	789	25624
Promedio (%)		0,46	1,97	4,91	5,72	7,69	7,32	8,16	7,07	7,03	8,59	7,37	7,05	9,95	12,99	12,91	3,08	100

Tabla 10. Densidad de jurel (l/mm^2) según cruceros y grados de latitud sur (3° - 19° S).

Crucero	Latitud	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL
8303-05	0	0	0	73	640	191	124	219	249	167	49	94	126	200	64	46	107	155
8309-12	0	0	0	0	0	0	0	477	337	189	150	316	311	74	55	97	12	181
8406-09	67	59	162	29	29	29	97	34	70	103	40	63	191	79	171	151	175	98
8503-05	66	14	39	22	46	46	79	8	0	58	29	7	26	59	69	46	4	39
8604-05	62	126	67	59	40	40	130	102	126	44	55	55	26	59	69	46	4	84
8610-12	0	38	327	283	245	245	83	59	61	43	55	93	53	46	58	45	98	97
8708-09	0	89	95	64	38	18	22	24	24	45	82	32	70	87	12	20	227	53
8805-07	75	52	89	40	49	49	37	55	25	38	87	225	61	33	25	14	12	60
8907-09	0	0	0	0	0	0	74	76	171	95	260	392	325	0	0	0	0	207
8911-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137
9002-04	0	4	887	333	78	17	24	24	16	10	33	160	38	110	31	13	15	207
9011-9101	0	0	0	48	14	12	12	21	54	41	168	359	124	75	150	99	78	116
9106-08	4	3	5	16	99	21	56	34	84	84	153	72	41	164	154	178	40	104
9201-03	0	0	0	0	0	0	75	0	0	163	187	73	0	605	426	184	0	249
9301-03	0	0	0	0	82	282	1020	720	351	348	108	136	58	55	122	221	18	337
9401-03	7215	806	642	275	331	331	75	215	0	0	89	306	0	266	114	125	296	368
9502-04	521	129	279	388	249	304	304	36	145	0	48	112	0	0	87	6739	0	294
9602-04	236	452	141	397	103	97	97	404	198	82	395	67	71	29	12	175	123	185
9611-12	0	0	0	374	106	0	0	105	59	0	147	69	29	160	180	83	80	161
9704**	0	0	0	0	70	157	23	97	140	77	54	0	0	0	0	0	0	83
9709-10	0	0	0	579	0	0	1586	1073	148	509	347	270	286	191	0	0	0	548
9711							0	18	29	52	0	0	0	0	0	0	0	30
9803-05	42	6	22	28	28	6	3	0	0	2	0	0	0	0	39	44	8	28
9805-06	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	21
9808-09	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	48	0	0	0	8	7	0	10
9811-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9902-03	0	0	0	0	1	14	0	27	2	30	6	0	0	0	51	7	0	15
9906							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
9908-09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	13	11	0	0	0	0	0	20
9911-12	0	0	0	0	30	22	0	53	8	0	203	40	129	687	7	20	64	95
0001-02	121	59	10	8	8	52	52	8	26	28	53	80	26	7	17	20	64	35
Promedio	(l/mm^2)	382	80	148	104	72	133	127	75	72	96	105	71	110	75	334	59	2044
Promedio	(%)	18,70	3,91	7,22	5,08	3,53	6,53	6,23	3,69	3,50	4,71	5,13	3,49	5,36	3,68	16,36	2,88	100

Tabla 11. Biomasa de caballa (t) según crueros y grados de latitud sur (3°-19°S).

Cruero	Latitud	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL
8303-05	1008	0	6982	218722	89188	111632	120733	124612	90261	30827	191163	105378	157873	63521	75327	34773	1421998	
8309-12						0	0	0	0	0	71243	134347	131410	21993	57351	161478	8063	586066
8406-09	4032	22177	117266	30946	21463	95599	153800	108456	273678	134830	76547	46531	79657	220452	184750	28348	1598533	
8503-05	903	33029	11413	13878	12517	88655	6812	81267	115504	39218	1158	24895	8859	36186	19370	11370	485034	
8604-05	11247	122141	381101	307024	225132	188133	160900	15932	85125	67798			1564534					
8610-12					44760	51120	21340	30970	77580	29480	20990	40900	26780	368420				
8708-09	0	3643	167400	331757	413413	144051	111255	87664	112847	75368	75064	49124	94352	104947	156973	32456	1960314	
8805-07	0	76274	160053	71058	100303	116074	236178	101666	131946	30160	59972	97694	22545	43057	47727	6561	1301268	
8907-09	4762	26496	61773	49773	82953	60079	44648	34357	64716	83636	246130	29284	54760	45325	93541	67955	1050086	
8911-12					0	199254	132318	235287	38880	496024	171351	228300					1501414	
9002-04	0	650	168120	232530	353970	55300	85380	93310	8670	102080	470580	15430	100700	39610	2100	1920	1730350	
9011-9101	0	0	1448	24162	16439	12872	40113	61070	101387	319343	204466	94066	187695	305382	12633	1632473		
9106-08	0	3181	15219	28947	77610	23585	72602	98154	183697	162207	134347	82590	272170	283361	232849	5149	1676068	
9201-03	0	0	0	9461	4728	3553	1791	62990	19850	81647	18175	243723	87844	82591	79597	79	696029	
9301-03	62437	0	1308	112643	84923	918020	536115	396121	81606	60199	13582	102828	23580	80162	898	15909	2490331	
9401-03	16412	34205	154068	839313	820969	39854	64995	0	0	108313	800368	69557	0	0	0	0	2945454	
9502-04	0	25502	91189	231783	195422	236091	91746	71434	7531	296960	33467	0	0	41654	74809	11324	1408912	
9602-04	0	28167	554588	357525	369057	753269	716769	46742	47223	0	997	12407	12992	0	3794	6610	2910140	
9611-12	0	1051451	236496	59906	135910	23978	2883			5145	0	0	26599	0	0	0	1542368	
9704	29642	0	71428	121000	75148	93729	162200	376467	164387						1094001			
9709-10	0	16250	154812	45503	286036	125395	360153	487755	747737	123036	50977	85929	27359	15134	0	0	2526076	
9711					124983	11306	21667	21793	18890								198639	
9803-05	0	153	1940	16632	24807	390054	211556	126653	31134	83910	13829	22872	895	22193	20148	4249	971025	
9805-06	0	0	3907	96480	22832	148942	204027	235239	154987	48045	0	0	0	0	0	0	914459	
9808-09	0	0	9389	57164	2648	52923	82883	34631	15285	8611	15285	8611	2710	40490	3390	0	310124	
9811-12	133	0	0	5137	1615	1200	0	0	959	905	0	0	0	0	0	0	9816	
9902-03					4591	2072	14032	122111	854	0	28944	18151	0	30128	35774	9455	0	266245
9906					0	129900	13645	40133	74412	0	9633	20983	3255	0			291961	
9908-09	0	277341	248129	237607	13168	0	26976	35659	209193	32788	20422						1101273	
9911-12					4901	20831	0	23582	0	41014	46903	65061	28771	0			231063	
0001-02	468	1292	6499	36080	18801	151662	66176	3730	0	8831	3350	4350	0	204	64416	3039	368998	
Promedio (t)	4829	31825	134190	135596	127883	133171	124139	90278	99619	93634	109171	59834	47114	58487	64880	12049	1226149	
Promedio (%)	0,39	2,60	10,94	11,06	10,43	10,86	10,12	7,36	8,12	7,64	8,90	4,88	3,84	4,77	5,29	0,98	100	

Tabla 12. Áreas de distribución de caballa (mm²) según cruceros y grados de latitud sur (3°-19°S).

Crucero	Latitud	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL
8303-05		32	0	632	1807	2321	3265	3349	2852	1844	1292	2379	2825	3945	3549	5104	1710	36906
8309-12							0	0	0	0	2167	1645	1817	1241	1970	3279	1416	13535
8406-09		64	944	1825	1767	1577	2942	5165	3406	3042	4912	3631	1425	3219	5356	5587	1015	45877
8503-05		32	247	340	64	425	710	267	315	2274	1128	195	1185	710	1389	562	445	10278
8604-05		712	5272	3676	4084	4356	2933	3962	448	2474	3092							31009
8610-12								2600	3627	2235	2207	5564	3711	2194	3607	1779	872	28396
8708-09		0	116	1863	2985	4013	2794	3583	2762	4099	2865	2229	1006	5405	6952	9209	1465	51346
8805-07		0	538	3030	2232	2911	2775	4546	3459	3361	1419	2717	2763	1394	1860	2142	782	35929
8907-09		280	1150	2790	3564	4438	3636	2396	2418	3660	2198	3064	1394	3644	3308	6060	2004	46004
8911-12		0	0	0	0	0	1791	2575	2305	667	2789	1538	2603	0	0	0	0	14268
9002-04		0	188	1986	2286	4504	1692	3876	3118	1542	3412	2220	506	2426	1636	290	174	29856
9011-9101		0	0	354	1713	1032	1027	2822	2683	2683	4138	4481	4812	3569	6013	5276	544	41147
9106-08		0	25	951	1889	3279	2174	2278	3891	4515	3823	4689	3203	5968	7182	6110	559	50536
9201-03		0	0	0	265	286	284	231	1994	183	2454	836	866	880	458	2320	26	11083
9301-03		564	0	0	2289	1834	3979	3137	1303	1303	2110	1690	2177	784	1688	479	250	26263
9401-03		180	355	833	2416	4237	794	534	0	0	359	1848	0	0	0	0	0	11556
9502-04		0	399	1614	1403	1249	1852	1211	1607	0	1836	679	0	0	868	184	0	12902
9602-04		0	272	2266	3640	2369	3438	2825	505	704	0	42	167	745	0	87	77	17137
9611-12		0	562	2760	2715	890	726	306	8	0	21	0	0	238	0	0	0	8226
9704		0	0	0	1198	2247	2222	3079	2663	3741	2499							17649
9709-10		0	5	812	365	1316	523	860	1814	1680	513	115	234	70	91	5	0	8404
9711						725	822	860	728	311								3445
9803-05		0	47	223	443	423	2019	2045	905	881	1215	483	266	50	430	558	309	10298
9805-06		0	0	0	216	749	1269	1957	853	808	2703	2266	0	0	0	886	0	11707
9808-09				0	241	882	312	1303	801	443	246	776	193	624	427	0	0	6248
9811-12				0	265	204	0	185	0	0	401	126	0	0	0	0	0	1180
9902-03		365	0	0	912	374	1784	1750	195	0	481	621	0	414	1075	643	0	8613
9906				0	1554	426	547	933	0	667	511	319	0					4948
9908-09		0	508	1758	1284	396	0	764	997	2571	1185	727						10191
9911-12				260	1768	0	370	0	285	848	284	878	0	0	0	0	0	4693
0001-02		167	382	378	1543	1797	2486	1582	495	0	954	495	1384	0	173	1125	88	13050
Promedio	(mm ²)	109	459	1080	1550	1760	1627	2006	1548	1483	1793	1631	1238	1443	1921	2067	489	20321
Promedio	(%)	0,54	2,26	5,32	7,63	8,66	8,00	9,87	7,62	7,30	8,82	8,02	6,09	7,10	9,45	10,17	2,41	100

Tabla 13. Densidad de caballa (t/mm²) según cruceros y grados de latitud sur (3°-19°S).

Crucero	Latitud/ N°	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	TOTAL
8303-05		32	0	11	121	38	34	36	44	49	24	80	37	40	18	15	20	39
8309-12					0		0	0	0	0	33	82	72	18	29	49	6	43
8406-09		63	23	64	18	14	32	30	32	90	27	21	33	25	41	33	28	35
8503-05		28	134	34	217	29	97	26	258	51	35	6	21	12	26	35	26	47
8604-05		16	23	104	75	52	64	41	36	34	22							50
8610-12					17	14	10	14	14	10	14	14	8	10	11	14	31	13
8708-09		0	31	90	111	103	52	31	32	28	26	34	49	17	15	17	22	38
8805-07		0	142	53	32	34	42	52	29	39	21	22	35	16	23	22	8	36
8907-09		17	23	22	14	19	17	19	14	18	38	80	21	15	14	15	34	23
8911-12		0	0	0	0	0	111	51	102	58	178	111	88	0	0	0	0	105
9002-04		0	3	85	102	79	33	22	30	6	30	212	30	42	24	7	11	58
9011-9101		0	0	4	14	16	13	14	23	38	61	71	42	26	31	58	23	40
9106-08		0	127	16	15	24	11	32	25	41	42	29	26	46	39	38	9	33
9201-03		0	0	0	36	17	13	8	32	108	33	22	281	100	180	34	3	63
9301-03		111	0	0	49	46	231	135	126	63	29	8	47	30	47	2	64	95
9401-03		91	96	185	347	194	50	122	0	0	302	433	0	0	0	0	0	255
9502-04		0	64	56	165	156	127	76	44	0	162	49	0	0	48	407	0	109
9602-04		0	104	245	98	156	219	254	93	67	0	24	74	17	0	44	86	170
9611-12		0	0	381	87	67	187	78	360	0	245	0	0	112	0	0	0	187
9704		0	0	0	60	54	34	30	61	101	66							62
9709-10		0	3250	191	125	217	240	419	269	445	240	443	367	389	166	0	0	301
9711					172	14	25	30	61									58
9803-05		0	3	9	38	59	193	103	140	35	69	29	86	18	52	36	14	94
9805-06		0	0	0	18	129	18	76	239	291	57	21	0	0	0	0	0	78
9808-09				0	39	65	8	41	103	78	62	11	14	65	8	0	0	50
9811-1226					19	8	0	7	0	0	2	7	0	0	0	0	0	8
9902-03		0	0	0	5	6	8	70	4	0	60	29	0	73	33	15	0	31
9906					84	32	73	80	0	15	41	10	0					59
9908-09		0	546	141	185	33	0	35	36	81	28	28						108
9911-12					19	12	0	64	0	144	55	229	33	0				49
0001-02		3	3	17	23	10	61	42	8	0	9	7	3	0	1	57	35	28
Promedio (t/mm ²)		16	191	66	76	63	66	66	70	63	67	75	51	41	32	36	17	997
Promedio (%)		1,64	19,12	6,59	7,58	6,37	6,63	6,58	7,07	6,31	6,73	7,57	5,09	4,13	3,24	3,61	1,75	100

MAGLENNAN, D. y D. V. HOLLIDAY. 1998. Acústica Pesquera y del plancton: pasado, presente y futuro. *Inf. Inst. Mar Perú* 133:10-14.

ÑIQUEÑ, M. y M. GUTIÉRREZ. 1998. Variaciones

biológicas y poblacionales de los principales recursos pelágicos desde abril de 1997 a abril 1998 en el mar peruano. *Inf. Inst. Mar Perú* 135:67-78.

VARIACIONES ESTACIONALES EN LA DISTRIBUCIÓN Y BIOMASA DE ANCHOVETA ENTRE 1983 Y 2000

FRANCISCO GANOZA CH.¹, PEDRO R. CASTILLO V.² Y DORA MARÍN³

RESUMEN

GANOZA, F., P. R. CASTILLO y D. MARÍN. 2000. Variaciones estacionales en la distribución y biomasa de anchoveta entre 1983 y 2000. Bol. Inst. Mar Perú 19 (1-2): 157-177.

Los resultados de 29 cruceros, realizados desde 1983 al 2000, muestran que la anchoveta ha presentado variaciones significativas en su biomasa y distribución, debido a los eventos El Niño 1982-83, 1987, 1992 y 1997-98, que la hicieron replegarse a la costa, migrar hacia el sur y profundizarse hasta lugares inusuales, disminuyendo los valores de las categorías de abundancia.

Los mayores estimados de biomasa de anchoveta, se obtuvieron en los cruceros de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 9401-03 (8.700.590 t) y 0001-02 (9.439.027 t). La más alta biomasa estacional promedio por grados de latitud se determinó en primavera en los 8°S (727.819 t), seguida del verano en los 11°S (701.724 t). Las altas biomásas promedio se encontraron entre los 7°S y 9° S. Los altos desembarques anuales promedio se registraron en verano (1.577.855 t). Los mayores desembarques se obtuvieron en 1994 (9.896.303 t) y en 1996 (7.136.856 t).

Según el análisis de los parámetros de biomasa y desembarques anuales entre los años de 1983 al 2000, se observa que existe una correlación significativa ($r = 0,71$) presentando un aceptable ajuste del modelo en $R^2 = 0,51$.

PALABRAS CLAVE: anchoveta peruana, distribución, biomasa, periodo 1983 - 2000

ABSTRACT

GANOZA F., P. R. CASTILLO and D. MARÍN. 2000. Seasonal variations of the distribution and biomass of Peruvian anchoveta between 1983 and 2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 157-177.

The results of 29 cruises, carried out between 1983 and 2000, show that the anchovy has presented significant seasonal variations in their biomass and distribution due to El Niño events 1982-83, 1987, 1992 and 1997-98, migrating to the south, approaching to the coast and deepening until unusual places, decreasing the values of relative abundance categories.

The highest biomasses were obtained during the pelagic resources hydroacoustic evaluation cruises 9401-03 (8.700.590 t) and 0001-02 (9.439.027 t). The biggest mean seasonal biomass by latitude was recorded in Spring at 8°S (727.819 t) and the Summer at 11°S (701.724 t). The year around biggest average biomass was registered between 7°S and 9°S. The highest average annual captures were determined in Summer (1.577.855 t). The highest annual captures were obtained in 1994 (9.896.303 t) and 1996 (7.136.856 t).

According to the analyses of biomass and annual captures during the period 1983 to 2000, it exists a significant correlation with $r = 0,71$ presenting an acceptable adjustment of the pattern $R^2 = 0,51$.

KEY WORDS: Peruvian anchoveta, distribution, biomass, period 1983 - 2000.

1 Dirección de Tecnología de Detección (DGIP-IMARPE). fganoza@imarpe.gob.pe

2 Dirección de Tecnología de Detección (DGIP-IMARPE). prcastillo@imarpe.gob.pe

3 Dirección de Tecnología de Detección (DGIP-IMARPE). dmarin@imarpe.gob.pe

INTRODUCCIÓN

Los recursos pelágicos en el Perú son los que mayor importancia tienen en la pesquería industrial y, debido a su abundancia, constituyen los de mayor explotación, principalmente la anchoveta (*Engraulis ringens*). Estos recursos son afectados por los cambios del ambiente, como las variaciones estacionales y otros como el afloramiento costero y El Niño que regulan en gran parte el régimen hídrico y el ecosistema costero (IMARPE 1986). El afloramiento costero, de aguas frías, es esencial para la alta producción marina, y posee mayor intensidad en otoño e invierno. El Fenómeno El Niño se presenta en períodos irregulares de tiempo con intensidad variable (débil, moderado, intenso y extraordinario).

La pesquería de anchoveta ha mostrado fluctuaciones en el tiempo. Antes de 1960, los desembarques no sobrepasaban el millón de toneladas, debido a que la flota era reducida. En la década de los 60 las capturas aumentaron significativamente, obteniendo un promedio de 7,5 millones de toneladas por año, en respuesta al incremento de embarcaciones que llegaron a 1569 unidades, lo que hacía prever el peligro en que se encontraba la pesquería de este recurso. En 1970 las capturas sobrepasaron los 12 millones de toneladas, llegando a colapsar el recurso por efecto de la sobrepesca y El Niño 1972-73 (ERFEN 1987). Durante la década de los 70 se obtuvo un promedio de desembarque de 4,3 millones de toneladas por año, descendiendo en la década de los 80 a 1,8 millones de toneladas anuales, para luego aumentar en los años 90 a 5,5 millones de toneladas anuales.

En 1975 se constituyó el Proyecto IMARPE - Centro Regional FAO/Noruega de Investigaciones Acústicas para América

Latina. Comenzó a funcionar en mayo de ese año como "Centro Regional de Investigaciones Electro-Acústica" (CREA), que permaneció hasta junio de 1980. Durante esos 5 años de funcionamiento, se proyectaron las investigaciones acústicas principalmente de los recursos pelágicos de mayor importancia comercial, obteniéndose datos sobre distribución, abundancia y comportamiento de las especies. A partir de 1980 un grupo peruano se hizo cargo de la responsabilidad, utilizando la misma metodología acústica, logrando obtener resultados significativos durante los cruceros de evaluación realizados hasta 1991. Desde 1992 hasta la actualidad, se viene trabajando con nueva tecnología con sistemas digitales y de sensoramiento remoto, que permiten un mejor análisis de los datos, dando resultados muy satisfactorios. El personal de las Direcciones de Tecnología de Detección (DITED) y de Tecnología Electroacústica (DITEL), de la Dirección General de Investigaciones en Pesca (DGIP), se viene perfeccionando y entrenando en los nuevos equipos de evaluación acústica, así como también en el uso de software de procesamiento y de interpolación de datos, mediante cursos de acústica a nivel nacional e internacional, con la finalidad de optimizar los resultados de las evaluaciones de los recursos pelágicos.

Durante el periodo 1983 a 2000 se registraron cambios en la distribución horizontal de los recursos pelágicos relacionados con las condiciones ambientales. Durante los periodos El Niño se observaron masas de aguas cálidas cerca de toda la costa peruana, detectándose un gradiente térmico variable de norte a sur y de oeste a este, que afectó a los cardúmenes replegándolos a la costa e indujo una migración hacia el sur. Durante los periodos "La Niña" se observaron masas

de aguas frías, con isotermas variables, que se desplazaron de sur a norte y del este al oeste, afectando la distribución horizontal que fue más amplia en toda la costa peruana. En cuanto a la distribución vertical, los cardúmenes de anchoveta, durante los periodos El Niño, se desplazaron a mayores profundidades que en años normales o fríos (VÍLCHEZ *et al.* 1988).

