INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

# INFORME

ISSN 0378 - 7702
Volumen 35 Número 2

# Cruceros de evaluación de la biomasa desovante de la anchoveta peruana. Método de la producción de huevos (MPH). Invierno 2003, 2004, 2005

Abril –Junio 2008

Callao, Perú

# EVALUACIÓN ACÚSTICA DE LA DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ESPECIES PELÁGICAS Y MESOPELÁGICAS EN INVIERNO 2004

## ACOUSTIC ASSESSMENT OF DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF PELAGIC AND MESOPELAGIC SPECIES DURING WINTER 2004

*Mariano Gutiérrez Salvador Peraltilla*


## RESUMEN

Gutiérrez M, Peraltilla S. 2008.- *Evaluación acústica de la distribución y abundancia de especies pelágicas y mesopelágicas en invierno 2004. Inf. Inst. Mar Perú 35(2):129-140.*-.El crucero BIC Olaya y SNP2. 0408-09 se realizó del 8 agosto al 5 septiembre 2004, entre Punta Infiernillos (15°S) y Cabo Blanco (4°40´S), desde 1 a 100 mn de la costa, efectuando 49 transectos. Para obtener información oceanográfica se efectuaron perfiles hidrográficos de 200 mn frente a Callao y Paita. La anchoveta, *Engraulis ringens*, presentó amplia distribución y abundancia desde Talara hasta Punta Infiernillos, con cierta discontinuidad frente al área entre Chimbote y Cerro Azul, donde los mayores núcleos se ubicaron por fuera de las 25 mn. La múnida, *Pleuroncodes monodon*, mostró una amplia distribución costera, desplazó a la anchoveta en ciertas zonas, donde alcanzó sus mayores índices de abundancia. Las especies mesopelágicas evaluadas fueron: vinciguerria, *Vinciguerria lucetia*, que mostró una abundancia inusual para la estación como producto de la marcada influencia de aguas subtropicales superficiales (ASS), especialmente en el sur; y calamar gigante, *Dosidicus gigas,* distribuido en dos amplias zonas, en el norte y en el sur.

Palabras clave: recursos pelágicos, evaluación hidroacústica, distribución, abundancia, mar peruano.


## ABSTRACT

Gutiérrez M, Peraltilla S. 2008.- *Acoustic assessment of the distribution and abundance of pelagic and mesopelagic species during winter 2004. Inf. Inst. Mar Perú 35(2):129-140.*- The cruise BIC Olaya and SNP2 0408-09 was held on 8 August to 5 September 2004, between Punta Infiernillos (15°S) and Cabo Blanco (4°40'S), from 1 to 100 nautical miles from the coast, making 49 transects. For oceanographic information, hydrographic profiles were made of 200 nm off Callao and Paita. The anchoveta, *Engraulis ringens*, showed extensive distribution and abundance from Talara to Punta Infiernillos, with a discontinuity compared to the area between Chimbote and Cerro Azul, where the largest nuclei were located outside the 25 nm. The munida, *Pleuroncodes monodon*, showed large coastal distribution shifted to the anchovy in certain areas, where it reached its greatest abundance indices. Mesopelagic species evaluated were: vinciguerria, *Vinciguerria lucetia*, which had unusual abundance for the season as a result of the strong influence of subtropical surface waters (SSW), especially in the south; and giant squid, *Dosidicus gigas*, spread at two broad areas, north and south.

Keywords: pelagic resources, hydroacoustic assessment, distribution, abundance, Peruvian sea.

## INTRODUCCIÓN

El Programa de Seguimiento de Pesquerías Pelágicas comprende la ejecución de una serie de actividades orientadas a conocer las variaciones estacionales en los parámetros poblacionales de las especies que son objeto de pesca intensiva, como en el caso de la anchoveta. El Crucero 0408-09 para evaluación de la biomasa desovante de la anchoveta, por el método de producción de huevos (MPH), fue planificado para estudiar, con énfasis, el proceso reproductivo invernal de anchoveta, las variables referidas a procesos biológicos tales como la alimentación, crecimiento, desarrollo larval, distribución y abundancia, tanto de la anchoveta como de otras especies que, ya sea por su abundancia o importancia ecológica o pesquera, hayan podido encontrarse accesibles durante el período de evaluación.

De este modo ha sido posible estimar, desde el enfoque de la investigación hidroacústica, tanto la distribución como la abundancia de dos especies pelágicas: anchoveta, *Engraulis ringens,* y múnida, *Pleuroncodes monodon*; y de dos especies mesopelágicas: vinciguerria, *Vinciguerria lucetia,* y calamar gigante o pota, *Dosidicus gigas*. El presente informe presenta los principales resultados de dicho estudio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Itinerario

El plan del Crucero BIC Olaya y SNP2 0408-09 de Evaluación de Biomasa Desovante se llevó a cabo del 8 agosto al 5 de septiembre del 2004. El BIC SNP-2 evaluó el área costera en transectos de 1 a 30 mn de extensión entre Punta Infiernillos y Lobitos; el Olaya prospectó trayectos desde 30 hasta 200 mn de la costa, entre Punta Infiernillos y Paita.

### Equipamiento acústico

El mismo tipo de ecosonda científica (Simrad EK500 V5.30) fue utilizado en ambos barcos para la detección y ecointegración operando a las frecuencias de 38 y 120 kHz. La cobertura del muestreo vertical a 120 kHz fue de 0 a 150 m; y para 38 kHz, de 0 a 500 m. La colección de los datos Sv de las ecosondas se efectuó a

través de redes LAN conectadas a computadores personales empleando un programa de registro digital (Echolog V2.5).

### Calibraciones

Las calibraciones acústicas de las ecosondas se realizaron con anterioridad al inicio del crucero (Tabla 1). La intercalibración de las ecosondas y transductores de ambos barcos se efectuó durante la prospección (Figura 1), donde se presenta la compatibilidad entre los valores NASC o $S_A$ medidos (Fernández y MacLennan 2000). Las calibraciones e intercalibraciones se efectuaron de acuerdo a Foote et al. (1987) y MacLennan y Simmonds (1992).

### Grilla de crucero

La grilla de muestreo comprendió transectos paralelos, separados 15 mn entre sí y perpendiculares a línea de la costa; el intervalo de las unidades básicas de muestreo acústico (UBM) fue de 1 mn. En total se muestrearon 5611 UBM en 49 perfiles; 3622 UBM correspondieron al BIC Olaya y 2035 al SNP2. Se efectuaron 91 lances de comprobación de ecotrazos y para muestreo biológico.

Tabla 1.- Parámetros y resultados de las calibraciones acústicas de las ecosondas científicas de los BIC Olaya y SNP-2 antes de la ejecución del Crucero 0408-09

| Transductores | BIC SNP-2 | | BIC Olaya | |
|---|---|---|---|---|
| Frecuencias | 38 kHz | 120 kHz | 38 kHz | 120 kHz |
| Coeficiente de absorcion (dB/m) | 0.0100 | 0.0380 | 0.0100 | 0.0380 |
| Velicidad del sonido (m/s) | 1508 | 1508 | 1508 | 1508 |
| Potencia de trnasmisión (W) | 2000 | 1000 | 2000 | 1000 |
| Angulo equivalente (dB re 1 esteradian) | -20.90 | -20.50 | -20.50 | -20.80 |
| TS medido (dB) | -33.60 | -40.40 | -33.60 | -40.40 |
| Ganancia Sv (dB) | 25.53 | 22.86 | 25.36 | 25.13 |
| Ganancia TS (dB) | 26.59 | 23.21 | 25.78 | 24.91 |
| Profundidad de la esfera (m) | 14.20 | 17.50 | 19.41 | 22.10 |
| Longitud de onda (m) | 0.0397 | 0.0126 | 0.0397 | 0.0126 |
| Longitud de pulso (ms) | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3000 |
| Ancho de banda (kHz) | 3.8 | 1.2 | 3.8 | 12.0 |
| Angulo nominal (grados sexagesimales) | 7.0 | 7.2 | 6.9 | 7.2 |
| Ecogramas registrados | W, Q, E, TSW | W, Q, E, TSW | W, Q, E, TSW | W, Q, E, TSW |
| Tamaño de muestra ecograma Q (cm) | 72 | 30 | 72 | 30 |
| Tamaño de muestra ecograma W (cm) | 10 | 3 | 10 | 3 |
| Constante NASC(teorico)/NASC(leido) | 0.99 | 0.97 | 0.99 | 0.99 |