Este trabajo presenta los resultados del análisis estacional de la distribución horizontal, vertical, biomasa y desembarques de anchoveta durante 29 cruceros de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos en el periodo de 1983 al 2000.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el análisis se procesaron los datos históricos sobre los cruceros de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos, desde 1983 al 2000 entre Puerto Pizarro (Tumbes) y Santa Rosa (Tacna). Estos datos fueron recuperados y ordenados en archivos de los software de Microsoft Excel, software de interpolación de datos Surfer, Mapinfo, y a partir del año 2000 en el software de procesamiento Echoview que posee la Dirección General de Investigaciones en Pesca (DGIP). Estos cruceros se realizaron a bordo de las embarcaciones científicas de propiedad del IMARPE (BIC Humboldt, BIC SNP-1, BIC José Olaya Balandra, BIC SNP-2) y embarcaciones científicas extranjeras que participaron por convenio, como el RV F. Nansen (URSS) en 1990 y RV Shinkai Maru (Japón) en 1998 y 1999.

Para el desarrollo de las evaluaciones hidroacústicas de recursos pelágicos, las embarcaciones estuvieron equipadas con ecosondas científicas, con sistemas de eco-integración analógica y digital. Parte de la década de los 70 y la de los 80 se utilizaron sistemas de eco-integración analógicas, con ecosondas científicas SIMRAD EK y EKS de

120 y de 38 kHz, eco-integrador SIMRAD QM-MK II con registradora Hewlett Packard 7702. En la década de los 90 se utilizó el sistema de eco-integración digital con ecosondas científicas SIMRAD EK y ES-400 de 120 y de 38 kHz, eco-integrador QD, procesadora de datos Texas 7702. A partir de 1995 a la actualidad se vienen utilizando sistemas de eco-integración SIMRAD EY-500 y EK-500 de 120 y 38 kHz (Tabla 1).

Para las calibraciones acústicas con blanco estándar se utilizaron esferas de cobre de 60 mm para transductor de 38 kHz, y de 23 mm para transductor de 120 kHz (FOOTE y MACKENNAN 1984).

El diseño de los cruceros incluyó perfiles sistemáticos paralelos, desde los 20 m de profundidad a 0,5 mn de la costa, llegando hasta 100 a 150 mn mar afuera, perpendiculares a la costa, con separaciones entre sí de 15 mn.

La identificación de cardúmenes de anchoveta se efectuó mediante el análisis de los ecogramas de cada unidad básica de muestreo, y por los porcentajes de las capturas en los lances de comprobación, relacionados con los parámetros ambientales de temperatura y salinidad (CASTILLO 1995). Los lances de comprobación se realizaron utilizando redes de arrastres pelágicas equipadas con net sonda.

La distribución geográfica de los recursos, hasta 1991, se determinaba mediante el ploteo de los valores ecointegrados y lances de comprobación, que después se contorneaban por estratos de diferentes categorías de densidad; luego se calculaban las áreas de distribución mediante la integración planimétrica (JOHANNESON y VÍLCHEZ 1979). Desde 1992 los valores ecointegrados y las posiciones de cada muestreo acústico son desarrollados en hoja de cálculo (Excel); después son

Tabla 1.- Equipos utilizados por los buques de investigación en los cruceros de evaluación de recursos pelágicos entre 1983 y 2000.

EQUIPOS DE EVALUACIÓN Y PROCESAMIENTO	BUQUES DE INVESTIGACIÓN					
	Humboldt	SNP-I	Olaya	SNP-2	Nansen	Shinkai-Maru
Ecosonda SIMRAD EK-120 kHz		X				
Ecosonda SIMRAD EK-38 kHz		X				
Ecosonda SIMRAD EKS-120-kHz	X	X				
Ecosonda SIMRAD EKS-38 kHz	X	X				
Ecosonda SIMRAD EKS-12 kHz	X					
Ecointegrador Analógico QM-MK-II	X	X				
Registadora Hewlett Packard 7702	X	X				
Ecosonda SIMRAD EKS-400 de 120 kHz	X					
Ecosonda SIMRAD EKS-400 de 38 kHz	X					
Ecosonda SIMRAD ES-400 de 38 kHz	X				X	
Impresora a colores Canson	X				X	
Ecointegrador Digital QD	X				X	
Procesadora Texas International 7702	X				X	
Ecosonda - ecointegrador SIMRAD EY-500 de 120 kHz				X	X	
Ecosonda - ecointegrador SIMRAD EY-500 de 38 kHz		X				
Ecosonda - ecointegrador SIMRAD EK-500 120 y 38 kHz	X		X			X
Estación de trabajo SUN con software BI-500	X					
Estación de trabajo Hewlett Packard con Software BI-500			X			
Estación de trabajo con software Echo View	X		X	X		
Impresoras HP. Deskjet 850, 870, 890, 895	X		X	X		X

exportados a un software de interpolación de datos con el fin de obtener las gráficas de distribución (GUTIÉRREZ 1997).

La distribución vertical de la anchoveta de cada crucero se calculó mediante el porcentaje de cardúmenes detectados durante el día y la noche, por cada estrato de profundidad.

La constante de ecointegración que se utilizó en los cálculos de los estimados de biomasa de anchoveta entre 1983 a 1991, se obtuvo de los experimentos de calibraciones con peces vivos en cautiverio (JOHANNESSON y VÍLCHÉZ 1979). A partir de 1992, los cálculos de la constante de ecointegración derivaron de la relación entre la fuerza de blanco (TS), longitud y el peso promedio de los peces, obtenidos en los lances de comprobación (MAC LENNAN *et al.* 1990). El método para el cálculo de la biomasa se describe en MAC LENNAN y SIMMONDS (1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de la anchoveta

Durante la década 1970 a 1980, debido a los eventos El Niño 1972-73 y 1976, y a la sobrepesca, la biomasa de anchoveta disminuyó considerablemente llegando a colapsar, permitiendo el incremento de otros recursos pelágicos, como la sardina (*Sardinops sagax sagax*), jurel (*Trachurus picturatus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus*) (ERFEN 1987).

El periodo analizado de 1983 al 2000, se caracterizó por condiciones oceanográficas normales, cálidas (El Niño) y frías (La Niña) que influenciaron las concentraciones de anchoveta. Durante El Niño las masas de agua cálida se acercan a la costa, de norte a sur y de oeste a este, haciendo que el recurso se repliegue a la costa y migre hacia el sur, afectando su abundancia, debido a mayor mortalidad natural y mortalidad por pesca,

al encontrarse accesible a las artes de pesca. Durante los eventos La Niña, las masas de agua frías se desplazan de sur a norte y de este a oeste, ampliando la distribución de la anchoveta, incrementando su biomasa, pero se encuentra menos accesible a la pesca.

Los cruceros de evaluación hidroacústica han mostrado que la abundancia, distribución geográfica y vertical de la anchoveta varía de acuerdo a las estaciones del año y de los parámetros ambientales; la biomasa aumenta cuando se presentan buenos afloramientos costeros y disminuye en años anómalos.

La figura 1 incluye la variación porcentual de las áreas de distribución de abundancia relativa de la anchoveta, registrada en 29 cruceros realizados entre 1983 y 2000. Según CASTILLO *et al.* (1999) se consideran tres categorías: (a) de alta dispersión (de 1 a 50 m²/mn²), (b) de dispersión (50 a

500 m²/mn²) y (c) de abundancia comercial (más de 500 m²/mn²). Después de El Niño 1982-83, las áreas de categorías de abundancia relativa de anchoveta fueron incrementándose hasta mantenerse casi constantes hasta 1994, con altas biomásas y capturas, disminuyendo en los años siguientes. Después de El Niño 1997-98 se apreció una rápida recuperación alcanzando una alta biomasa y mayor distribución en el verano 2000. Las áreas de distribución de anchoveta estuvieron en 6.081 mn² (Crucero 9803-05) a 43.694 mn² (Crucero 0001-02).

Primavera

Según el análisis de siete cruceros realizados en primavera de los años 1983 al 2000, la anchoveta se distribuyó entre los 5°S y 18°20'S, desde el litoral hasta las 140 mn (Figura 2).

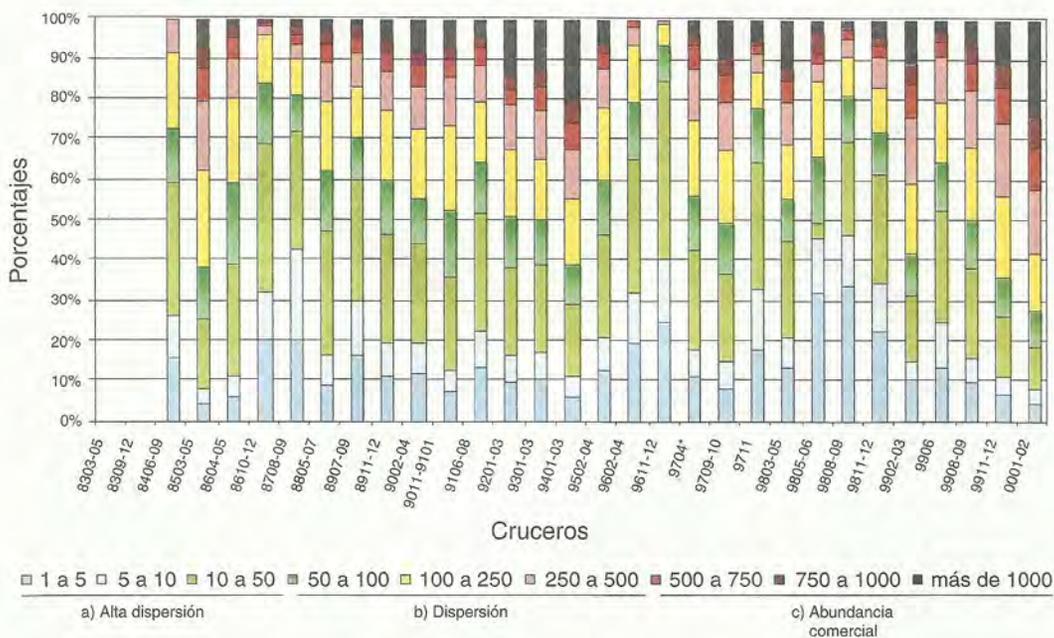


FIGURA 1. Variación porcentual de las áreas de distribución de anchoveta por categorías de abundancia relativa (m²/mn²) entre 1983 y 2000.

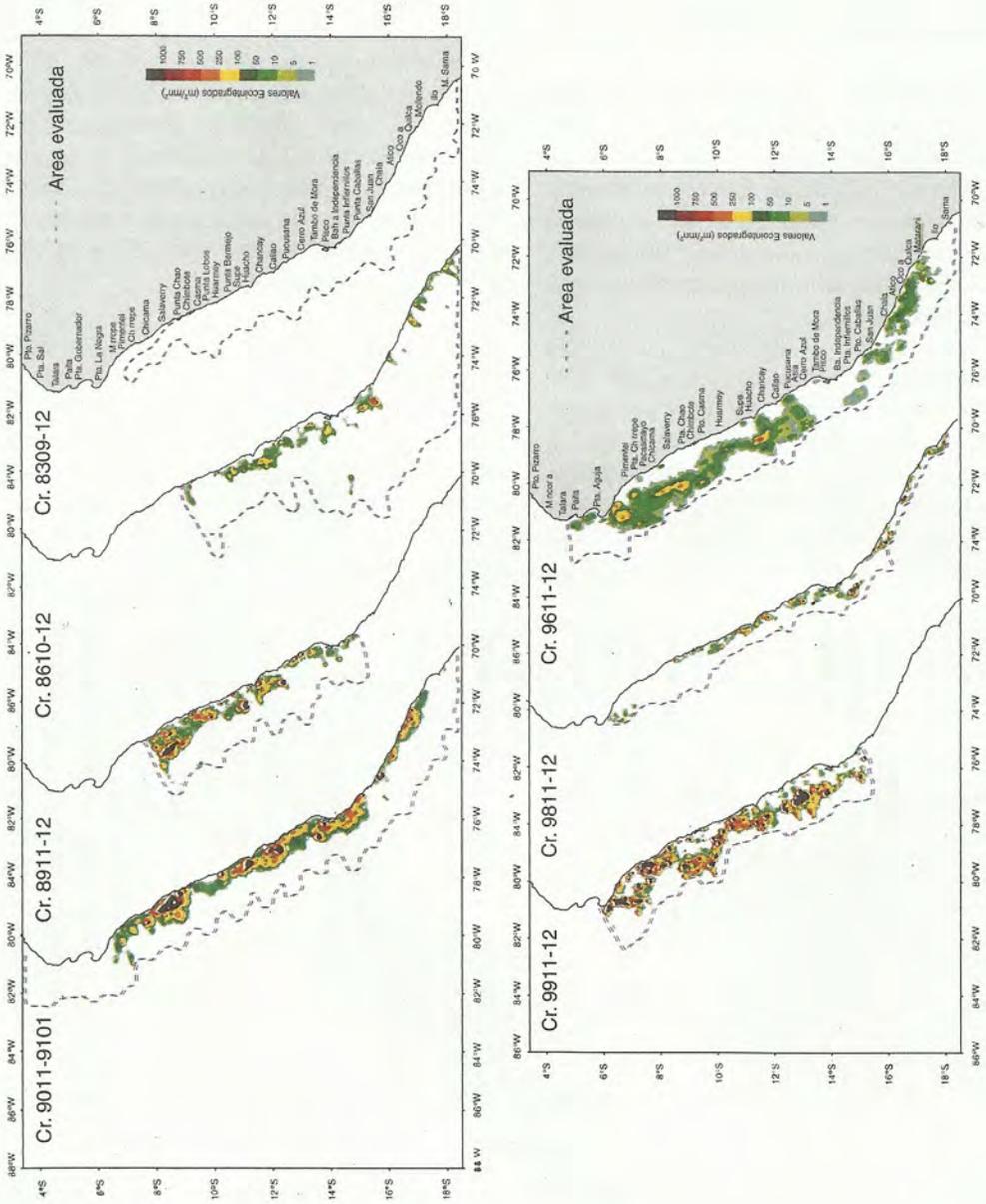


FIGURA 2. Distribución horizontal de la anchoveta durante la estación de primavera. 1983 - 1999.

La distribución horizontal de anchoveta en los cruceros de 1986 y 1996 se presentó dispersa, casi en todas las áreas prospectadas, influenciadas por periodos fríos. Los cruceros de 1983 y 1998 se realizaron en pleno El Niño que afectó de diferente forma su distribución. Durante el primero no se llegó a detectar este recurso y en el segundo se presentó replegado sobre la costa con una migración hacia el sur. En los cruceros de 1989, 1990 y 1999 este recurso tuvo una mejor distribución, presentando núcleos de concentraciones densas, influenciadas por aguas frías y en proceso de mezcla.

Los núcleos de mayores concentraciones de anchoveta durante esta estación se localizaron: (a) en la zona norte frente a Mórrope, Salaverry y Chimbote; (b) en la zona centro frente a Huacho, Callao y Pucusana; y (c) en la zona sur frente a Punta Caballas y Ocoña.

La anchoveta en la estación de primavera se distribuyó verticalmente de 2 a 90 m durante el día y de 2 a 50 m durante la noche, observándose que las mayores concentraciones de cardúmenes se presentaron hasta los 20 m de profundidad (Figura 3).

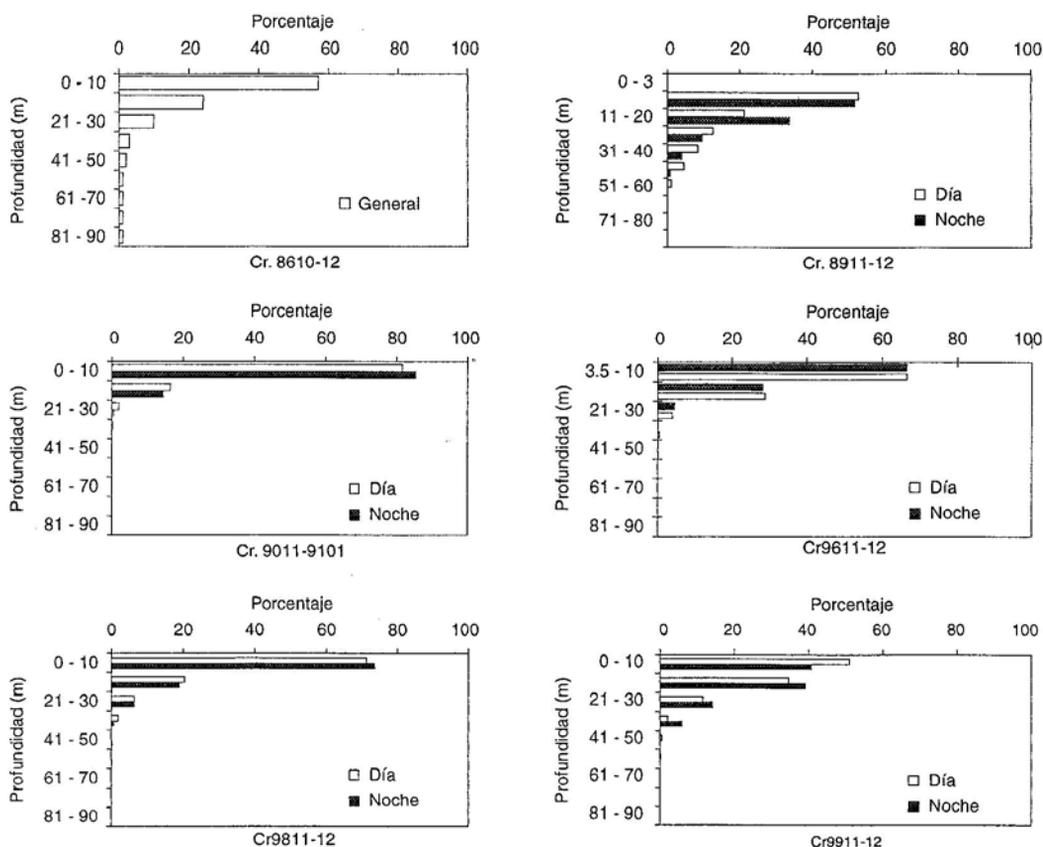


FIGURA 3. Distribución vertical de la anchoveta durante la estación de primavera. 1986 - 1999.

Durante el crucero 9911-12, los ecorregistros de anchoveta generalmente se ubicaron desde los 10 hasta los 15 m en forma de cordones densos, con altos valores eointegrados, influenciadas por las aguas frías de La Niña (Figura 4).

Verano

El análisis de ocho cruceros realizados durante el verano, muestra que la anchoveta se distribuyó entre los 3°40'S y 18°20'S, hasta las 130 mn de la costa (Figura 5).

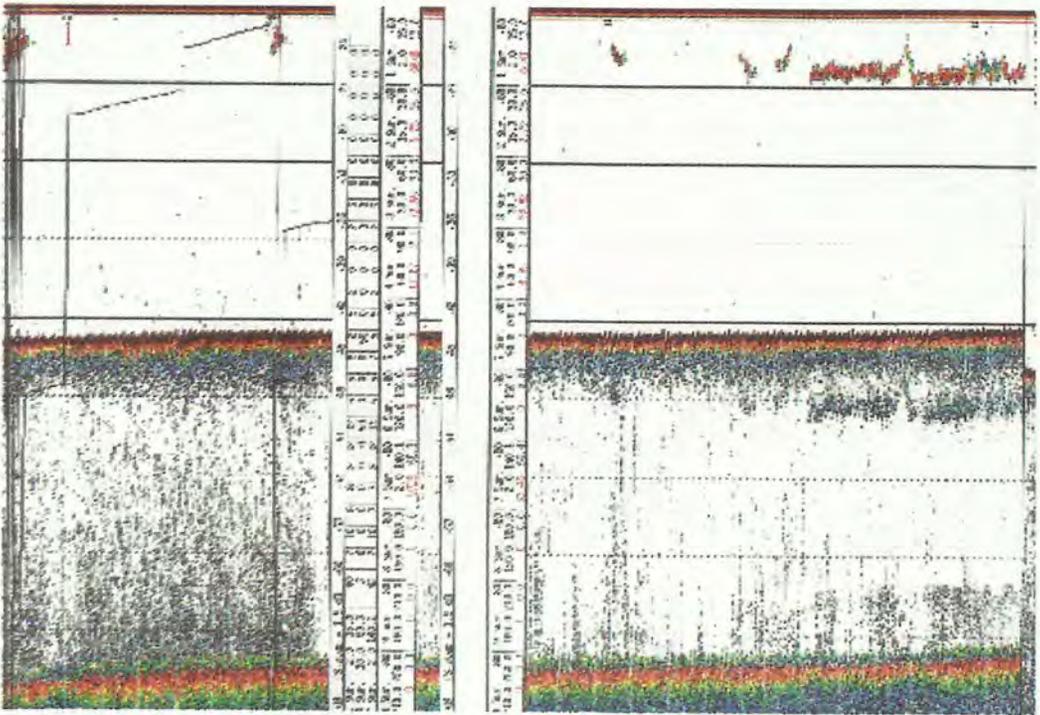


FIGURA 4. Ecorregistros de anchoveta del crucero 9911-12 durante la noche.

En los cruceros de 1990 a 1995, la distribución horizontal de la anchoveta se replegó a la costa, a excepción de 1994, en que el ambiente estuvo ligeramente frío; y en 1992 que fue afectado por El Niño moderado migrando hacia el sur. En el verano 2000 las aguas se encontraron en proceso de mezcla, lo cual favoreció una distribución amplia y abundante, algo inusual en esta época del año, con áreas importantes para la captura, debido a la

alta biomasa estimada. En 1996 se presentó un ambiente más frío que el usual (La Niña) haciendo que el recurso se disperse.

Las altas concentraciones de anchoveta durante el verano se ubicaron: (a) en la zona norte frente a Pimentel, Chicama y Chimbote; (b) en la zona centro frente a Huacho, Chancay y Pucusana; y (c) en la zona sur frente a Punta Caballas, San Juan y Ocoña.

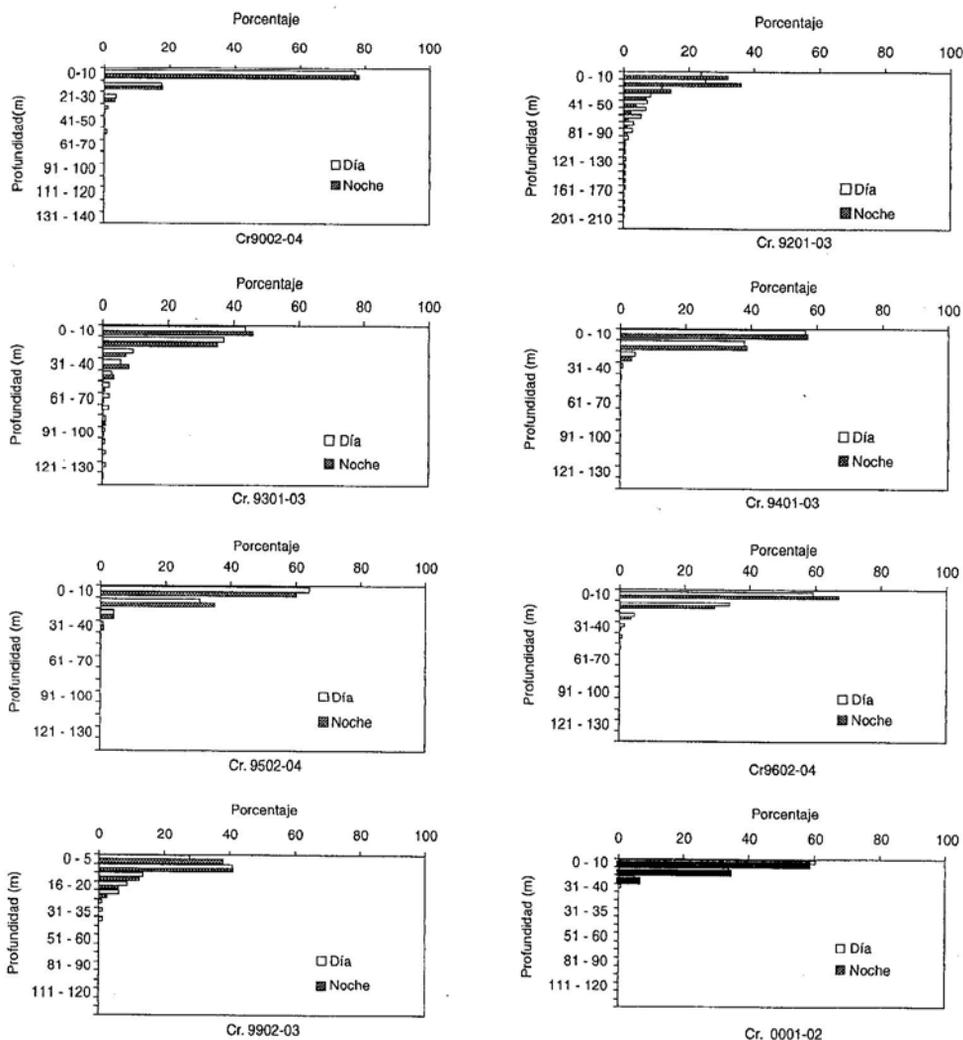


FIGURA 6. Distribución vertical de la anchoveta durante la estación de verano, 1990 - 2000.

La distribución vertical de anchoveta en el verano, abarcó el rango de 2 a 190 m durante el día y de 2 a 100 m durante la noche, registrándose las mayores concentraciones desde los 2 m hasta los 20 m. Esta distribución se registró durante El Niño 1992, de características moderadas (Figura 6).

En condiciones oceanográficas favorables, las concentraciones de cardúmenes de

anchoveta se presentaron en forma de cordones densos continuos, con altos valores econtegrados entre los 10 a 30 m de profundidad durante la noche (04:00 horas) según muestran los ecogramas del crucero 0001-02 (Figura 7).

Otoño

Durante esta estación, se analizaron siete cruceros. La anchoveta se distribuyó entre

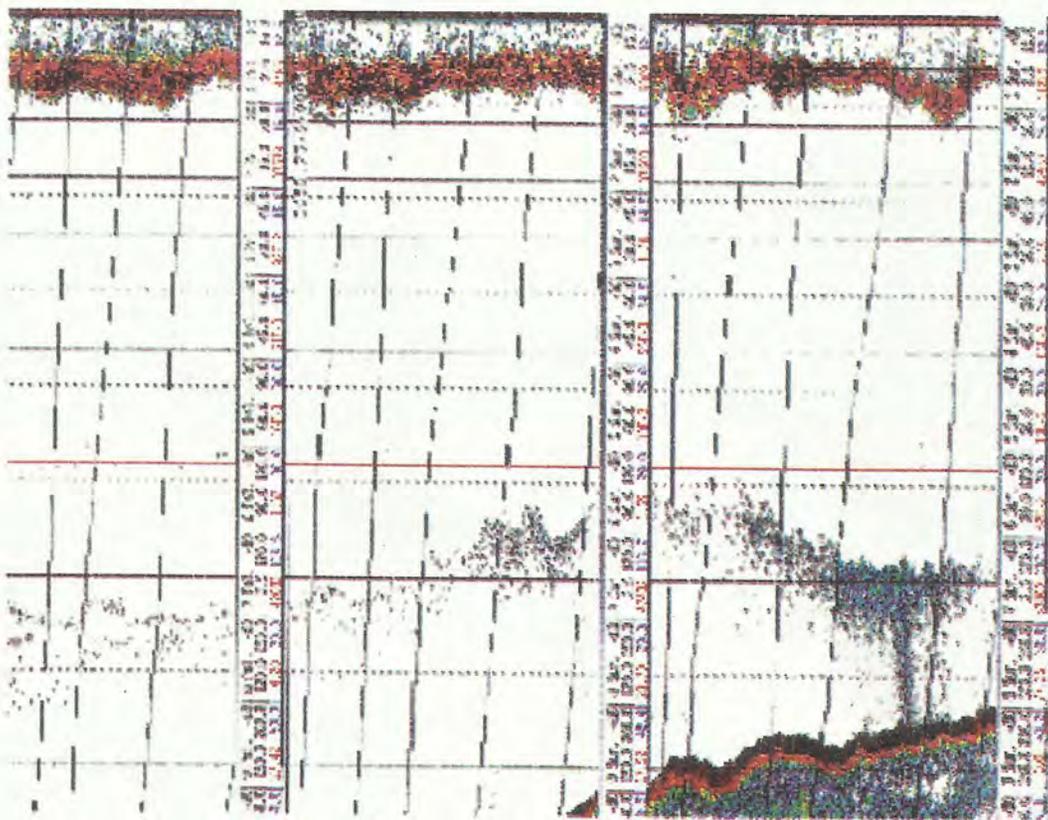


FIGURA 7. Ecotrazos de anchoveta durante el verano Cr. 0001-02.

los 3°20'S y 18°20'S, desde 1,0 mn hasta 150 mn de la costa (Figura 8).

Latitudinalmente durante el otoño, en los cruceros de 1985 a 1999, la anchoveta tuvo una amplia área de distribución con altas concentraciones. En los años 1985, 1986, 1988 y 1999 se registró en ambientes ligeramente fríos respecto al promedio estacional. En los años 1997 y 1998 la distribución y abundancia fue más reducida, a consecuencia de El Niño extraordinario.

Las mayores concentraciones de anchoveta durante el otoño se ubicaron: (a) en la zona norte frente a Mórrope, Pimentel, Salaverry y Chimbote; (b) en la zona centro frente a

Huacho, Cerro Azul y (c) en la zona sur frente a Punta Infiernillos.

La distribución vertical de la anchoveta en la estación de otoño, abarcó de 2 a 90 m durante el día y de 2 a 60 m durante la noche, observándose que en 1998 las mayores concentraciones de cardúmenes se profundizaron hasta los 80 m en el día y hasta 40 m en la noche (Figura 9).

En el crucero 9805-06, realizado durante El Niño 1997-98 en otoño, los ecotrazos de cardúmenes muy densos de anchoveta se registraron cerca al fondo en forma de manchas, con altos valores de ecointegración entre 30 a 40 m, llegando

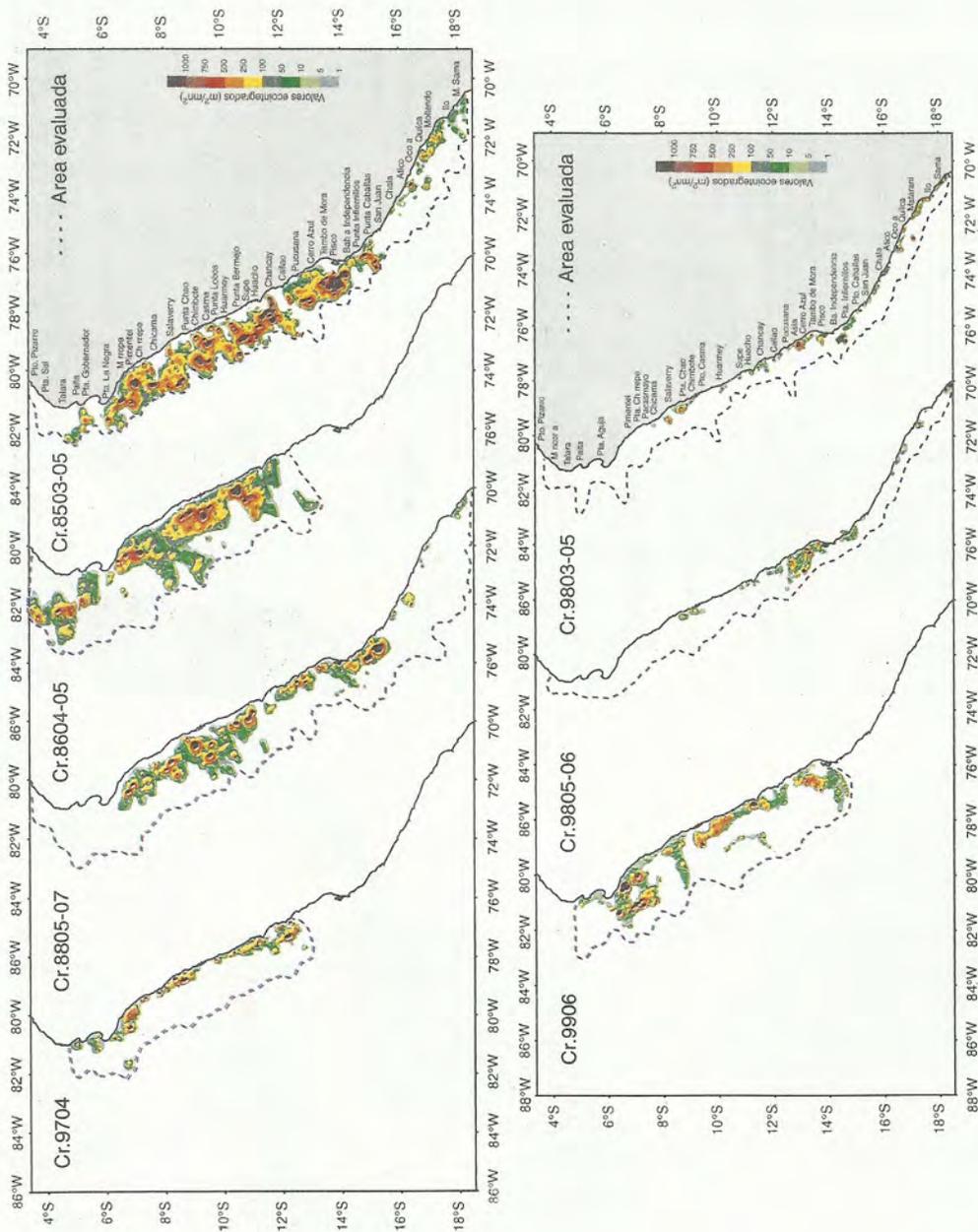


FIGURA 8. Distribución horizontal de la anchoveta durante la estación de otoño. 1985 - 1999.

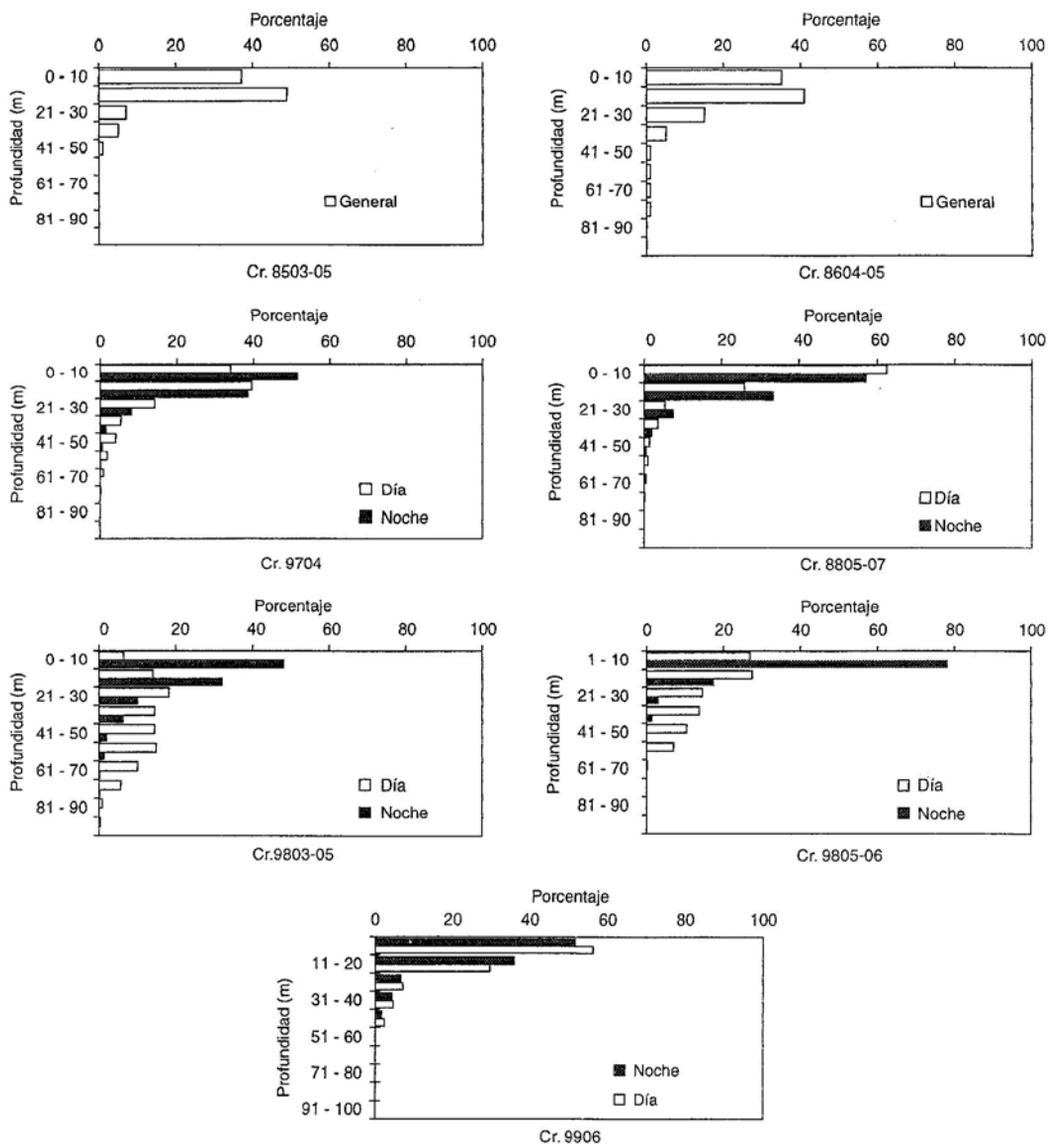


FIGURA 9. Distribución vertical de la anchoveta durante la estación de otoño.

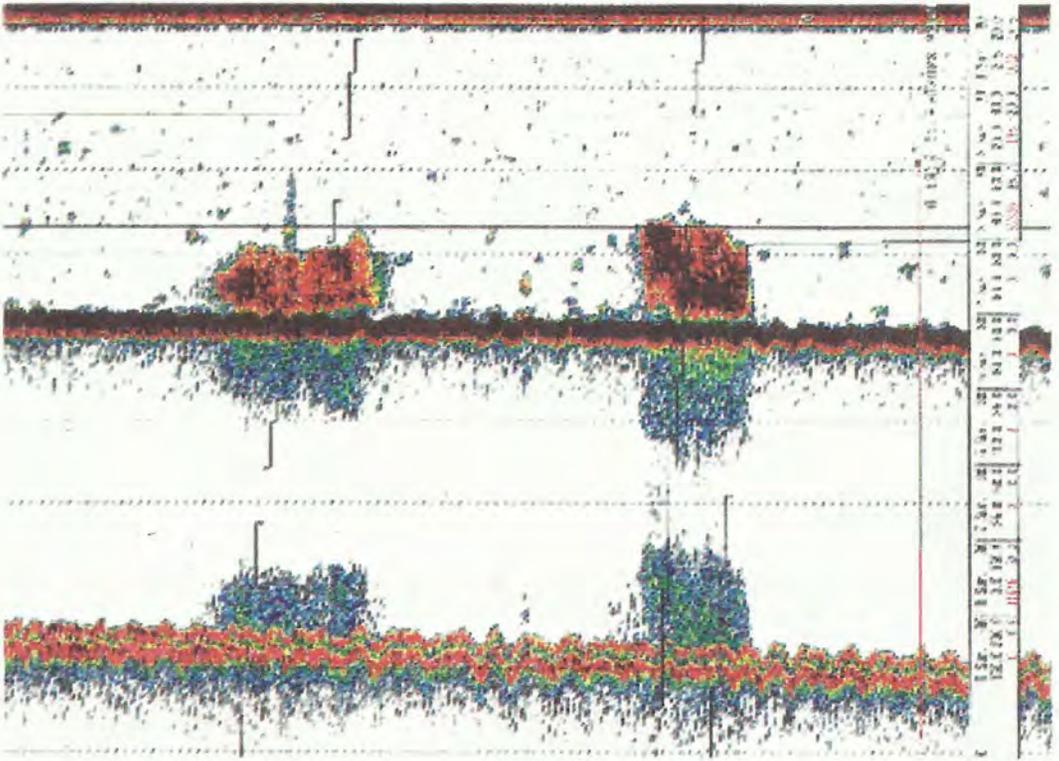


FIGURA 10. Ecotrazos de anchoveta cerca del fondo en el cruceo de otoño 9805-06.

hasta los 90 m de profundidad, muy debajo de lo habitual buscando condiciones propicias para su existencia (Figura 10).

Invierno

Se analizaron siete cruceros. La anchoveta se distribuyó geográficamente entre 5°S y 18°20'S, hasta los 150 mn de la costa (Figura 11).

La distribución horizontal de anchoveta durante el invierno, en los cruceros de 1984 a 1999 fue dispersa con pocos núcleos de alta concentración, los cuales se presentaron replegados sobre la costa. En los años de 1989, 1991 y 1999 tuvo una

distribución amplia y dispersa debido a la predominancia de condiciones ligeramente frías. En 1984, 1997 y 1998 las concentraciones de anchoveta se registraron cerca de la franja costera con una migración hacia el sur a consecuencia de los fenómenos El Niño.

En el invierno, las altas concentraciones de anchoveta se registraron: (a) en la zona norte frente a Punta la Negra y Salaverry; (b) en la zona centro Chancay, Pucusana y Pisco; y (c) en la zona sur frente a Punta Caballas y Quilca.