### Análisis de datos

Para análisis de los datos acústicos se utilizó un programa de post-procesamiento (Echoview 2.51.1), cuyo módulo virtual facilita la extracción de la información correspondiente a los cardúmenes o enjambres de las especies en estudio (Higgimbottom et al. 2000). La discriminación de ecotrazos (cardúmenes o enjambres) se efectuó de acuerdo a registros típicos o en función a los porcentajes de las capturas realizadas por especies.

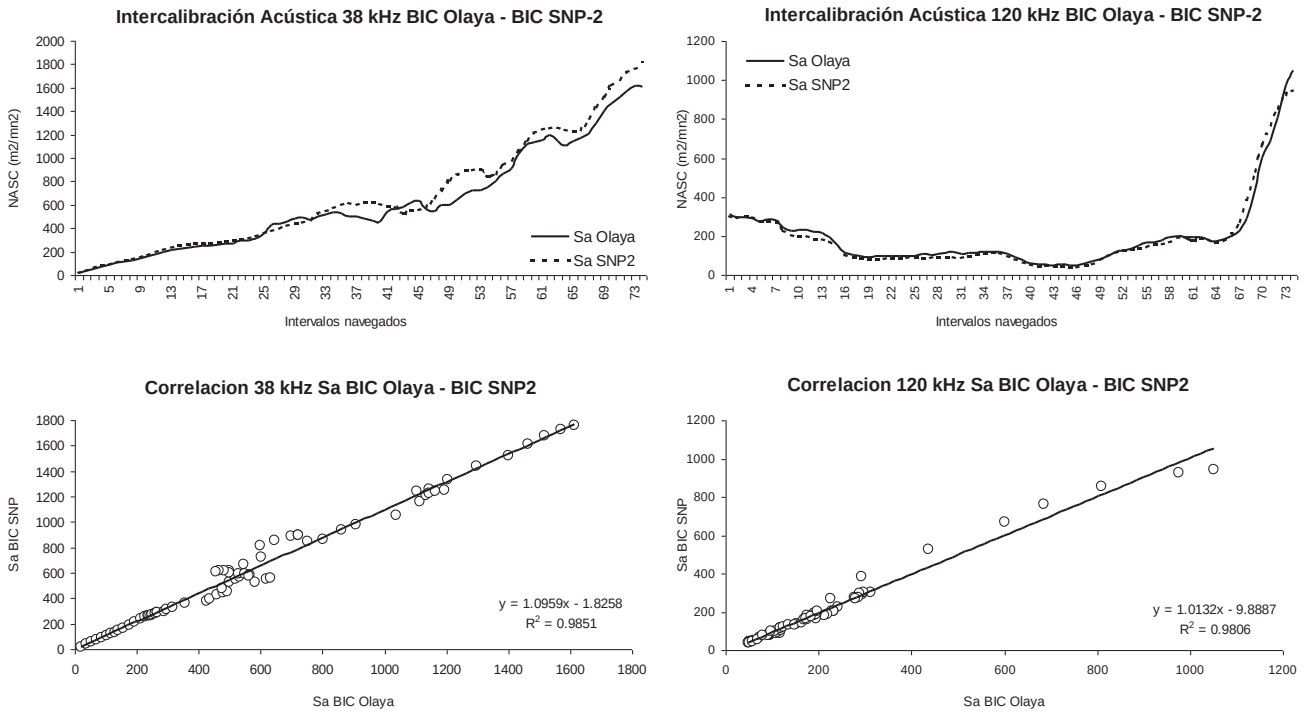


Figura 1.- Resultados de las intercalibraciones de las ecosondas cientificasEK500 llevadas a cabo el día 22 de Agosto entre los BIC Olaya y SNP-2. Las dos figuras a la izquierda muestra la intercalibración a 38 kHz, y las de la derecha presentan la de 120 kHz. En ambos casos los resultados son coherentes, y los valores colectados por los dos barcos, compatibles.