La distribución vertical de anchoveta en la estación de invierno se ubicó entre 2 y 80 m durante el día y de 2 a 70 m durante la noche,

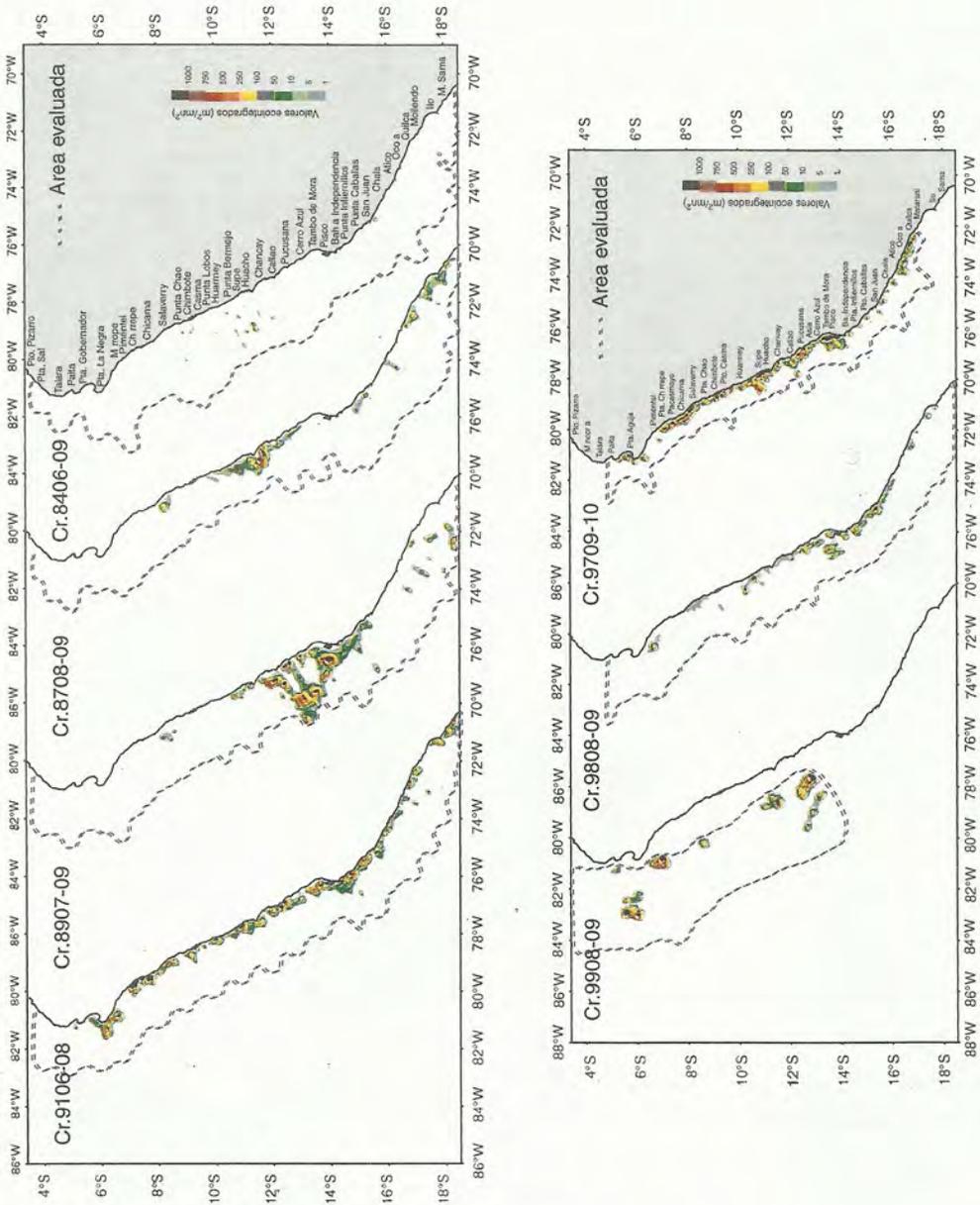


FIGURA 11. Distribución horizontal de la anchoveta durante la estación de invierno. 1984 - 1999.

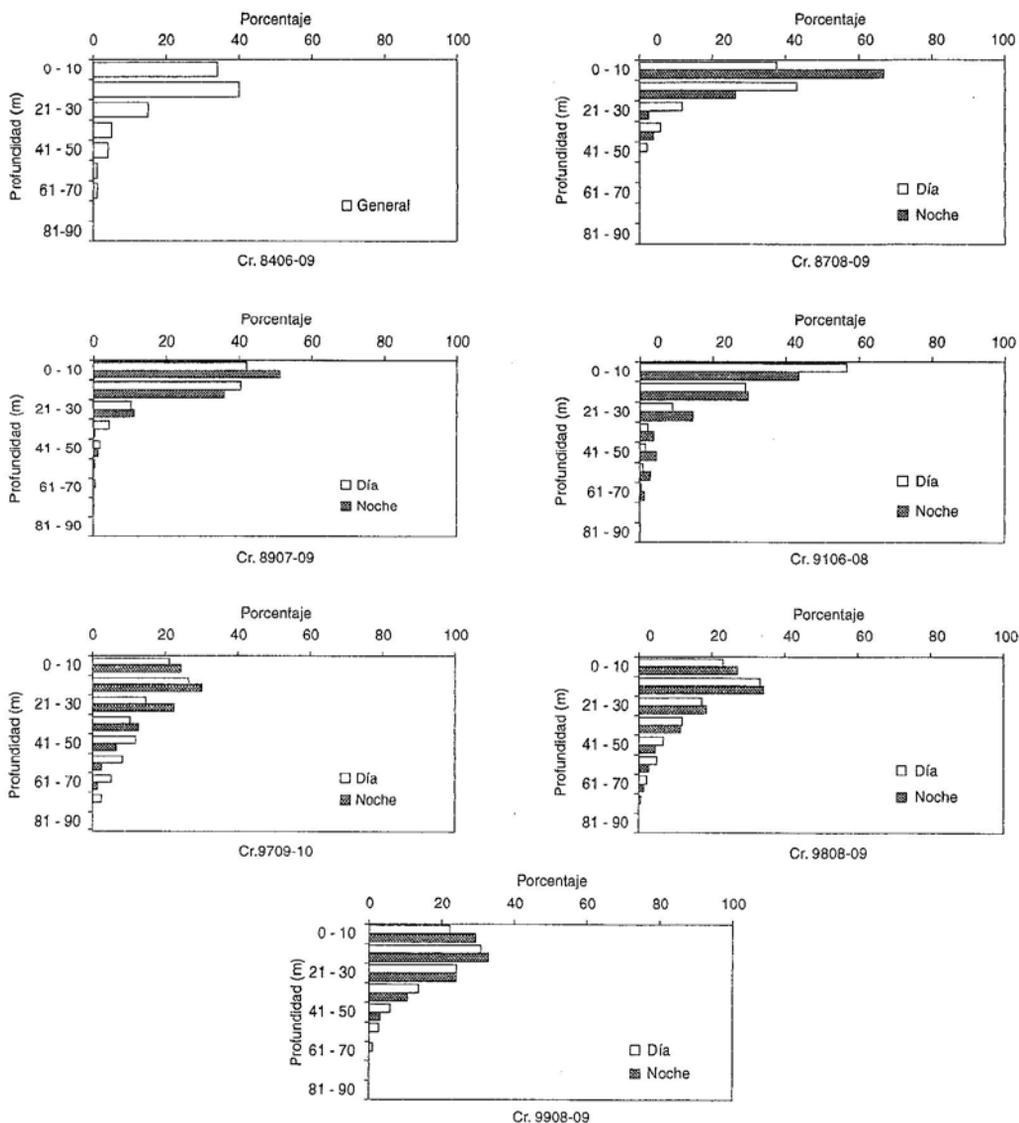


FIGURA 12. Distribución vertical de la anchoveta durante la estación de invierno.

registrándose las mayores concentraciones de cardúmenes hasta los 30 m, a excepción de los cruceros que se realizaron durante El Niño 1997-98 que llegaron hasta los 50 m durante el día y la noche (Figura 12).

En los cruceros de invierno los ecogramas con cardúmenes de anchoveta, se

presentaron en forma de manchas muy densas, desde la superficie hasta los 35 m en la noche, con valores ecointegrados altos. En el crucero de invierno 9709-10 que se realizó durante El Niño 1997-98, se localizaron vulnerables a la pesca cerca de la costa debido a la presencia de aguas cálidas (Figura 13).

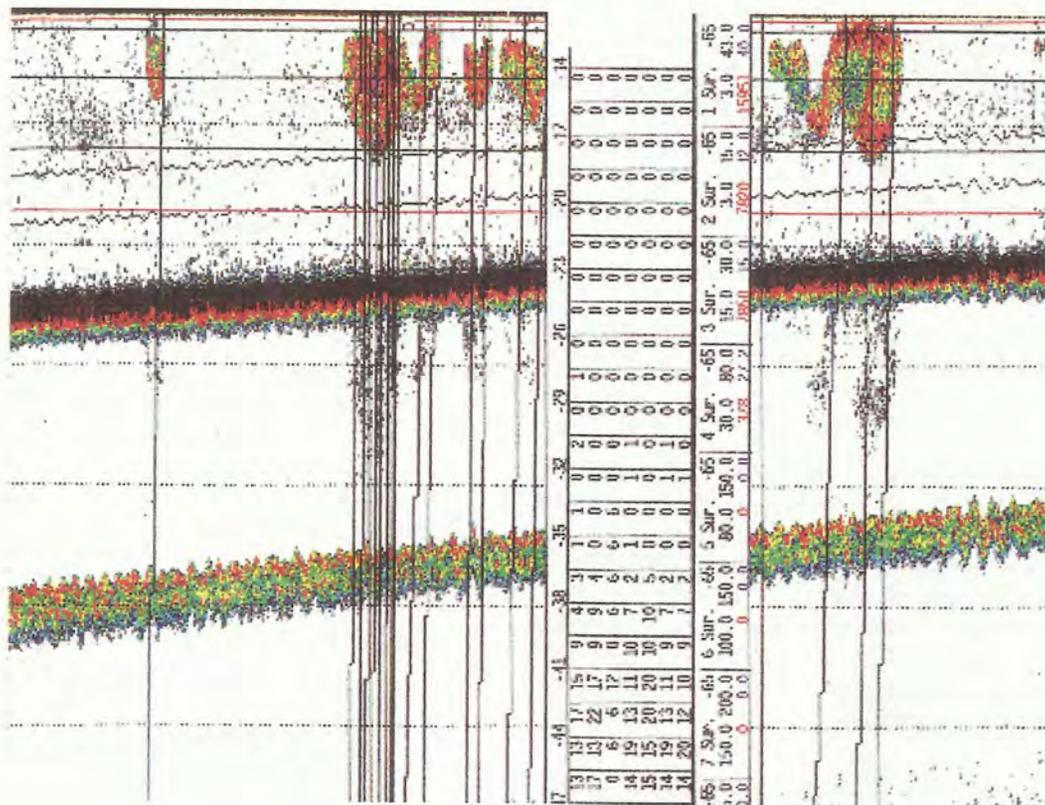


FIGURA 13. Ecotrazos de anchoveta en invierno durante el crucero 9709-10.

Variación de la biomasa y desembarques

En los cruceros realizados en el período de 1983 al 2000 (Figura 14), los estimados altos de biomasa de anchoveta se obtuvieron durante los veranos, registrándose los picos elevados en el crucero 9401-03 (8.700.590 t) y en el último crucero 0001-02 (9.439.340 t), debido a que fue factible evaluar casi la totalidad del recurso, por encontrarse más concentrado cercano a la costa.

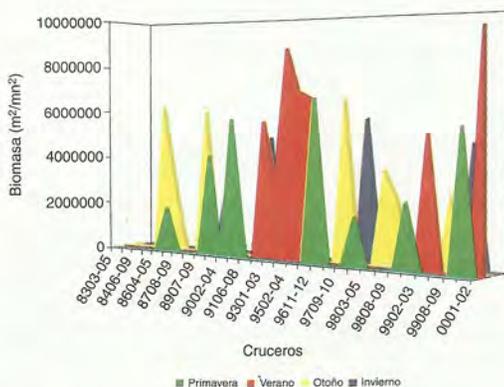


FIGURA 14. Distribución de la biomasa de la anchoveta por estaciones y cruceros. 1983 - 2000.

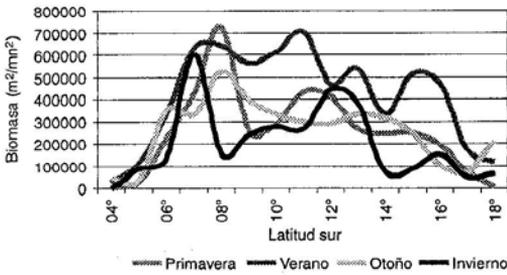


FIGURA 15. Biomasa estacional promedio de anchoveta por grados de latitud sur. 1983 - 2000.

Los promedios de biomasa, por grados de latitud y por estaciones del año (Figura 15), muestran que en la primavera, la mayor biomasa se obtuvo en el grado 8°S; en verano el predominio se da en los 8° y 11° S; en otoño la predominancia se da en los 7 y 9°S; y en la estación de invierno el promedio más alto corresponde también a 8°S, seguido de los 13°S.

La biomasa promedio de anchoveta por estaciones del año, en primavera fue 3.825.640 t; aumentó en verano a 6.233.269 t; para luego disminuir en otoño e invierno a 3.876.671 t y 3.005.795 t, respectivamente. De igual modo, el desembarque anual promedio en primavera fue de 951.188 t, incrementando en verano a 1.577.855 t y disminuyendo en otoño donde se obtuvo 323.004 t para luego aumentar en invierno a 1.241.017 t (Figura 16).

La biomasa de anchoveta, por El Niño 1982-83, en 1983 y 1984 disminuyó considerablemente presentándose tan dispersa, que no fue posible determinar su biomasa. Tuvo una gran recuperación en 1985 (6.219.312 t), descendiendo los años siguientes a consecuencia de El Niño 1987. En 1988 tuvo un aumento para luego disminuir y mantenerse casi constante hasta 1992. Bajó en 1993 a consecuencia de El Niño 1992. Aumentó ostensiblemente

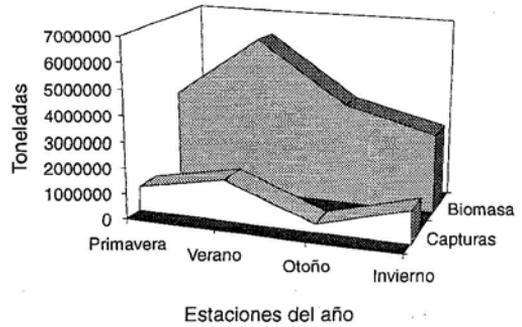


FIGURA 16. Distribución de la biomasa y captura de desembarque promedios de la anchoveta. 1983 - 2000.

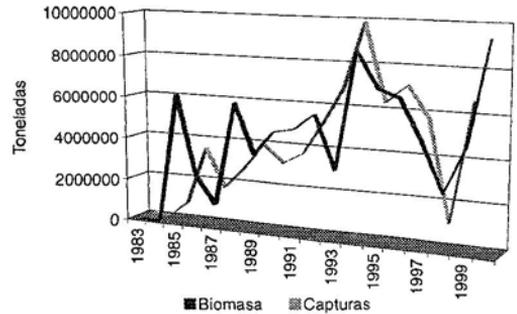


FIGURA 17. Relación entre la biomasa y las capturas de desembarques. 1983 al 2000.

hasta 1994 (8.700.590 t); se determinó un decrecimiento hasta 1997, por efectos de El Niño 1997-98; pero alcanzó un crecimiento significativo hasta el verano del 2000 (9.439.340 t).

Como muestra la Figura 17, los desembarques anuales de anchoveta tuvieron una variación, entre 1983 al 2000, El más alto fue en 1994 con 9.896.303 t que sobrepasó los niveles de biomasa; decreció en 1999 por El Niño 1997-98, notándose un fuerte incremento en el año 2000. Se debe mencionar sin embargo, que estas cifras están afectadas por los periodos de veda y la disponibilidad del recurso.

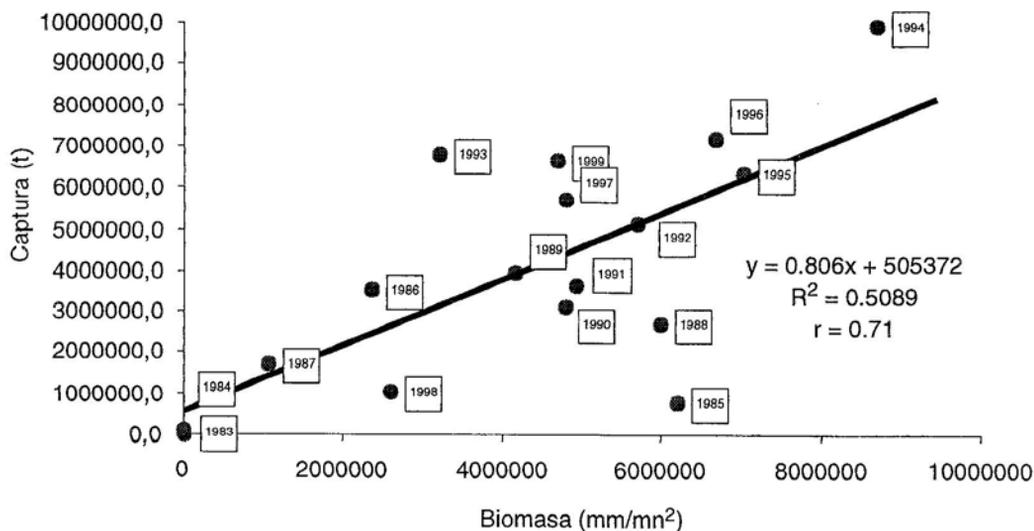


FIGURA 18. Correlación lineal entre la biomasa con la captura de desembarque de la anchoveta. 1983 - 2000.

Los parámetros de biomasa y capturas anuales muestran que existe una correlación significativa con $r = 0,71$, lo cual describe aceptablemente el esfuerzo pesquero realizado sobre la biomasa disponible (Figura 18).

CONCLUSIONES

1. Las áreas de distribución por categorías de abundancia relativa de anchoveta se presentaron disminuidas, por efectos de El Niño y aumentaron en años normales, debido a la presencia de las Aguas Costeras Frías (ACF).

2. Durante la primavera, las concentraciones de anchoveta tuvieron una amplia distribución geográfica, asociada a las Aguas Costeras Frías y a las aguas en proceso de mezcla, a excepción de los registros durante los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98, cuando se le detectó cerca de la franja costera con migración hacia el sur, empujadas por las Aguas Ecuatoriales de norte a sur, y por las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) de oeste a este.

3. En el verano, la distribución horizontal de la anchoveta fue muy costera, debido al avance de las aguas oceánicas hacia el litoral, a diferencia de los veranos de 1999 y 2000 cuando tuvo una distribución amplia y abundante en un ambiente ligeramente frío, favorecida por las aguas en proceso de mezcla hasta los 130 mn de la costa.

4. Durante otoño e invierno, geográficamente la distribución de la anchoveta, en un ambiente frío, fue ampliamente dispersa hasta los 150 mn de la costa, a diferencia de los años 1984, 1997, 1998 que se replegó a la franja costera, con una migración hacia el sur debido a los efectos de El Niño.

5. En los periodos cálidos, la distribución vertical de las concentraciones de anchoveta ha mostrado que tienden a profundizarse durante el día y acercarse a la superficie durante la noche. En periodos fríos se dispersan, registrándose cerca de la

superficie durante el día y la noche, salvo en el caso de un evento El Niño cuando tiende a concentrarse a profundidades fuera de lo usual buscando mejores condiciones para su existencia.

6. Las mayores biomásas de anchoveta se registraron durante la temporada de verano. La mayor biomasa promedio por grados de latitud se determinó en primavera en 8°S, y en el verano en 11° S. Las altas biomásas promedios durante las cuatro estaciones se encontraron entre los 7°S y 9°S. Las mayores biomásas y desembarques anuales promedio se determinaron en verano, debido al avance de las ASS hacia la costa, haciendo replegar al recurso y ser más vulnerable a la pesca.

7. La anchoveta tuvo las más altas biomásas en 1985 (6.219.312 t), en 1994 (8.700.590 t) y entre enero y febrero del 2000 (9.439.027 t). Los mayores desembarques anuales, se obtuvieron en 1994 (9.896.303 t) y en 1996 (7.136.856 t).

8. La correlación entre la biomasa y los desembarques anuales, en el periodo 1983 al 2000, indica que es significativa con un coeficiente: $r = 0,71$; la cual describe el esfuerzo pesquero realizado sobre la anchoveta.

REFERENCIAS

- CASTILLO, R. 1995. Distribución de los principales recursos pelágicos durante los veranos de 1992 a 1994. *Inf. Inst. Mar Perú* 114.
- CASTILLO, R., M. GUTIÉRREZ, L. VÁSQUEZ y F. GANOZA. 1998. Distribución y rangos preferenciales de temperatura y salinidad de los recursos pelágicos durante el otoño de 1998. Crucero BIC Humboldt 9803-05 de Tumbes a Tacna. *Inf. Inst. Mar Perú* 135:34-66.
- CASTILLO, R., M. GUTIÉRREZ, F. GANOZA y A. ALIAGA. 1998. Biomasa de las especies pelágicas en el mar peruano a comienzos de otoño de 1998. Crucero BIC Humboldt 9803-05 de Tumbes a Tacna. *Inf. Inst. Mar Perú* 135:91-102.
- CASTILLO, R., M. GUTIÉRREZ, S. PERALTILLA y N. HERRERA. 1999. Biomasa de recursos pesqueros a finales de invierno 1998. Crucero BIC Humboldt y BIC José Olaya Balandra 9808-09 de Paita a Tacna. *Inf. Inst. Mar Perú*. 141:136-155.
- CASTILLO, R., M. GUTIÉRREZ y S. PERALTILLA. 1999. Distribución de los recursos pesqueros de mayor abundancia en verano 1999. Crucero BIC José Olaya Balandra 9902-03 de Tumbes a Tacna. *Inf. Inst. Mar Perú* 147:83-97.
- ERFEN. 1987. Informe resumido de los programas oceanográficos y biológico pesquero. Sexta Reunión del Comité Científico del ERFEN, Lima-Perú. 22 al 26 de junio 1987. 40 pp.
- FOOTE, K. y D. MAC LENNAN. 1984. Use of elastic spheres as calibration targets. Selected papers of the ICES/FAO Symposium on fisheries acoustic. Bergen, Norway, 21-24 June 1982 FAO Fish. Rep. 300: 52-58.
- GUTIÉRREZ, M. 1997. Aplicación de software de interpolación en las evaluaciones hidroacústica de la biomasa y distribución de recursos pelágicos. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú*. 67:21-30.
- IMARPE. 1984. Evaluación de los recursos sardina, jurel y caballa. Informe del Cr. 8406-09 frontera sur-frontera norte. BIC Humboldt y BIC SNP-1. Centro Regional de Electroacústica.
- IMARPE. 1986. Informe del crucero BIC SNP-1 8604-05 y diagnóstico de la situación de los recursos pelágicos a mayo de 1986. *Inf. Esp. Inst. Mar Perú*. 193:61 pp
- IMARPE. 1988. Informe del crucero de evaluación acústica BIC SNP-1 y BIC Humboldt 8805-07 y diagnóstico de la situación de los recursos pelágicos a julio de 1998. *Inf. Esp. Inst. Mar Perú*. 194. 61 pp.
- IMARPE. 1989. Informe del crucero de evaluación acústica BIC Humboldt y BIC SNP-1 8907-09 y Situación actual de los recursos pelágicos a setiembre de 1989. *Inf. Esp. Int. Inst. Mar Perú* 195. 68 pp.
- IMARPE. 1989. Informe de evaluación de recursos pelágicos anchoveta, sardina, jurel y caballa en primavera de 1989 y crucero de evaluación acústica BIC SNP-1 8911-12 (Chicama-Punta Doña María) Serie *Inf. Esp. CEE. Inst. Mar Perú*. IM 100. 10 pp. y Anexos.
- IMARPE. 1990. Informe de evaluación de recursos pelágicos en la costa peruana. Crucero de evaluación acústica BIC Humboldt, BIC SNP-1 y R/V F. Nansen 9002-04 (Frontera Norte- Frontera Sur) Serie *Inf. Esp. CEE. Inst. Mar Perú*. IM 101. 16 pp. y Anexos.
- IMARPE. 1992. Informe de Evaluación de recursos Pelágicos. Crucero 9201-03 BIC SNP-1. Proyecto C.E.E.
- JOHANNESSON, K. y R. VÍLchez. 1979. Los resultados de calibración experimental en merluza viva como preparación para la implementación de

- prospecciones bioacústicas dirigidas a determinar la magnitud de los recursos peruanos de merluza. IMARPE, Febrero 1979.
- MAC LENNAN, D., A. MAGURRA, T. PITCHER, y C. HOLLINGWORTH. 1990. Behavioural determinants of fish target strength. Rapp. P.-v Réun. Cons perm. Int. Explor. Mer. 189. 245-53.
- MAC LENNAN D. y J. SIMMONDS. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman & May Eds. 325 pp.
- SEGURA, M., C. SALAZAR, L. ESCUDERO, F. GANOZA y M. GUTIÉRREZ. 1996. Biomasa, distribución y concentración de los principales recursos pelágicos crucero 9502-04 BIC SNP-1. 13 febrero-05 abril,1995. IMARPE/CEE-VECEP ALA 92/43. Informe 116. Perú.
- VÁSQUEZ, L. y C. GRADOS. 1996. Condiciones oceanográficas del mar peruano durante el crucero de evaluación de recursos pelágicos 9502-04 BIC SNP-1. 13 febrero-05 abril,1995. IMARPE/CEE-VECEP ALA 92/43. Informe 116. Perú.
- VILGHEZ, R., P. MUCK y A. GONZALES. 1988. Variaciones en la biomasa y en la distribución de los recursos pelágicos del Perú entre 1983 y 1987. Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Boletín. IMARPE – UNALM – ALICM – GTZ.

CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE MARINO FRENTE A LA COSTA PERUANA

Octavio Morón Antonio¹

RESUMEN

MORÓN, O. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 179-204.

El ambiente marino frente al Perú es modificado considerablemente por eventos trascendentes de características opuestas: El Niño y La Niña, los mismos que se presentan alternadamente, con diferente intensidad y duración. La temperatura presenta sus máximos y mínimos valores en verano e invierno, respectivamente; ambos extremos de la salinidad se registran en el verano; los nutrientes presentan sus mínimos valores en verano y máximos en el invierno, intensificándose el afloramiento.

Frente a la costa peruana se presentan masas de aguas superficiales y subsuperficiales procedentes de la región subtropical, tropical, ecuatorial y de la región subantártica. La Corriente Peruana, se subdivide en Corriente Costera Peruana y Corriente Oceánica Peruana. En la capa subsuperficial se presentan la Corriente Peruana Subsuperficial y la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell.

El afloramiento, mecanismo esencial de la alta producción marina, se produce sobre todo en las zonas de los 4-5°S, 7-8°S, 11-12°S y 14-15°S. Durante las últimas tres décadas tres eventos El Niño y dos Niñas de gran intensidad han afectado severamente el ecosistema marino peruano.

PALABRAS CLAVE: El Niño, La Niña, afloramiento, temperatura, salinidad, nutrientes, mar peruano.

ABSTRACT

MORÓN O. 2000. Characteristics of the marine environment in front of Peruvian coast. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 179-202.

The characteristics of Peruvian marine environment, are considerably modified with the presence of two main events of opposed features: El Niño and La Niña, which occurs alternately, with different intensity and duration. The temperature has its maximum values during summer, and minimum during winter; both extreme salinity values are registered in summer; the lowest nutrient values are shown in summer, and the highest in winter, when the upwelling intensification is recorded. All these characteristics change considerably

Surface and subsurface waters are present off the Peruvian coast, coming from the subtropical, tropical, equatorial and subantarctic regions. The Peruvian Current is divided in the Peruvian Coastal Current and the Peruvian Oceanic Current; in the Subsurface layer the Peruvian Subsurface Current and the Southern Extension of the Cromwell Current are present.

The upwelling, essential mechanism of the high biotic production is mainly important into the zones of 4-5°S, 7-8°S, 11-12° S and 14-15°S. During the last three decades, three El Niño events and two "Niñas" of great intensity have strongly affected the Peruvian marine ecosystem.

KEY WORDS: El Niño, upwelling, salinity, nutrients, subtropical region, ecosystem.

INTRODUCCIÓN

El área marina frente a la costa peruana presenta características muy particulares, originadas principalmente por el complejo sistema de corrientes superficiales y subsuperficiales, asociadas a la variación zonal y temporal de los afloramientos costeros, los mismos que son favorecidos por la intensificación de los vientos alisios del sur.

Estas características particulares pueden cambiar drásticamente por la presencia de los eventos cálidos El Niño (EN) que, según su intensidad, pueden originar anomalías térmicas de hasta +10 °C sobre el promedio multianual, como ha sucedido en los EN 1982-83 y 1997-98, acarreando efectos desastrosos, principalmente en la pesquería y en el clima continental, desatándose grandes inundaciones por exceso de lluvias.

Los efectos de los eventos fríos o "La Niña" son opuestos a los EN, debido a que las aguas frías del afloramiento, ricas en nutrientes, fertilizan el medio, elevando la productividad biótica, posibilitando el desarrollo de grandes poblaciones de peces, ampliándose las zonas de alta producción, principalmente de la anchoveta, especie que sustenta la pesquería más importante del país. Por otro lado, afecta al continente con temperaturas muy bajas, principalmente en el invierno.

El presente trabajo trata de resumir las principales características del ambiente marino frente a la costa peruana, en base a cartas promedio mensuales y estacionales de los principales parámetros oceanográficos. Se tratan especialmente los eventos cálidos y fríos de mayor repercusión en el Pacífico Oriental, haciendo referencia a las fronteras físicas en las que se encuentran enmarcadas las

aguas del mar peruano, así como también a los vientos predominantes.

FRONTERAS FÍSICAS DEL OCEANO FRENTE AL PERÚ

Línea costera actual del Perú

En todas las costas del mundo, la línea costera es el resultado de transgresiones y regresiones marinas a través de la historia geológica, las mismas que han configurado el perfil actual que determina la línea de costa. En el Perú se sitúa entre la latitud 3°24'S, que corresponde a la línea fronteriza con Ecuador (Punta Capones); y 18°20,8'S, línea fronteriza con Chile (Hito Concordia); su extensión alcanza algo más de 1.200 mn (Fig. 1).

La orientación de la línea costera varía entre el S y SE, a excepción de una pequeña porción al norte de Cabo Blanco, que presenta orientación SO. Al sur de los 6°S la línea costera es aproximadamente paralela a la dirección de los vientos alisios del SE, especialmente al sur de Pisco, lo que es importante para la producción del afloramiento costero y la orientación de la Corriente Costera Peruana.

Aspectos topográficos del mar peruano

La Plataforma Continental se encuentra bien delimitada por la isóbata de 100 bz. Presenta pendientes suaves, de vida abundante y variada. La zona más ancha (65 mn) se ubica entre 7°S y 10°S; las más angostas (3-5 mn) se encuentran al sur de los 15°S y al norte de los 7°S.

Otro aspecto importante de la topografía es la *Fosa Peruana*, que presenta su eje entre las 40 y 140 mn de la línea costera, con profundidad aproximada de 3.350 bz, aumentando ésta al sur de los 17°S, donde supera las 3,660 bz. La Fosa Peruana



FIGURA 1. Fronteras físicas del mar peruano.

presenta un mayor acercamiento a la costa a los 6°S (aproximadamente 40 mn) y 15°S (aprox. 45 mn) y su mayor distanciamiento a los 9°S (aprox. 120 mn) y 17° S (aprox. 85 mn).

La *Cordillera Sumergida de Nazca*, con su eje aproximadamente perpendicular a la línea costera frente a Punta Doña María (14°45'S), se aproxima hasta 50 millas de la costa entre Punta Infiernillos (14°45'S) y San Juan (15°20'S); la parte más alta de esta cordillera está cerca de los 850 m de la superficie del mar, alrededor de 400 mn de la costa peruana.

Con respecto al tipo de *sedimento del fondo*, DELGADO *et al.* (1987) describen que los sedimentos arenosos predominan en la mayor parte de la amplia plataforma entre 7°S y 10°30'S, y forman parches costeros hacia el sur. La arcilla limosa cubre casi todo el talud continental y gran parte de la plataforma al sur de los 10°30' S, al norte de esta latitud forma algunos parches costeros.

El sistema de vientos

Los vientos predominantes frente a la costa peruana son los alisios del SE (Fig. 2), gobernados por el anticiclón del Pacífico Sur; se proyectan hacia el NO (de zonas de alta presión subtropical, a zonas de baja presión ecuatorial), siendo más intensos en el invierno y más débiles en el verano del Hemisferio Sur, con velocidades medias hasta algo más de 5 m/s (aprox. 10 nudos).

Entre Pisco y San Juan los vientos son más intensos y persistentes, alcanzando en muchas oportunidades velocidades mayores de 10 m/s; al norte de los 6°S, en las cuatro estaciones del año, se presentan vientos más variables, con direcciones del S y SO.

Cerca de la costa, o dentro de las bahías, se presentan esporádicamente y con muy corta duración, los denominados vientos locales, que se manifiestan con dirección contraria a los alisios del SE.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA DE MAR

Las propiedades del agua de mar se pueden agrupar en conservativas y no-conservativas. Entre las primeras tenemos la temperatura y la salinidad. Las no conservativas son aquellas como el oxígeno disuelto, los fosfatos, silicatos, nitratos etc., que están sujetas a grandes cambios por efecto de fenómenos atmosféricos, procesos químicos y bioquímicos.

Temperatura

La distribución de la temperatura en los océanos es uno de los factores que controlan la distribución de organismos marinos y la densidad del agua de mar. Debido a la gran capacidad calórica del agua, la temperatura del mar varía mucho menos que la terrestre, consecuentemente, el mar provee un ambiente muy estable para la vida marina y una gran influencia sobre el clima costero.

Frente a la costa peruana las temperaturas presentan cambios estacionales bien marcados, con altos valores en el verano y bajos en el invierno; generalmente se elevan hacia el Ecuador y hacia el oeste, dando lugar a gradientes zonales y latitudinales principalmente en el verano, cuando las mayores temperaturas se proyectan hacia el sur y hacia la costa o las zonas de afloramiento.

En febrero (fig. 3a) y marzo se registran las máximas temperaturas del año, alcanzando valores de 25 °C y 26 °C por fuera de las 150 mn y al norte de los 14°S;

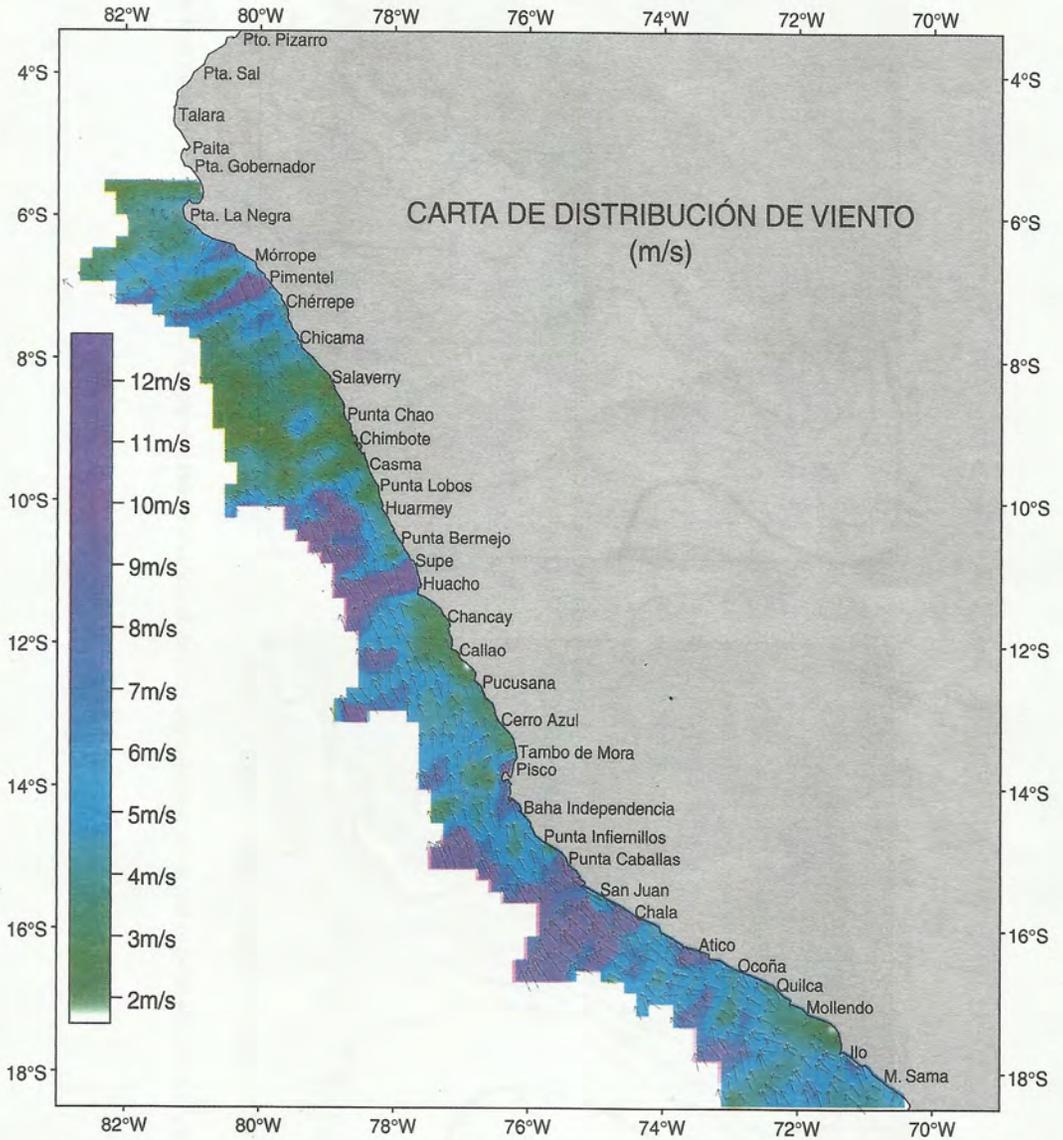


FIGURA 2. Distribución del viento frente a la costa peruana. Crucero BIC Humboldt 9803-05.

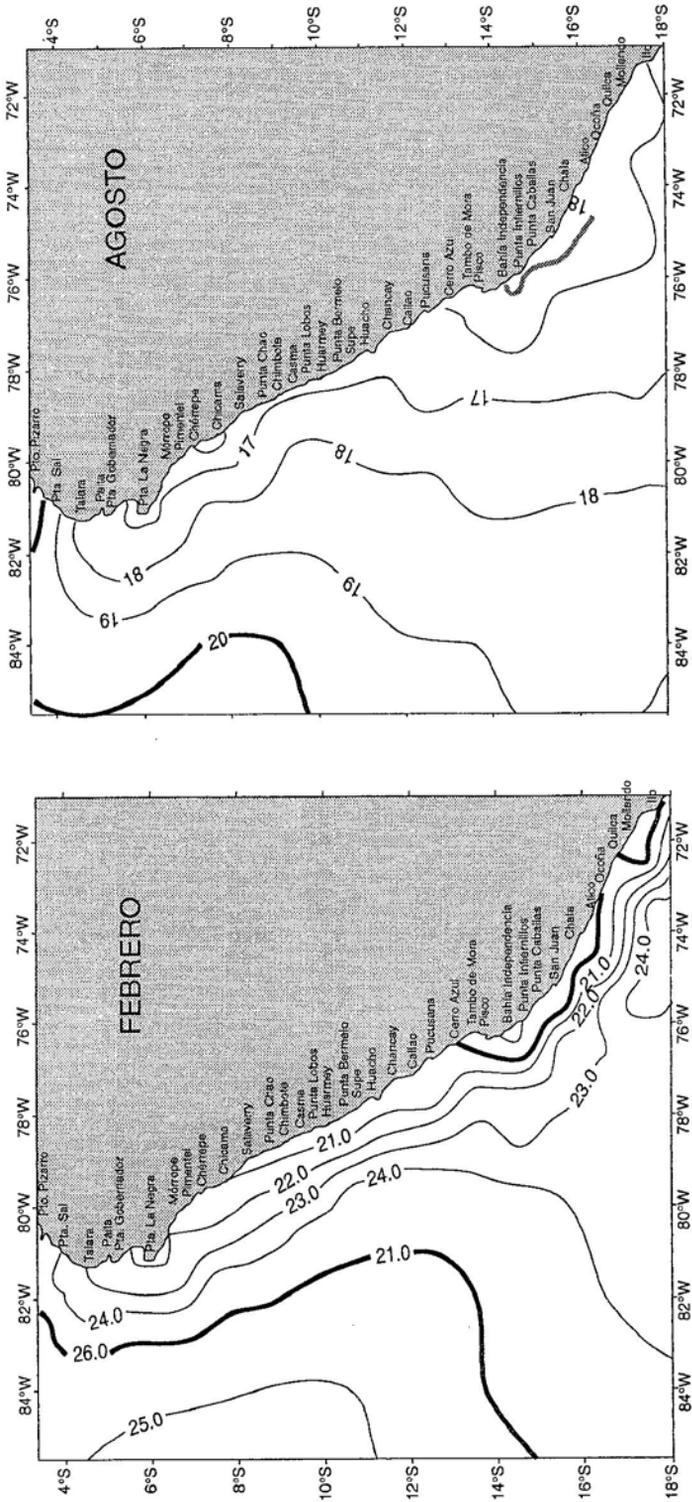


FIGURA 3. Promedios por Cuadrado Marsden de la temperatura (°C) en la superficie del mar para los meses de febrero y agosto (ZUTA y URQUIZO 1972).

las temperaturas mínimas (17 °C a 18 °C) se ubican en el lado costero al sur de los 14°S, originándose un fuerte gradiente térmico con las aguas cálidas adyacentes.

Las temperaturas más bajas se registran principalmente en agosto (Fig. 3b) y setiembre, debido a la intensificación de los vientos y del afloramiento costero; en estos meses las isotermas rompen el paralelismo a la costa observado en la estación de verano, dando lugar a una dispersión mucho más notoria al sur de los 10°S.

En estos meses de invierno, la franja costera dentro de las 50 mn presenta temperaturas entre 13 °C y 17 °C, mientras que la isoterma de 19 °C se ubica alrededor de las 150 mn al norte de los 10°S, y a mayor distancia hacia el sur de esta latitud.

Salinidad

La salinidad, al igual que la temperatura, es uno de los parámetros conservativos de mayor importancia para la distribución y concentración de los recursos vivos del mar. Por lo general varía con la latitud; las altas salinidades proceden de la región subtropical, zona de gran evaporación, mientras que las mínimas de la región tropical, donde predomina la precipitación.

Como término medio el mar peruano presenta concentraciones de 35,6 a 33,2 ups en verano y 35,4 a 33,8 ups en invierno, pero varían por la influencia de factores meteorológicos, topográficos, aportes fluviales, etc., alcanzando las máximas alteraciones en la etapa previa, durante o post El Niño, cuando se han registrado valores hasta de 35,96 ups y un mínimo de 29,0 ups.

En el verano se registra una gran aproximación de las altas salinidades de

la región subtropical hacia la costa, mientras que las bajas concentraciones de las Aguas Ecuatoriales y Tropicales avanzan hasta aproximadamente los 6°S, replegando cerca de la costa a las aguas costeras frías relacionadas con el afloramiento (Fig. 4a).

En el invierno, la mayor intensidad de los vientos da lugar a una intensificación del afloramiento costero; la capa de salinidad moderada (34,9–35,0 ups) se extiende hacia el oeste, principalmente al sur de los 13° S. Las Aguas Subtropicales se proyectan algo más al norte, lo que da lugar a un repliegue de las Aguas Ecuatoriales y Tropicales (Fig. 4b).