La carta de trayectos y lances ejecutados se aprecia en la Figura 2.

Para delimitar las áreas de distribución y concentración se utilizó un programa de interpolación de datos (Surfer v8.0) por el método de krigeo (Gutiérrez 1997). El análisis de las variables acústicas colectadas se efectuó a través de un programa de estadística multivariada (S-Plus v6.0). La estimación de límites de confianza se realizó de acuerdo con Bazigos (1976).

### Estimación de la abundancia

La estimación de abundancia de anchoveta fue realizada a través de dos métodos: el método convencional de estratificación por áreas isoparalitorales (Gutiérrez y Peraltilla 2000); y el método de estratificación por transectos (Jolly y Hampton 1990; Hewitt et al. 2003). Este último método presenta la ventaja de permitir la incorporación al análisis de mayor cantidad de información biométrica, a fin de obtener estimados de abundancia para cada UBM, diferenciando por tallas los valores NASC colectados.

En primer término, se calculan las proporciones (*p*) por lance (*i*) y clase (*j*) de talla (*L*) de los lances efectuados durante la prospección, considerando la talla, el número de individuos (*n*) y el peso individual (*w*) como factores de ponderación. En el caso de las tallas es conveniente efectuar la ponderación según el cuadrado de las tallas, ya que la magnitud de los ecos están aproximadamente relacionados con el cuadrado del tamaño del pez (Foote 1987, MacLennan 1998):

$$p_{ij} = \frac{L_j^2 . w_j . n_j}{\sum L_j^2 . w_j . n_j}$$

Paralelamente se debe determinar el Factor de Conversión (*CF*), que es definido como el cociente del peso medio del pez (*w*) y su correspondiente área de sección transversal de retrodispersión ($\sigma$). Ambos valores se obtienen considerando toda la distribución de especímenes colectados durante los muestreos con red de arrastre:

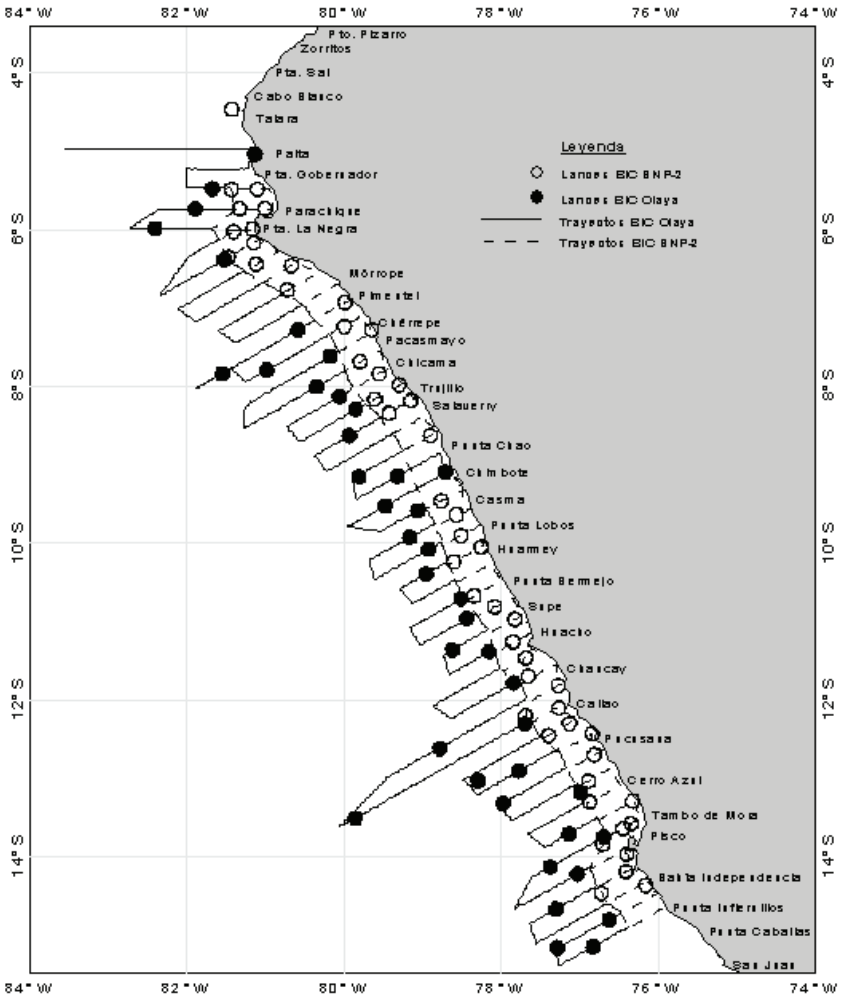


Figura 2.- Carta de trayectos y lances efectuados por los BIC Olaya y SNP-2.

$$\rho_{ij} = \frac{w_j}{4.\pi.10^{TS_j/10}} . 10^6 \text{ ; (t/m}^2\text{)}$$

$$\sum \rho_{ij} = 1$$

, donde:

$$\sigma_j = 4.\pi.10^{TS_j/10} \text{ ; (m}^2\text{)}$$

La Fuerza de Blanco (*TS*) en la clase *j* es (Foote 1987):

$$TS_j = A.Log(L_j) - B_{20} \text{ ; (dB)}$$

Dos de los factores de las ecuaciones anteriores ($CF_{ij}$ y $w(L_{ij})$) se calculan para cada lance *i* y clase de talla *j*. A y B son factores que dependen de la reflectividad de la especie en estudio. En el caso del peso individual $w_{ij}$ (gramos), éste puede obtenerse directamente de la determinación del peso de la muestra de cada clase *j*, o bien a través de la relación talla peso, donde *a* y *b* son constantes:

$$w_{ij} = a_i L_j^{bi} \text{ ; (g)}$$

La densidad en el transecto *k*, UBM *l* ($\rho_{kl}$) , lance *i* y clase *j* es calculada obteniendo previamente un factor de corrección *K* para cada lance *i* y clase *j*:

$$K_{ij} = \rho_{ij} p_{ij} \text{ ; (t/m}^2\text{)}$$

$$\rho_{klij} = NASC_k . K_j \text{ ; (t/mn}^2\text{)}$$

Para poder aplicar la ecuación anterior se debe decidir cuál lance servirá para estimar la abundancia en cada transecto; los transectos, formados por un número discreto de UBMs, pueden subdividirse en caso exista más de un lance sobre un mismo transecto. La biomasa *B* en el transecto *k*, UBM *l*, es en realidad la suma de las abundancias por talla, dependiendo de la separación *E* entre transectos:

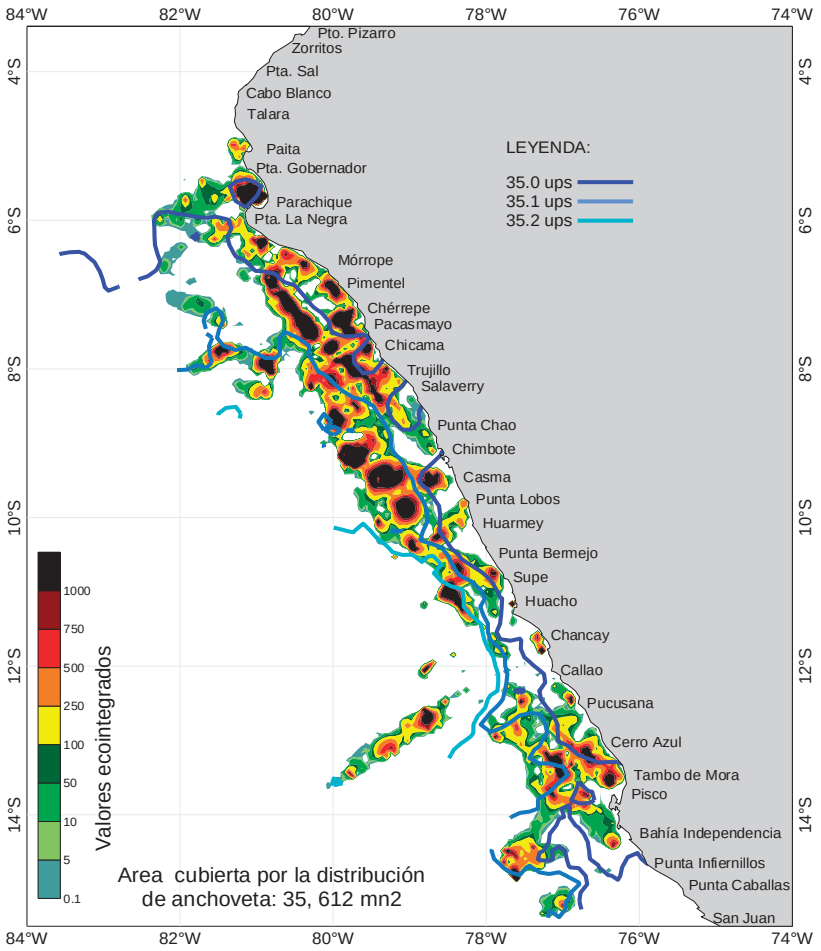


Figura 3.- Distribución de anchoveta según valores ecointegrados NASC ($m^2/mn^2$) y su relación con la salinidad (masas de aguas).

$$B_{lk} = E.\sum \rho_{klij} \quad ; (t)$$

Para determinar el número de individuos en el transecto *k*, UBM *l*, lance *i* y clase *j* se debe utilizar la siguiente relación:

$$N_{klij} = \frac{E.\rho_{klij}}{w_j}$$

### Fuerza de Blanco (TS)

Las ecuaciones de TS utilizadas para la frecuencia de 120 kHz, que fue empleada para la estimación de abundancia de las especies pelágicas, fueron las siguientes (tomadas de Gutiérrez, 2002) :

Anchoveta:

$TS_j = 30.258 \text{ Log } (L_j) - 89.353$ ; (dB)

Múnida:

$TS_j = 40.700 \text{ Log } (L_j) - 114.42$ ; (dB)

Las ecuaciones de fuerza del blanco (TS) utilizadas para la frecuencia de 38 kHz, empleadas en la estimación de la abundancia de las especies mesopelágicas fueron las siguientes (tomadas de Gutiérrez, 2002):

Vinciguerria:

$TS_j = 4.16 \text{ Log } (L_j) - 81.056$ ; (dB)

Pota:

$TS_j = 20.0 \text{ Log } (L_j) - 87.200$ ; (dB)

## RESULTADOS

### Distribución y abundancia relativa de los recursos evaluados

#### Anchoveta (*Engaulis ringens*)

La anchoveta tuvo amplia distribución dentro del área prospectada. Aunque la prospección se llevó a cabo en la estación invernal, cuando la que dispersión de la especie suele ser mayor, se detectaron dos grandes núcleos de concentración: uno en el norte (de Huacho a Punta La Negra) y otro en el sur (Callao a Punta Caballas). Los núcleos de alta densidad detectados tuvieron menor magnitud, y la distribución tendió a ser más dispersa.

En la Figura 3 se representa la distribución de anchoveta de acuerdo con los valores ecointegrados (NASC) y en función a las masas de aguas (salinidad). Las isohalinas de la figura aparecen paralelas a la línea de costa, de allí que la estructura física de las masas de agua haya condicionado la existencia de un patrón de distribución bastante claro.