Nutrientes

Llamados también "sales nutritivas", son los compuestos esenciales para la síntesis orgánica en el mar; y de ellos depende en forma fundamental la vida en las aguas marinas. Su concentración varía de acuerdo a su utilización por el fitoplancton en los procesos de producción primaria; son regenerados a partir de la descomposición de la materia orgánica de los productos catabólicos y de los cadáveres de los organismos, principalmente en las zonas de afloramiento, donde la renovación es más intensa; o por aportes terrígenos (descargas continentales) en las zonas costeras. Entre los principales nutrientes tenemos: fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos.

Fosfatos

Frente a la costa del Perú, la fluctuación y distribución de estas sales en la superficie del mar, está íntimamente ligada a la intensidad del afloramiento costero y, en menor relación, con el aporte terrígeno.

En el verano austral el afloramiento costero es menos intenso, presentándose

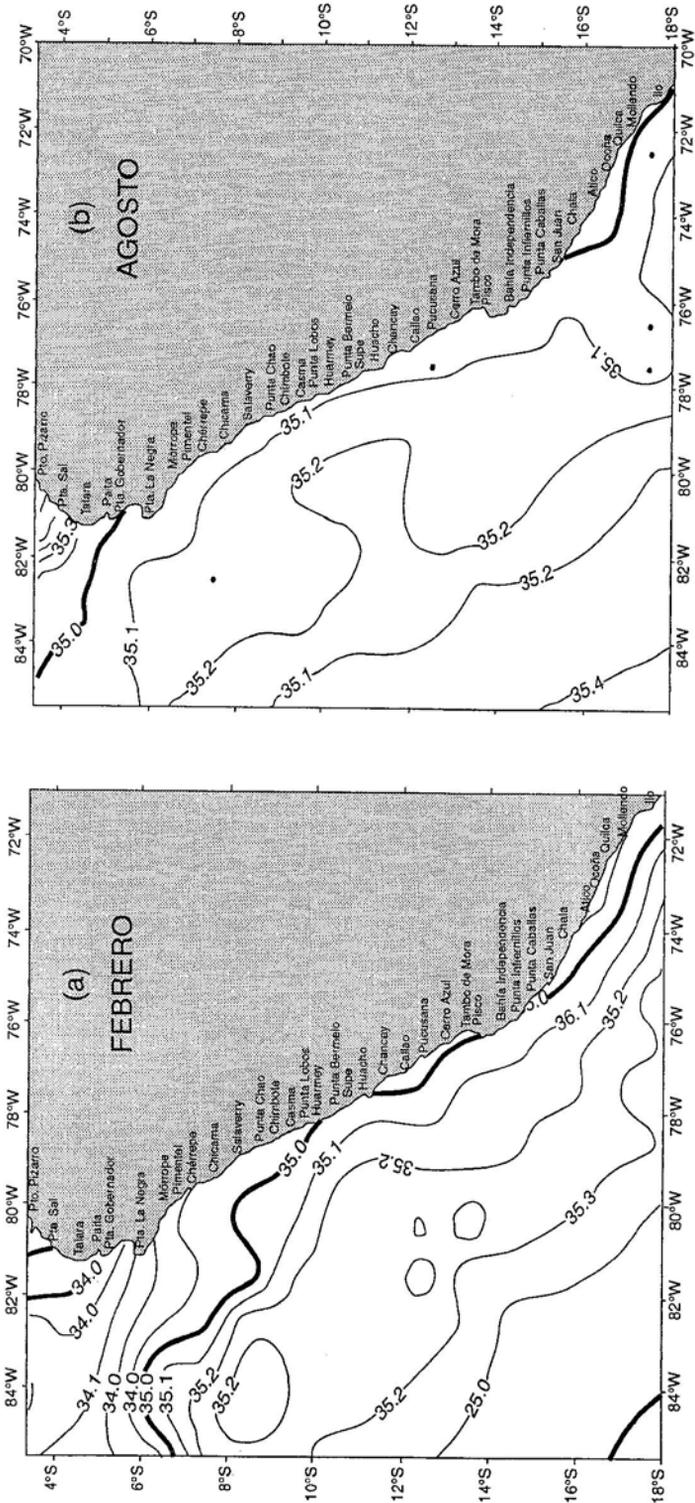


FIGURA 4. Promedios por Cuadrados Marsden de la salinidad (ups) en la superficie del mar, para los meses de febrero y agosto (MORÓN Y ESCUDERO 1991).

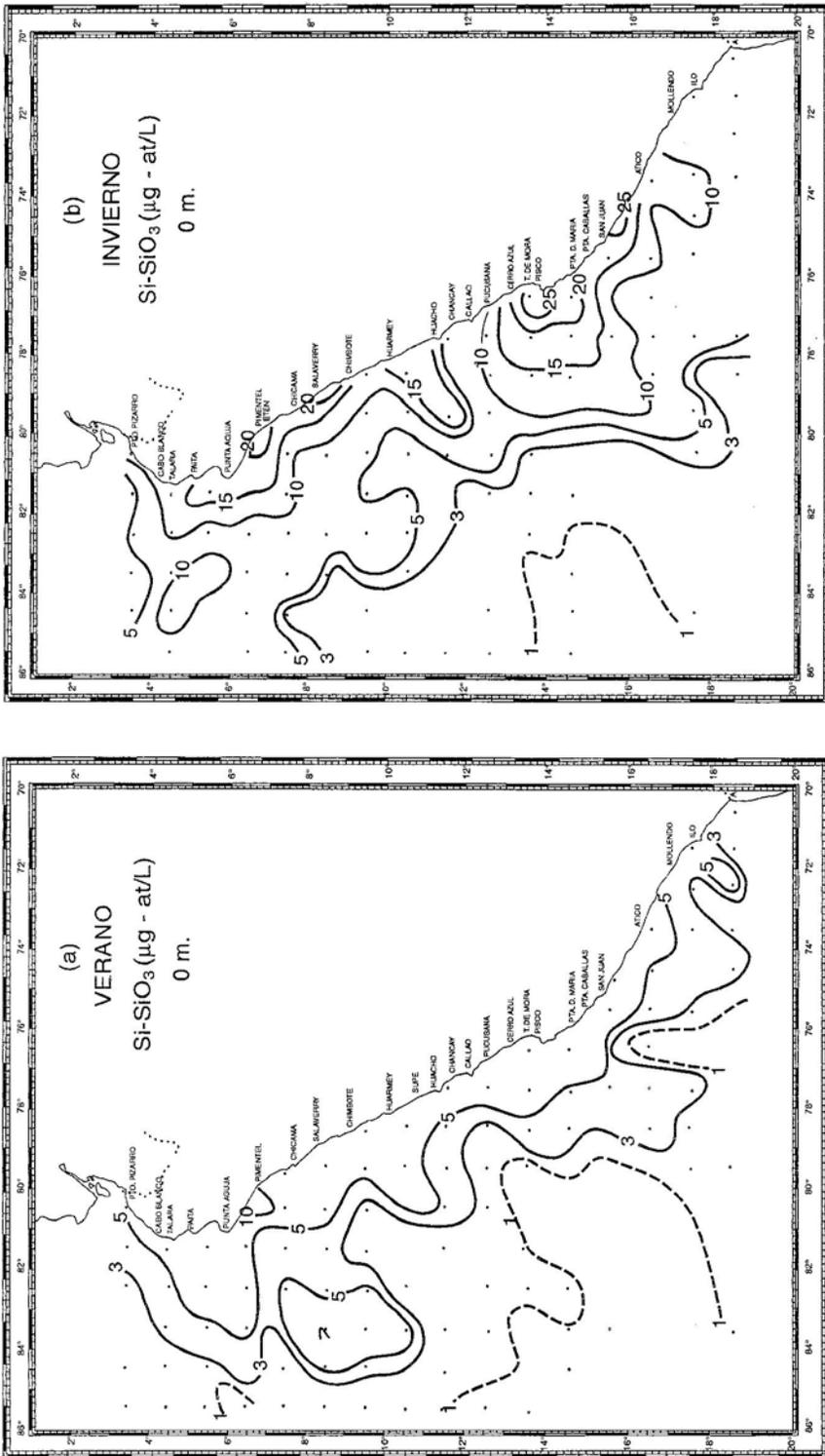


FIGURA 6. Promedios por Cuadrados Marsden de los Silicatos ($\mu\text{g-at/L}$) en la superficie del mar para las estaciones de verano e invierno. (CALIENES *et al.* 1985).

concentraciones medias de 1,5 ug-at/L en zonas aisladas, con valores de 1,0 ug-at/L que dominan una banda angosta a lo largo de la costa (CALIENES *et al.* 1985, Fig. 5a). Al intensificarse el afloramiento en invierno, los fosfatos presentan las más altas concentraciones, registrándose valores >2 ug-at/L en zonas costeras, mientras que la isolínea de 1 ug-at/L se aleja de la costa (Fig. 5b).

Generalmente la capa superficial presenta los mínimos valores (<2,0 ug-at/L) debido a los procesos de fotosíntesis en la zona eufótica; concentraciones de 2,0 a 2,5 ug-at/L se ubican a profundidades de 100 a 400 m, y hasta de 3,0 ug-at/L alrededor de los 500 m.

Silicatos

De gran importancia desde el punto de vista biológico, son utilizados por las algas diatomeas, silicoflagelados, radiolarios y determinadas esponjas cuyos esqueletos son silíceos.

Al igual que los fosfatos, su distribución está ligada al afloramiento y a la presencia de las diferentes masas de agua. En verano, las concentraciones superficiales promedio muestran bajos valores (Fig. 6a); la media estacional máxima alcanza los 10 ug-at/L en zonas costeras asociadas al afloramiento, predominando concentraciones de 5 ug-at/L hasta las 60 mn. En invierno (Fig. 6b) las concentraciones son relativamente altas: hasta 25 ug-at/L en la zona costera, con distribución irregular en forma de meandros, llegando a presentarse concentraciones de 5 ug-at/L hasta fuera de las 120 mn de la costa.

En la capa subsuperficial las concentraciones de silicatos aumentan con la profundidad, pudiendo alcanzar hasta 50 ug-at/L por debajo de los 400 m.

Nitratos y nitritos

La distribución de los nitratos es similar a la de fosfatos; tanto los organismos consumidores como las fuentes de producción son las mismas, aunque presentan concentraciones diferentes. Pueden alcanzar valores mínimos en verano (<1,0 ug-at/L) y máximos en invierno (>20 ug-at/L). Las aguas costeras son delimitadas por valores de 5 ug-at/L.

Los nitritos son menos abundantes, y en algunos casos pueden faltar completamente, predominan valores <1,0 ug-at/L en superficie; en casos excepcionales superan este valor; su distribución batimétrica no es continua, aunque excepcionalmente se han encontrado concentraciones de 2 ó 3 ug-at/L dentro de la columna de agua de 500 m.

MASAS DE AGUA

El término "Masas de Agua" se utiliza para definir volúmenes de agua, que poseen temperaturas y salinidades más o menos uniformes, tomando el nombre de la región de origen o formación; las fluctuaciones latitudinales o longitudinales de estas masas de agua juegan un rol importantísimo, en la mayor o menor concentración y distribución de los recursos marinos.

La costa peruana, por su situación geográfica, está mayormente influenciada por aguas saladas de la región subtropical denominadas Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). Las masas de agua que le dan una característica especial al mar peruano son las Aguas Costeras Frías (ACF), principalmente por su baja temperatura y alto contenido de nutrientes; estas aguas son resultado del flujo de la Corriente Costera Peruana (CCP) y su mezcla con las aguas del afloramiento costero. También se presentan Aguas

Ecuatoriales Superficiales (AES) y Aguas Tropicales Superficiales (ATS), de baja salinidad que provienen de las regiones ecuatorial y tropical.

Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se extienden por fuera de la corriente costera en gran parte de la costa peruana, con grandes fluctuaciones horizontales y verticales en las cuatro estaciones del año; se presentan con temperaturas y salinidades mayores de 17 °C y 35,1 ups, con profundidades variables hasta 50 m en condiciones normales.

Las Aguas Costera Frías (ACF), se ubican a lo largo de la franja costera y hasta aproximadamente 20-30 mn de la costa en verano (Fig. 7a) y de 50 a 60 mn en invierno (Fig. 7b), están relacionadas con la CCP y al afloramiento. Se caracterizan por temperaturas de 14 °C a 18 °C y salinidades entre 34,9 y 35,0 ups, aunque al sur de los 15°S pueden aflorar aguas de hasta 34,8 ups cuando las Aguas Templadas de la Subantártica se encuentran próximas a la costa.

Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), comúnmente en el verano se ubican al norte de los 6°S, replegándose hacia el norte en invierno; presentan temperaturas entre 19 °C y 25 °C, salinidades de 34,0 a 34,8 ups y un espesor de 15 a 25 m.

Aguas Tropicales Superficiales (ATS), en condiciones normales se presentan al norte de los 4°S, con temperaturas >25 °C y salinidades <34,0 ups, con un espesor aproximado de 20 m.

Las Aguas Templadas de la Subantártica (ATSA), son masas de agua subsuperficiales, provenientes del borde norte de la región subantártica, se extienden normalmente hasta los 15°S por debajo de los 50 m de profundidad, su rango de temperatura es

de 15-13 °C y de salinidad de 34,8 a 34,6 ups. Al inicio del período frío de 1998 se proyectó hasta el norte del Callao y bastante superficial (Cr. 9808-09), .

CIRCULACION MARINA

El sistema de circulación marina frente a la costa peruana es bastante complejo, integrado por corrientes marginales superficiales y subsuperficiales que soportan el afloramiento a lo largo de la costa (Fig. 8).

Superficialmente se destaca la Corriente Peruana constituida por la Corriente Costera Peruana (CCP) y la Corriente Oceánica Peruana (COP), las mismas que se unen en la estación de invierno, mientras que en la capa subsuperficial destacamos la Corriente Peruana Subsuperficial y la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell

La CCP fluye entre la costa y los 78°W, con velocidad promedio de 5 a 15 cm/s, disminuyendo su intensidad a medida que avanza hacia el norte y a mayor profundidad; es más intensa entre abril y setiembre, cuando los vientos alisios del SE se intensifican. Transporta un volumen aproximado de 6 millones de m³/s. A 200 m de profundidad está escasamente desarrollada.

La COP, es más intensa que la CCP, fluye hacia el norte al oeste de los 82°W, alcanzando 700 m de profundidad; alrededor de los 10°S gira hacia el oeste. Entre julio y octubre forma un solo flujo con la CCP y está situada al oeste de la línea de máxima acción del viento. Transporta un caudal de unos 8 millones de m³/s. La sumatoria de los caudales de la CCP y la COP es la contribución de la Corriente Peruana a la Corriente Sur Ecuatorial.

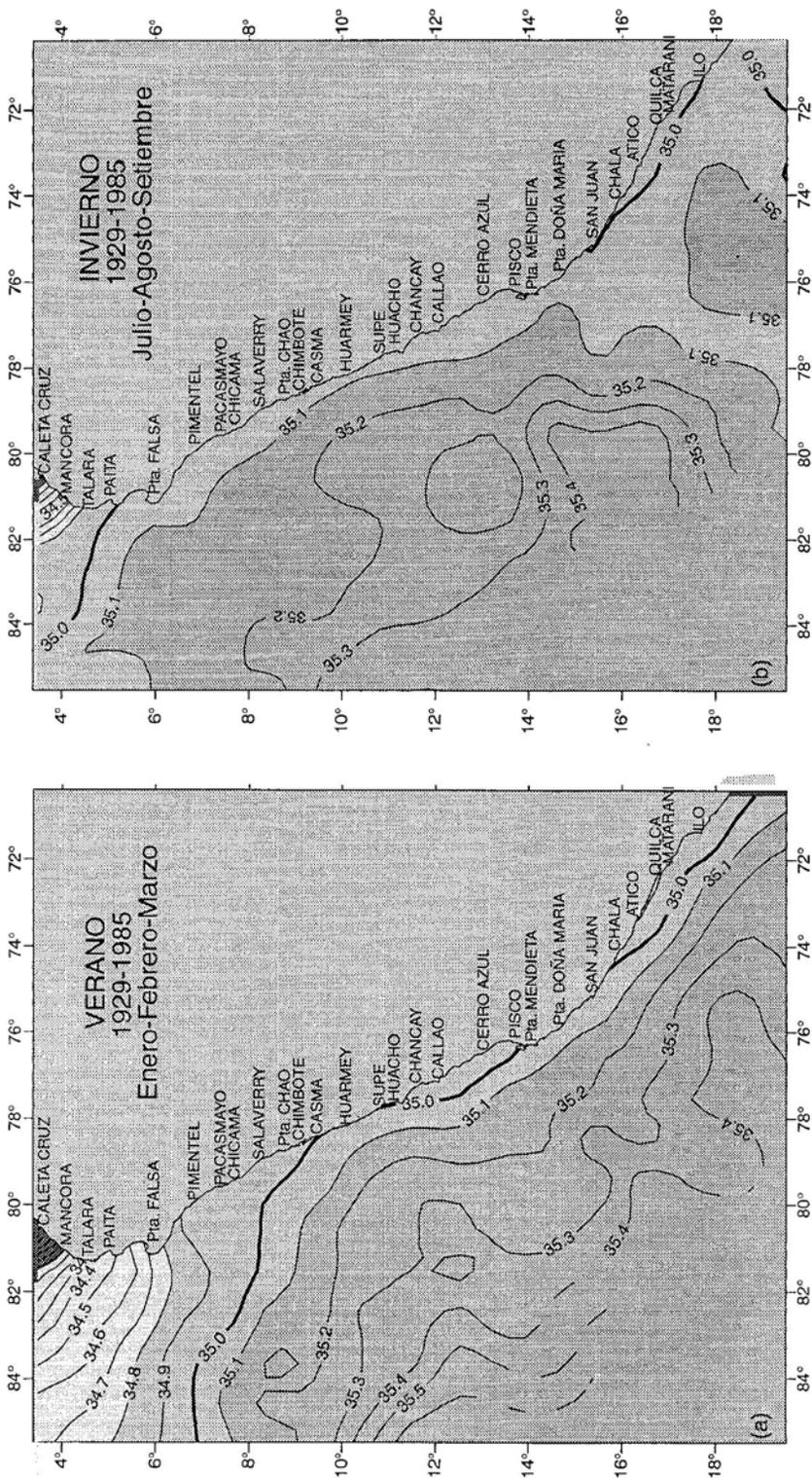


FIGURA 7. Promedio por Cuadrados Marsden de la Salinidad (ups) en la superficie del mar para las Estaciones de verano e invierno (MORÓN Y ESCUDERO 1991).

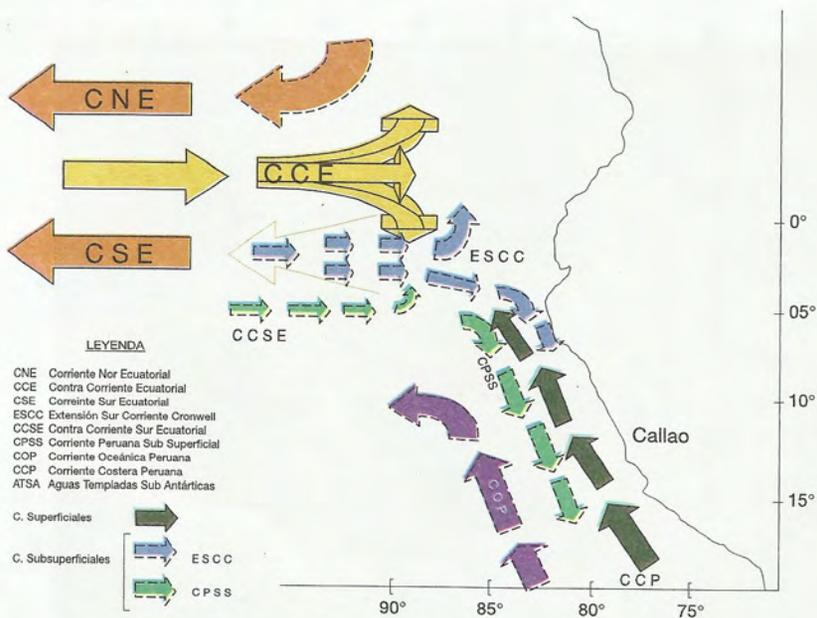


FIGURA 8. Esquema de las corrientes marinas en el Pacífico oriental.

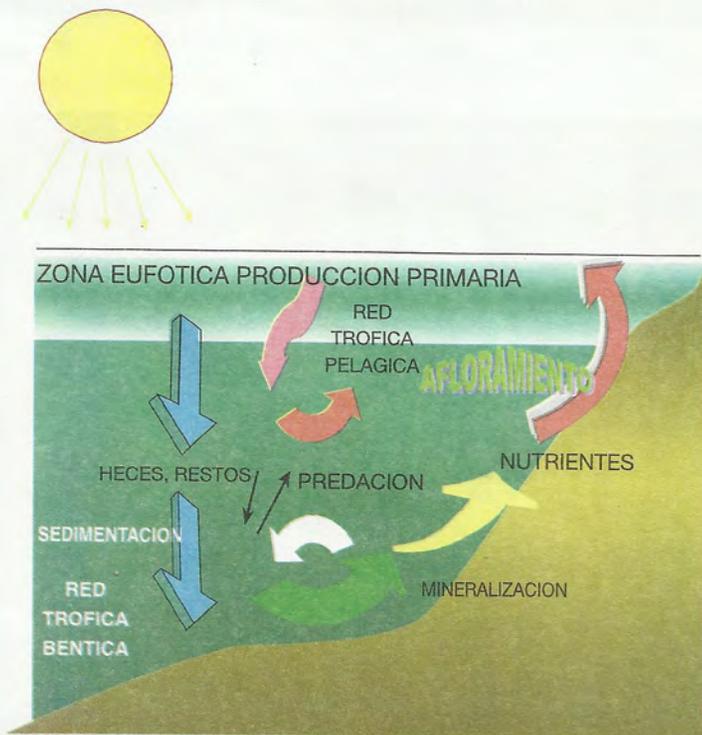


FIGURA 9. Esquema del afloramiento costero mostrando la estrecha conexión entre los sistemas Béntico y Pelágico.