La agregación de anchoveta en grandes núcleos, se dio bajo cuatro condicionantes:

(1) existencia de núcleos costeros de alta densidad donde la salinidad fue <35,0 ups (Aguas Costeras Frías (ACF);

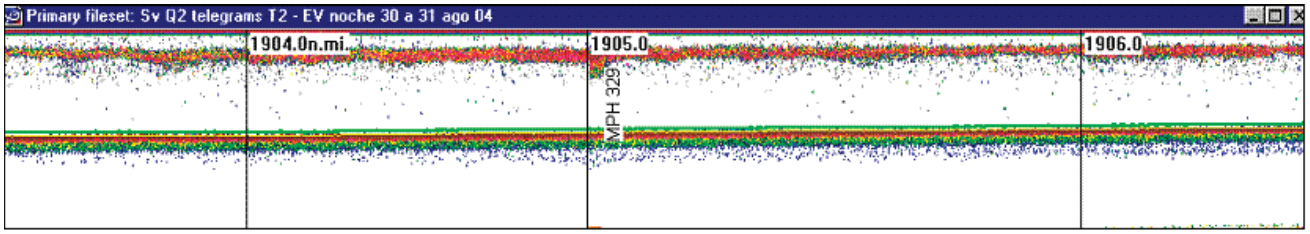


Figura 4.- Ecograma de anchoveta registrado a bordo del SNP-2 en las inmediaciones de Sechura. La distribución de anchoveta en grados y continuas agregaciones es usual durante las estaciones de primavera y verano. La ocurrencia de ondas Kelvin en julio y agosto podría haber influenciado en la formación de éstas agregaciones.