Entre la CCP y la COP fluye hacia el sur una contracorriente, a la que se le denomina *Corriente Peruana Subsuperficial*, o *Corriente Subsuperficial Peruano-Chilena*. Presenta velocidades ligeramente superiores a 20 cm/s frente a Punta.Falsa, debilitándose en su avance hacia el sur. Comienza frente a Talara extendiéndose unos 250 km mar adentro, con un flujo más intenso cerca de los 100 m de profundidad. Esta contracorriente transporta agua de origen ecuatorial hacia el sur; está sujeta a variaciones considerables, tanto estacional como anual y es, probablemente, una consecuencia directa del apartamiento de la costa de la COP.

Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) es una corriente subsuperficial, que se inicia en la zona oceánica y se extiende hacia la zona costera entre los 5°S y 8°S ó 9° S, para luego integrarse a la Corriente Peruana Subsuperficial. Se puede ubicar entre 50 a 300 m de profundidad principalmente entre Paita y sur de Punta Falsa (5-7°S). Se caracteriza por presentar temperaturas de 15 °C a 13 °C, salinidades de 34,9 a 35,1 ups y concentraciones relativamente altas de oxígeno (>1,0 mL/L a 100 o 200 m de profundidad).

AFLORAMIENTO COSTERO

Está determinado que frente a las costas occidentales de los continentes es donde principalmente ocurren los afloramientos costeros, procesos de gran importancia que convierten a estas regiones en las más productivas de los océanos. El Perú, por su ubicación geográfica y configuración de su costa, así como por la presencia de los vientos alisios del SE que soplan predominantemente paralelos a la costa, es uno de los países ribereños privilegiados en el mundo, donde el afloramiento costero se desarrolla con gran intensidad.

El afloramiento costero es descrito como un proceso ecológico de meso-escala, que se presenta principalmente en la partes orientales de los océanos, especialmente en latitudes bajas y medias. En estas áreas, los vientos en dirección al Ecuador arrastran las aguas superficiales alejándolas de la costa, y reemplazándolas por aguas subsuperficiales, debido al requerimiento de continuidad. Estas aguas afloradas son frías, de salinidades moderadas, contenido de oxígeno relativamente bajo, pero principalmente muy ricas en nutrientes (Fig. 9); con esto se fertiliza la zona eufótica, favoreciendo la producción del fitoplancton, base alimenticia para el zooplancton y para la vida animal superior.

Zonas de afloramiento costero peruano

Las aguas afloradas en condiciones normales frente al Perú pueden proceder de profundidades <120 m, y fluctuar de 14 °C a 17 °C, de 34,85 a 35,00 ups, oxígeno disuelto entre 2,0-4,0 mL/L, fosfatos de 1,0 a 2,5 ug-at/L y silicatos de <2,0 a >30 ug-at/L, por mencionar los principales aportes de estas aguas.

Una zona de afloramiento permanente y de mayor intensidad frente a la costa peruana se presenta entre los 14-15°S (Bahía Independencia - San Juan, Fig. 10), donde se registran las temperaturas más bajas durante todo el año. Otras zonas también importantes se ubican entre 5-6°S (Paita - Punta Falsa), 7-8° S (Pimentel - Chicama) y 11-12° S (Huacho - Callao).

Las aguas que alimentan el afloramiento costero son diversas: (a) provienen de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell, principalmente entre los 4-8° S; (b) Aguas de la Corriente Peruana Subsuperficial, hasta los 15° S y (c) las Aguas Templadas de la Subantártica, que en algunos casos

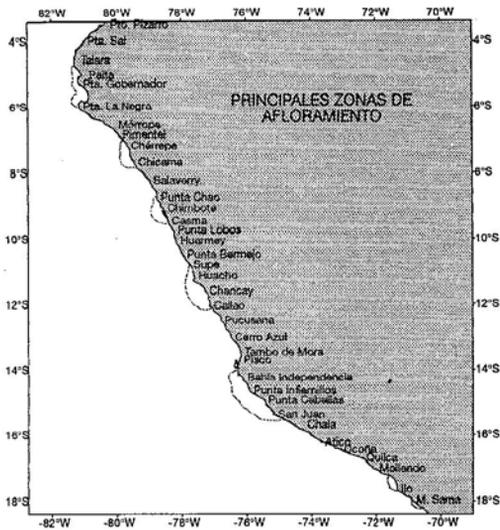


FIGURA 10. Principales zonas de afloramiento frente a la costa peruana.

se mezclan con Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales, al sur de los 14°S.

ANOMALÍAS DE MACRO ESCALA

En el Pacífico oriental tropical, y particularmente frente a la costa peruana, destacan dos eventos trascendentes y de características opuestas, El Niño y La Niña. Estos eventos se presentan en períodos irregulares de tiempo, con intensidad variable y como contraparte uno del otro.

Se tiene información difusa sobre estos eventos desde la llegada de los españoles. Se destacan principalmente los EN, como el del año 1578 catalogado como un "Niño muy fuerte" o "extraordinario" (QUINN *et al.* 1986). Otros eventos de similar magnitud que cuentan ya con una mayor información se presentaron en 1728, 1781, 1828, 1877-78, 1891, 1925-26 y, últimamente los más estudiados, en 1972-73, 1982-83 y 1997-98.

Los eventos fríos o muy fríos denominados "La Niña", se han venido desarrollando alternadamente con los cálidos. Sobre ellos no hay estudios profundos, tal vez porque no están relacionados a grandes alteraciones negativas en el clima y océano, ya que sus efectos no son tan visibles; o porque anteriormente no se han conocido sus efectos positivos en el ambiente marino, o por que la pesquería anchoveta no se había desarrollado antes de 1950.

El autor conceptúa que, en nuestro caso, a todos los eventos fríos no se les puede considerar como "La Niña", debido que frente a la costa peruana, donde son comunes y persistentes los afloramientos costeros, muchas veces la frialdad limita con la normalidad. Por este motivo, en el presente trabajo, considera como "fríos" los años cuando el promedio mensual de las anomalías negativas frente a la costa del Perú no pasa de $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; y como "muy fríos" o años "La Niña" aquellos cuyo promedio mensual de anomalías negativas alcanza de $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; esto último está asociado a un repliegue a la parte oceánica de las ASS y hacia el norte de las AES.

Existen registros de años "fríos" y "muy fríos" desde 1900 (Tabla 1), resaltando los "muy fríos" o "Niñas" de los años 1904, 1916-17, 1935, 1938, 1950, 1964 y 1996. No se ha considerado el año frío iniciado en el invierno de 1998, debido a que las máximas anomalías se han presentado en el Pacífico Central Ecuatorial, mientras que en la costa peruana no hemos tenido el enfriamiento homogéneo característico como el del año 1996, debido a la permanente fluctuación latitudinal y longitudinal de las ASS, mientras que las aguas frías han mostrado proyecciones zonales y permanentes hacia el oeste, principalmente entre los 12-14°S y al norte de los 8°S.

Tabla 1.- Anomalías térmicas mayores de 3 °C y -2 °C entre los años 1901 y 1999.

Anom. Térmicas positivas		Anom. Térmicas negativas	
Moderadas	Fuertes o Extraord.	Fríos	Muy Fríos
(Hasta 3°C)	(Mayor de 3°C)	(Hasta -2°C)	(Mayor de -2°C)
1901-1902			1904
1906		1907	
	1912		1916-1917
1914-1915		1921	
1919		1928	
	1925-1926	1933-1934	
1929			1935
	1930-1931	1936-1937	
	1940-1941		1938
1946-1947		1943	
1951			1950
	1957-58	1954-1955	
1965		1962	
	1972-1973		1964
1965		1967-1968	
	1982-83	1970-1971	
1987		1975	
1992		1985-1986	
	1997-1998		1996
		1998-1999	

El Niño: moderado, fuerte y extraordinario

El Niño (EN) es un fenómeno de macro escala, responsable de cambios con efecto global, a corto, mediano y largo plazo. Se manifiesta principalmente en el Pacífico ecuatorial, comprometiendo la región tropical y subtropical; afectando amplias áreas y regiones continentales de Asia, Oceanía, Europa y América, desencadenando grandes impactos en el Perú y Ecuador, los que pueden alcanzar características de desastres cuando EN es de gran intensidad.

En general, la primera manifestación de estos eventos es el debilitamiento de los vientos alisios del sur e intensificación de los vientos del oeste en el Pacífico central ecuatorial, lo que se traduce en que masas de aguas cálidas se aproximen a la costa (Fig. 11a), o las AES se proyecten hacia el

sur (Fig. 11b), dando lugar a la elevación de la temperatura en una capa considerable de la columna de agua, con la consiguiente profundización de la termoclina, o a la disminución considerable de la salinidad en la capa superficial; la presencia de estas aguas reduce o elimina las áreas de afloramiento, disminuyendo considerablemente la principal fuente de alimento de los organismos.

En las tres últimas décadas se han presentado seis eventos El Niño de consideración, a los que se ha dedicado una intensa actividad de investigación. Tres de ellos fueron de intensidad moderada "Niño moderado" (1976, 1987 y 1992), y tres de magnitudes fuertes y extraordinarios: 1972-73, 1982-83 y 1997-98. Por su intensidad y duración ellos han repercutido considerablemente en los aspectos económicos y sociales de los países afectados.

Se les ha denominado "Niños moderados" a aquellos eventos en que la TSM promedio puede alcanzar +3 ó +4 °C sobre la media mensual; se presentan en la estación de verano, con una duración de 3 a 4 meses; se caracterizan también por la proyección al sur de las AES, hasta no más de los 11°S, afectando las zonas de afloramiento. Estas AES se han detectado hasta los 100 m de profundidad frente a Punta Falsa y 30 m frente a Chimbote (Cr. 9201-02, Fig. 13b).

Los Niños "fuertes y extraordinarios" muestran sus efectos a lo largo del litoral, presentan dos picos de máxima intensidad, su duración puede extenderse entre 10 y 18 meses. En primer lugar son las ASS las que se aproximan a la costa, las mismas que son luego replegadas hacia el sur por la proyección de las AES y ATS. Estas últimas aguas, que no muestran gran avance en los "Niños moderados" pueden alcanzar hasta 30 °C y sobrepasar los 8°S,

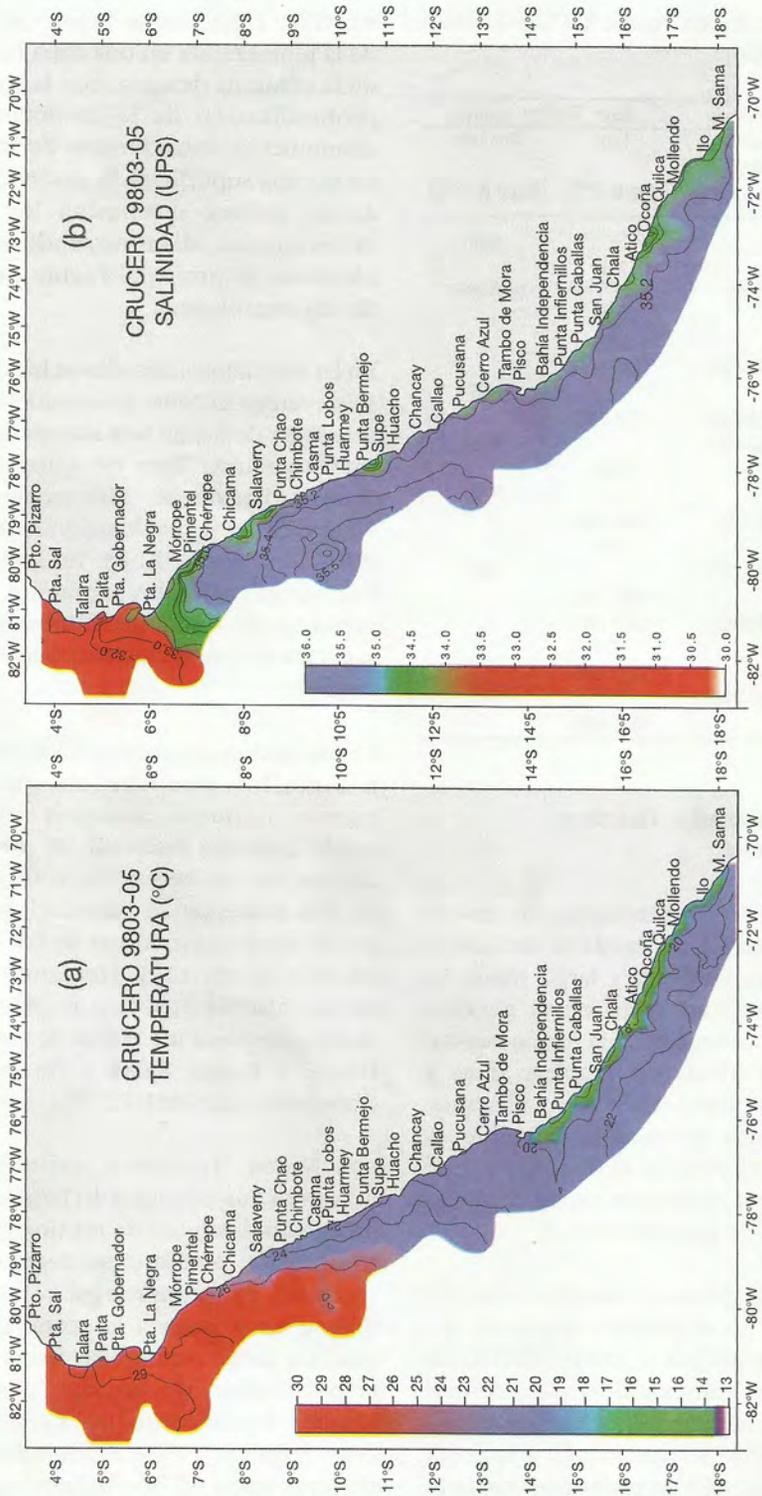


FIGURA 11. Distribución superficial de: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups) durante el Cr. BIC Humboldt 9803-05.

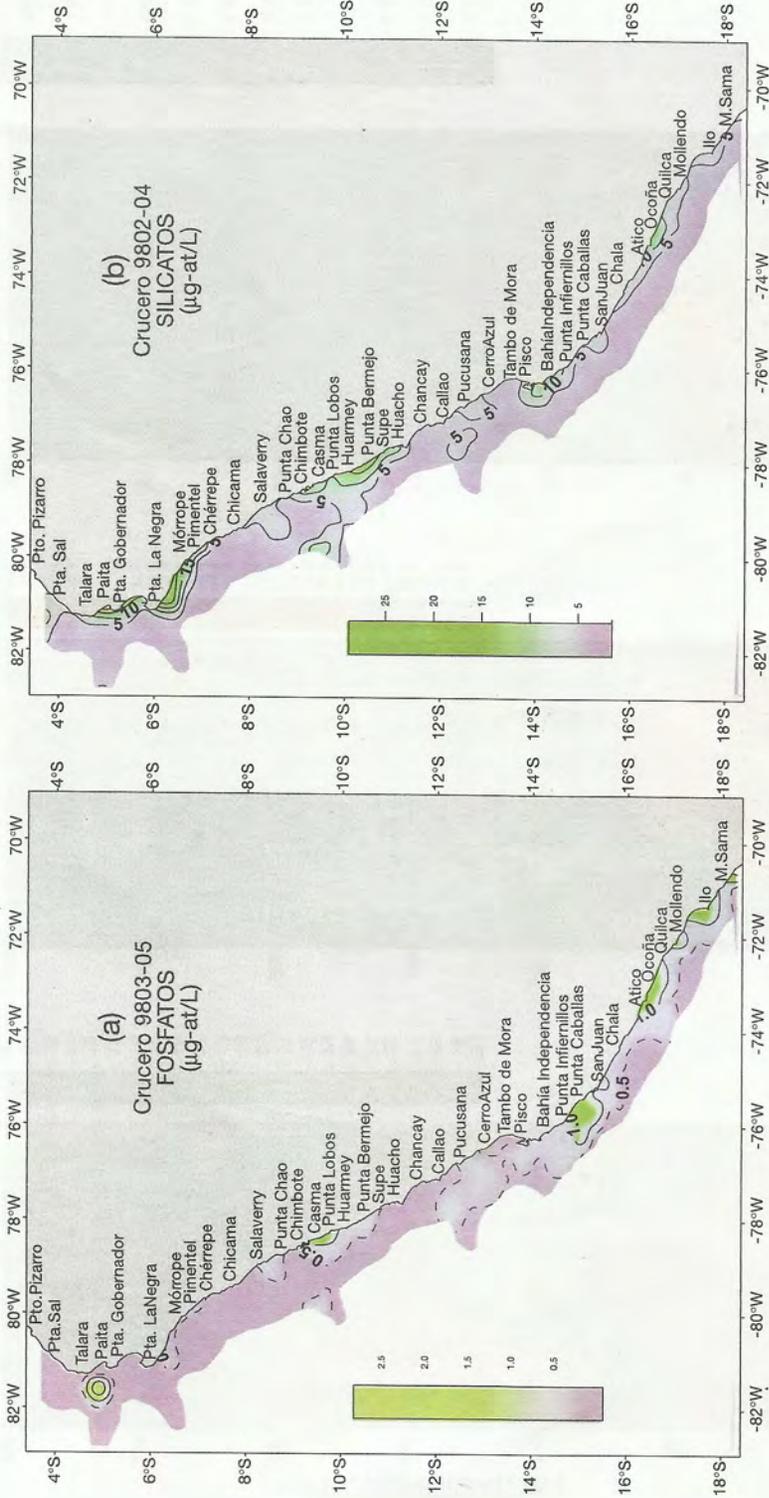


FIGURA 12. Distribución superficial de: a) Fosfatos ($\mu\text{g-at/L}$) y b) Silicatos ($\mu\text{g-at/L}$), durante el Cr. BIC Humboldt 9803-05.

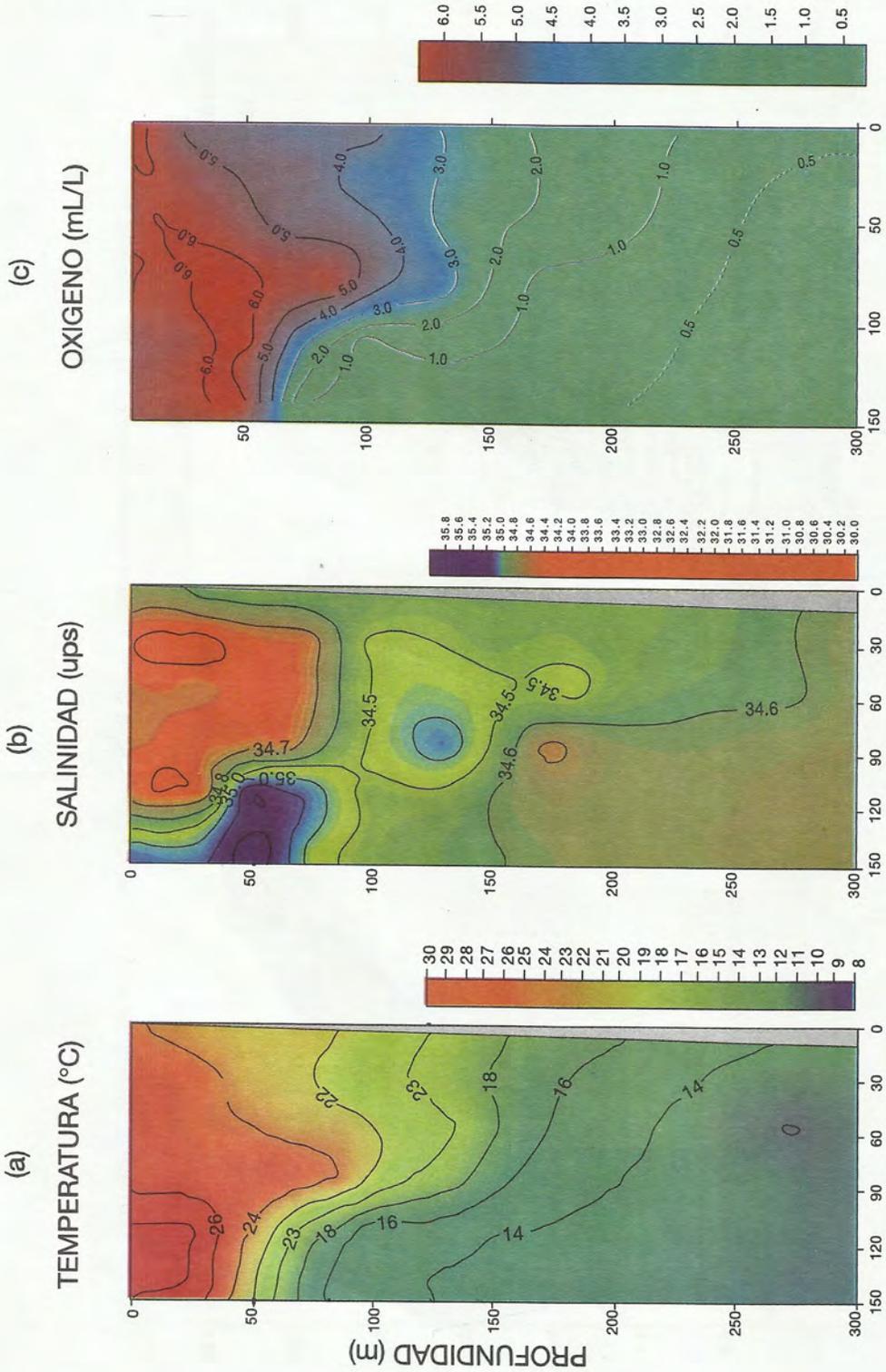


FIGURA 13. Distribución vertical de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad y c) Oxígeno disuelto (mL/L) en la sección Paíta. Cr. SNP-1 9201-02.

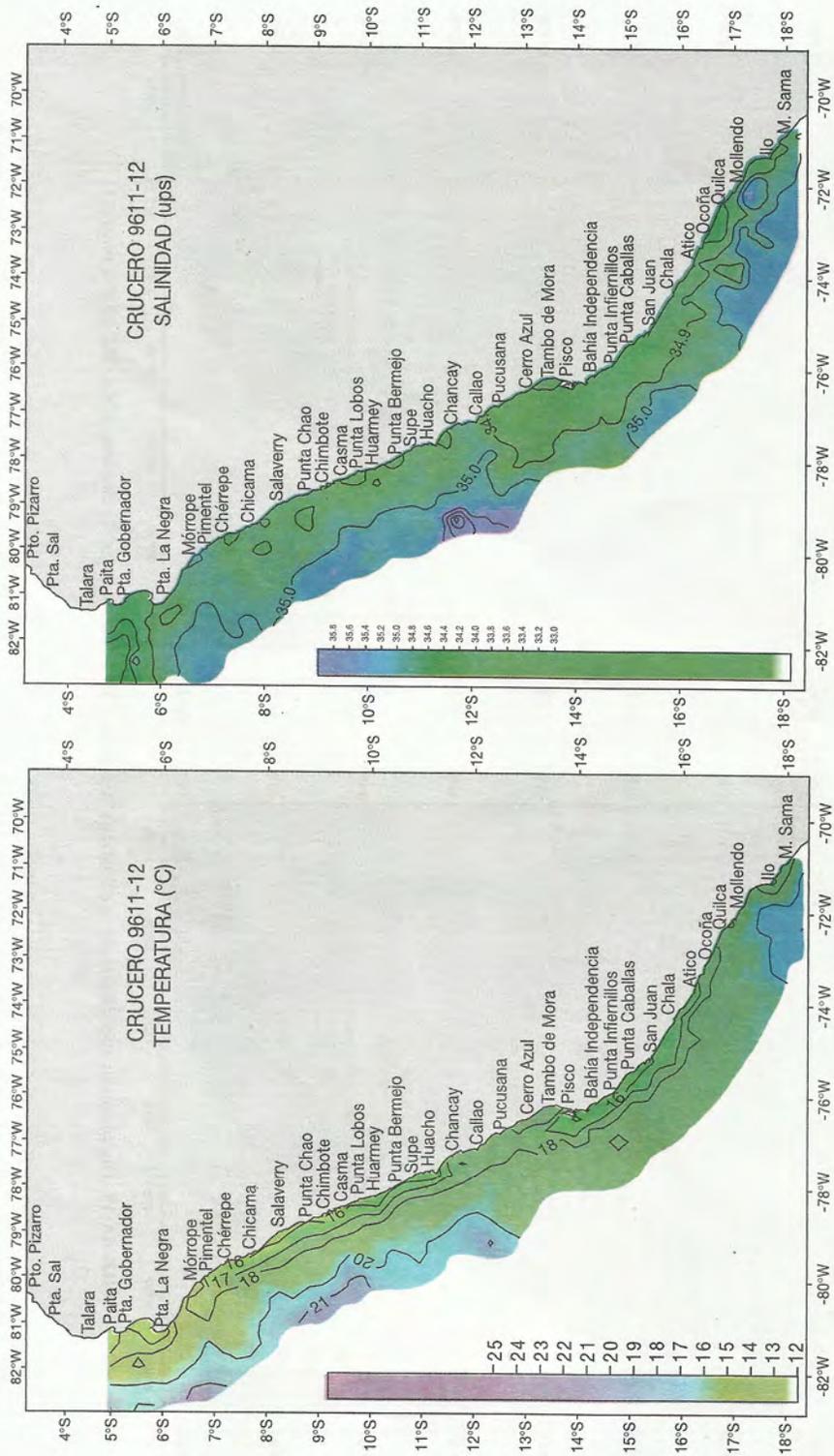


FIGURA 14. Distribución superficial de: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups) durante el Cr. BIC SNP-1 9611-12.

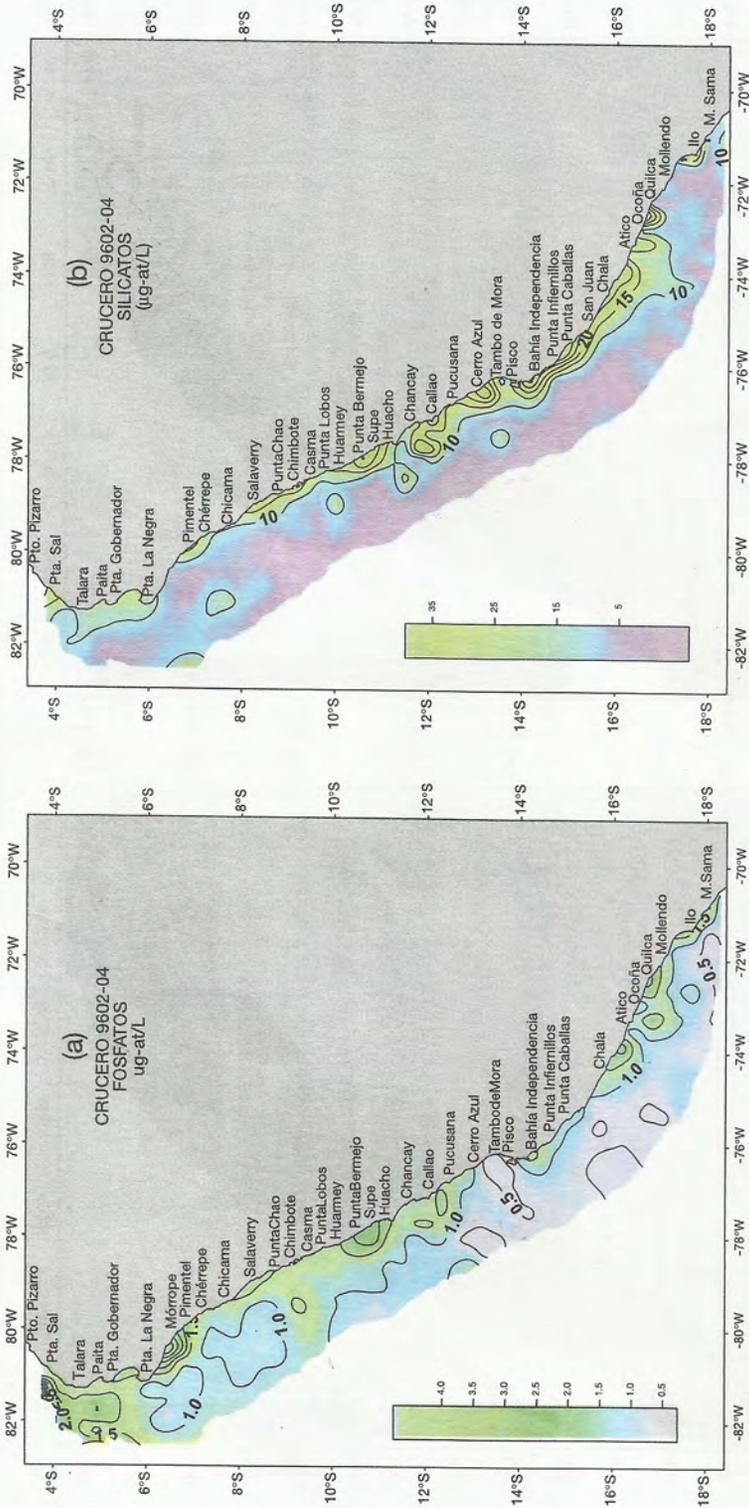


FIGURA 15. Distribución superficial de: a) Fosfatos (ug-at/L) y b) Silicatos (ug-at/L) durante el Cr. BIC SNP-1 9602-03.

SECCION PTA. FALSA (Cr. 9611-12)

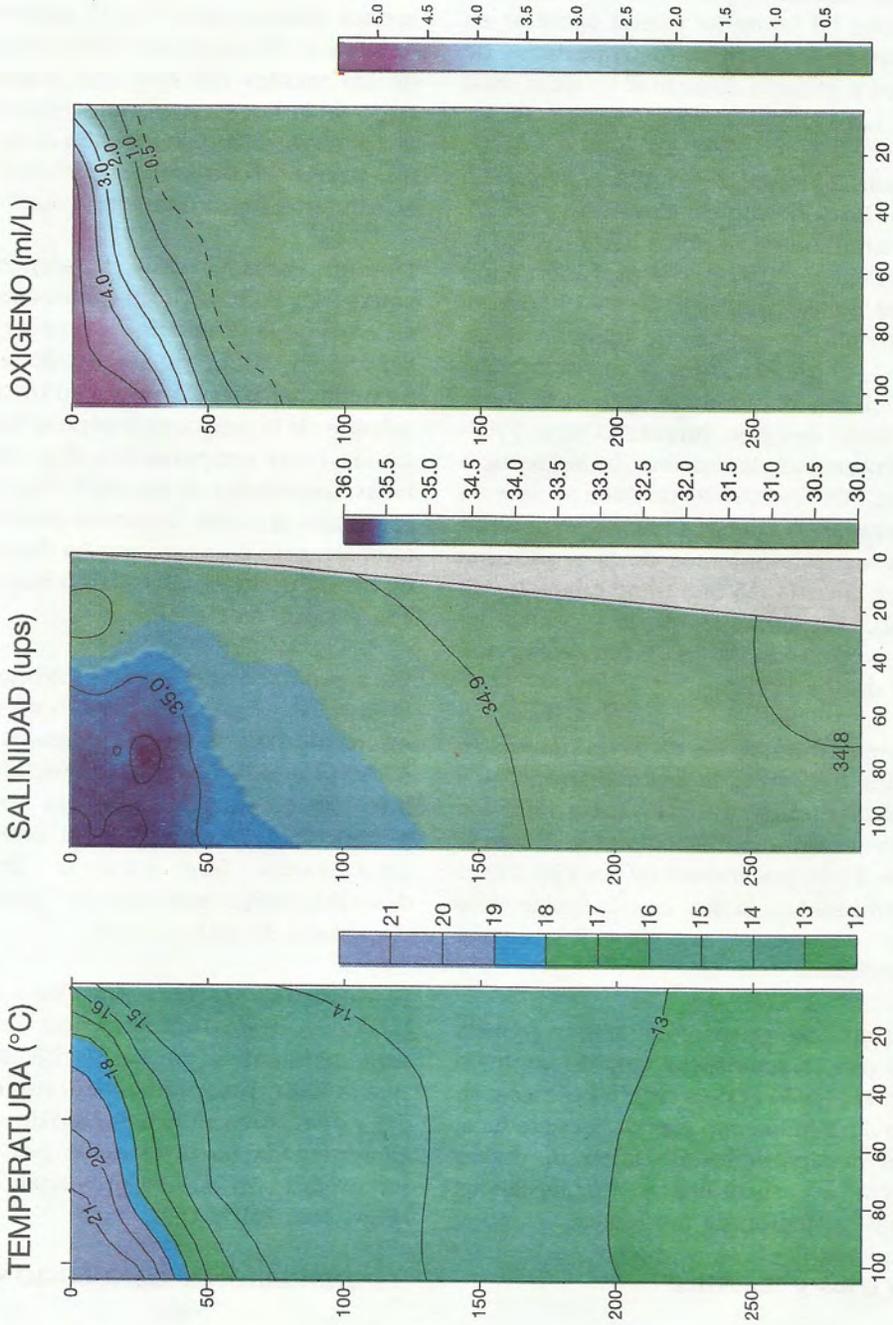


FIGURA 16. Distribución vertical de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno disuelto (ml/L). Cr. BIC SNP-1 9611-12.

originando anomalías térmicas de +8 a +10 °C y anomalías halinas de +0,3 a +0,4 ups. Los nutrientes disminuyen considerablemente tal como se puede apreciar en las cartas de distribución superficial de fosfatos y silicatos durante el Crucero 9802 (Figs. 12a y 12b).

Asociada al avance de las AES, la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC), que comúnmente se ubica hasta los 7-8°S, y está caracterizada por la profundización costera de las isotermas de 15-13 °C y su relativo alto contenido de oxígeno (Figs. 13a y 13c), muestra una gran proyección hacia el sur, habiéndose apreciado hasta en el norte de Chile durante El Niño 1997-98, favoreciendo la distribución del recurso merluza. En EN 1982-83 también se apreció algo similar; ZUTA *et al.* (1984) describieron marcados hundimientos de la termoclina cerca a la costa (lo que tiene relación con la ESCC) en las zonas norte y centro del Perú, y por fuera de las 75 mn de la costa al sur de los 18°S.

Asimismo, durante los EN la termoclina se debilita debido a la gran dispersión y profundización de las isotermas. En algunas oportunidades se puede observar a la de 15 °C por debajo de los 150-200 m de profundidad, la que comúnmente se le ubica alrededor de los 70 m de profundidad.

El afloramiento puede continuar en algunas zonas con características muy diferentes o desaparecer. En el primero de los casos, su efecto de enfriamiento y fertilidad se reduce, ya que la capa de los 50-120 m, de donde proviene, está sustituida por aguas cálidas de bajo contenido de nutrientes.

Años fríos y "La Niña"

Al hablar de "La Niña" nos estamos refiriendo directamente a una gran

intensificación del afloramiento costero y el afloramiento ecuatorial, al oeste de las islas Galápagos, lo que está relacionado a fuertes vientos alisios de SE que soplan a lo largo de las costas de Perú y Ecuador; y de los vientos del este que soplan a lo largo de la línea ecuatorial, asociados a la vez al movimiento de rotación de la Tierra, que desvía las corrientes superficiales hacia la izquierda en el hemisferio sur.

Durante estos eventos, la surgencia de aguas frías da lugar a un fortalecimiento y ascenso de la termoclina a una capa muy superficial, aflorando dentro de las 30 ó 50 millas de la costa según su intensidad. Además de la proyección hacia el nor-oeste de las bajas temperaturas (Fig. 14a), las bajas salinidades de las AES (Fig. 14b) se repliegan al norte; las cartas superficiales también muestran una amplia distribución de los nutrientes a lo largo del litoral (Figs. 15a y 15b).

Las aguas afloradas que se proyectan hacia el norte y nor-oeste, alcanzan en algunas oportunidades distancias mayores de 100 ó 150 mn de la costa, como sucedió en el año 1996, por lo que los recursos pelágicos, especialmente la anchoveta, encuentran una extensa área de distribución, motivando una gran dispersión de este recurso.

El ascenso de las aguas frías lleva consigo bajas concentraciones de oxígeno principalmente al sur de los 5°S, debido a que la ESCC predominante al norte de los 7°S y de relativo alto contenido de oxígeno, es replegada hacia el norte por la gran intensidad con que se proyectan las ACF (Figs. 16a, 16b y 16c).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Si bien es cierto que la intensificación de las investigaciones meteorológicas y

oceanográficas a nivel global, nos ha permitido significativos avances en la comprensión de los eventos cálidos y fríos de gran magnitud, también es cierto que aún existen muchas interrogantes sobre estos temas; y los pronósticos sobre su intensidad y duración sólo son tentativos y distan mucho de la exactitud. Por estos motivos es muy necesaria una mayor amplitud, por ejemplo, en las mediciones directas de las corrientes marinas y su interrelación con los procesos de afloramiento; en la profundización de los estudios sobre organismos planctónicos indicadores de masas de agua; conocimiento de los efectos sobre peces e invertebrados marinos de las diferentes masas de agua; así como tantas otras interrogantes que se derivan de la ocurrencia de estos fenómenos.

Los modelos numéricos y estadísticos que se vienen desarrollando representan un buen avance, pero subsisten aún problemas que se irán afinando con el tiempo. Ningún modelo logró pronosticar El Niño 1997-98, siendo uno de los motivos su presentación atípica, lo cual no guardó relación con las fechas comunes de otros eventos, echando por tierra pronósticos que se basaron en Niños precedentes. Es de conocimiento general que el mar peruano mantiene uno de los ecosistemas más ricos a nivel mundial, donde se desarrolla una de las más grandes pesquerías del mundo, motivo por el cual es fundamental el conocimiento profundo de condiciones favorables, benignas y adversas, con el fin de regular científicamente la pesca de nuestras principales especies marinas.

A pesar de todo, en el Perú estamos aprendiendo a sobrellevar a El Niño, ya que como evento recurrente es muy alto el costo de su presencia en nuestro litoral, por lo que con las nuevas tecnologías, con el avance de las telecomunicaciones,

estamos en alerta permanente, haciendo un seguimiento de las alteraciones en meso y macro escala del ambiente marino.

En conclusión, los eventos cálidos y fríos seguirán siendo analizados minuciosamente, deslindando sus efectos positivos y negativos, buscando de pronosticar su presencia, intensidad y duración para mitigar sus efectos negativos dando buen uso a los positivos.

Agradecimiento

A los técnicos señores MIGUEL SARMIENTO y MARCELO CRISPÍN, por su invaluable ayuda en el procesamiento de la información y la confección de las figuras.

REFERENCIAS

- ARNTZ, W. y E. FAHRBACH. 1996.- El Niño: Experimento Climático de la Naturaleza. Ed. Fondo de la Cultura de México.
- ARNTZ, W., A. LANDA y J. TARAZONA (comps.) 1985. "El Niño" Su Impacto en la Fauna Marina, Bol. Inst. Mar. (vol. extraord.) 222 pp.
- BUSE, H. 1958. Mar del Perú, paisaje litoral y morfología submarina. Publicación auspiciada por la Univ. Federico Villarreal.
- CALIENES, R., O. GUILLÉN y N. LOSTAUNAU. 1985. Variabilidad espacio-temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú 10 (1): 44 pp.
- CUSHING, D. 1975. Ecología Marina y Pesquerías. Editorial Acirbia Zaragoza (España).
- DELGADO, C., R. GOMERO, H. SALZWEDER, L. FLORES y G. CARBAJAL. 1987. Sedimentos superficiales del margen continental peruano: un mapa textural. Boletín, Publicación 56 de PROCOPA. LIMA.
- GUTIÉRREZ, M., R. CASTILLO, A. CHIPOLLINI y L. VÁSQUEZ. 1997a. Distribución, concentración y biomasa de los principales recursos pelágicos peruanos entre noviembre y diciembre de 1996. Crucero BIC SNP-1 9611-12. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 65: 3-22.
- HUYER, A., R. L. SMITH y T. PALUSZKIEWICZ. 1987. "Coastal upwelling of Perú during normal and El Niño times, 1981-1984", J. Geophys. Res. 92: 14.297-14.308.
- IMARPE. 1996. Informe del Crucero BIC SNP-1 8604-05 y diagnóstico de la situación de los recursos pelágicos a mayo 1986. Informe especial 193.

- MORÓN, O. y L. ESCUDERO. 1991. Salinidad promedio de la superficie del mar frente a la costa peruana. Periodo 1928-1985. Informe Interno.
- MORÓN, O. 1992. Características oceanográficas durante el Cr. 9201-02. BIC SNP-1 Inf. Interno.
- MORÓN, O. y R. MARQUINA. 1997. Aspectos oceanográficos del mar peruano desde Callao a Paita. Crucero BIC Humboldt 9704. Inf. Inst. Mar Perú 127: 31-39.
- PAULY, D., P. MUCK, J. MENDO e I. TSUKAYAMA (comp.). 1989. The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions, IMARPE/GTZ/ICLARM, Manila, 438 pp.
- QUINN, W.H., V.T. NEAN y ANTÚNEZ DE MAYOLO. 1987. El Niño occurrences over the past four and a half centuries. J. Geophys. Res. 92 (C13): 14.449-14.461.
- SCHWEIGGER, E. 1964. El Litoral Peruano. Segunda edición auspiciada por la Univ. Nac. Federico Villarreal. Lima. 414 pp.
- VÁSQUEZ, L., E. TELLO. 1998. Condiciones oceanográficas durante el Crucero BIC Humboldt 9803-05 de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos desde Tumbes a Tacna. Inf. Inst. Mar Perú 135: 20-33.
- WOOSTER, W. y O. GUILLÉN. 1974. Characteristics of El Niño in 1972. J. Mar. Res. 32 (3):387-404.
- WYRTKI, K. 1963. El campo de movimiento horizontal y vertical en la corriente del Perú. Publicado por University of California Pres. Traducido por Ramon Mugica (UNFV).
- WYRTKI, K. 1974. "Equatorial currents in the Pacific 1950 to 1970 and their relations to the trade winds", J. Phys. Oceanogr. 4:372-380.
- ZUTA, S. y O. GUILLÉN. 1970. Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Bol. Inst. Mar Perú Vol. 2 (5): 161-323.
- ZUTA, S., Y W. URQUIZO. 1972. Temperatura promedio de la superficie del mar frente a la costa peruana, periodo 1928-1969. Bol. Inst. Mar Perú Vol.2 (8): 459-520.