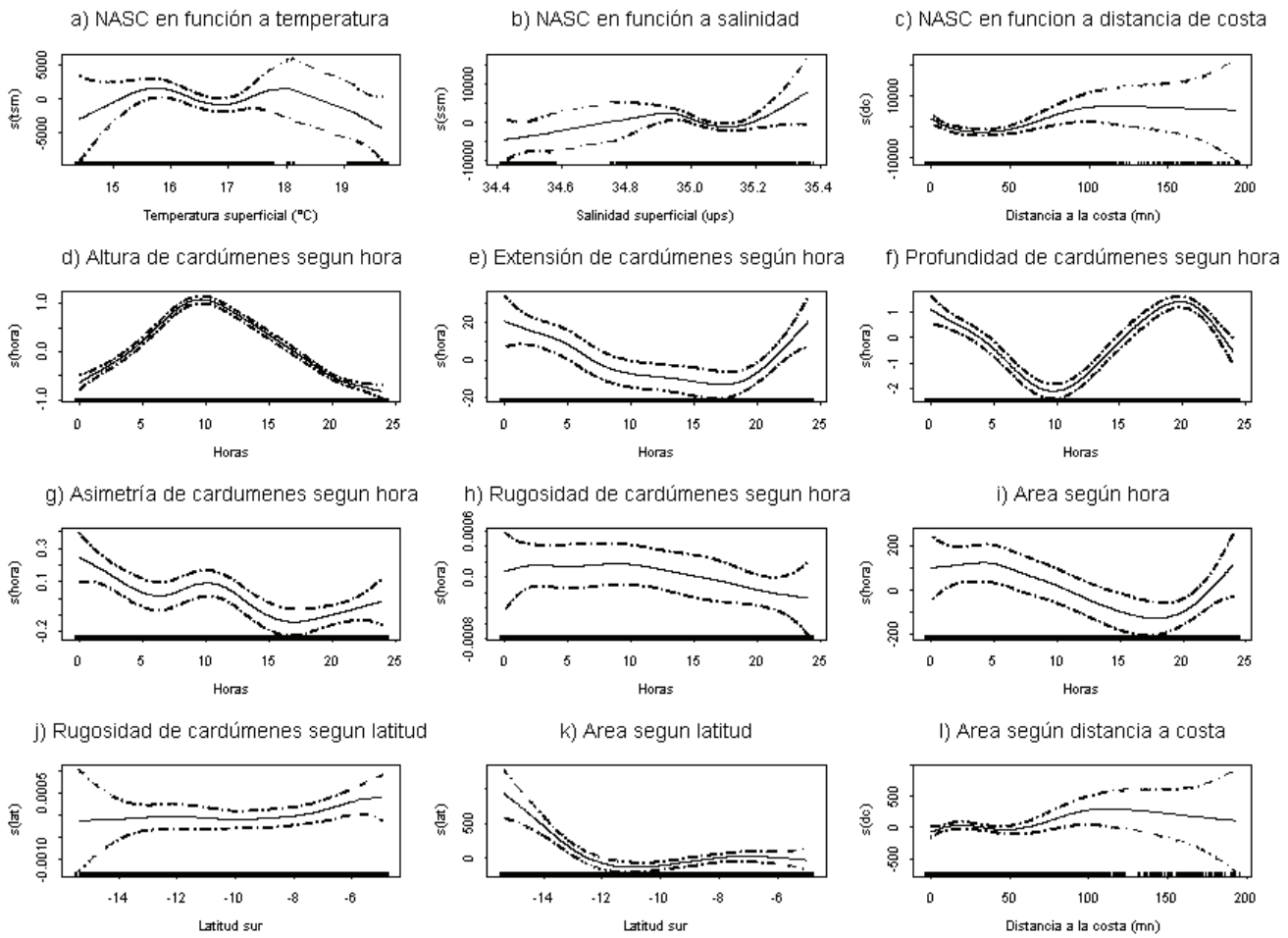


Figura 5.- Resultados del análisis exploratorio GAM sobre la base de datos de cardúmenes de anchoveta. En el presente crucero es la clarra la existencia de tendencias latitudinales y horarias en el nivel de concentración y distribución vertical.

(2) núcleos ubicados entre 20 y 40 mn de la costa en aguas de mezcla entre ACF y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS);

(3) grandes núcleos ubicados sobre el límite de las ASS, con salinidades de 35,1 a 35,2 ups; y

(4) pequeños y dispersos núcleos ubicados en salinidades >35,2 ups.

Estos últimos, sin embargo, no fueron explorados sino cuando la mayor extensión de los perfiles hidrográficos de Callao, Chicama y Punta Falsa permitió ampliar el estudio acústico más allá de las 100 mn inicialmente programadas. Por ello, la distribución y abundancia de anchoveta se encuentra, por lo menos, ligeramente subestimada.

En la Figura 4 se presenta un ecograma con importantes ecorregistros de anchoveta, en forma de cordones, el cual ha sido obtenido en las cercanías de Sechura. Esta clase de distribución, que fue frecuente durante el crucero, es típica en primavera y verano, pero no en invierno. El arribo de por lo menos dos ondas Kelvin a las costas peruanas, entre julio y agosto habría propiciado este tipo de agregación que probablemente aumentará la disponibilidad y capturabilidad de anchoveta durante la temporada de pesca que se iniciará a comienzos de octubre de 2004.

Verticalmente, la anchoveta se presentó generalmente distribuida desde la superficie hasta 40 m de profundidad. Los cardúmenes las cuatro especies en evaluación, fueron detectados a fin de crear una base de datos, con las cuales analizar ciertos parámetros de su estructura espacial durante el crucero. Para ello se recurrió a análisis GAM (Modelos Aditivos Generalizados) a fin de explorar las tendencias espacio-temporales y geométricas que permitan caracterizar la distribución y abundancia relativa.

La Figura 5 presenta algunos de los principales resultados del uso de la estadística multivariada GAM en el caso de anchoveta:

- La sección (*a*) muestra que el recurso se distribuyó en aguas con temperatura superficial entre 14 y 20 °C, con la mayor proporción estuvo entre 16 y 18 °C;
- El panel (*b*) presenta el rango de salinidad superficial, donde se muestra que la especie de distribuyó entre 34,4 y 35,4 ups, con las mayores concentraciones entre 34,9 y 35,1. Debe hacerse notar que los extremos de la distribución (donde la salinidad fue <34,8 o >35,2 ups) corresponde a una distribución subsuperficial de anchoveta;
- La sección (*c*) muestra que la especie se distribuyó hasta 200 mn mar afuera, pero que la

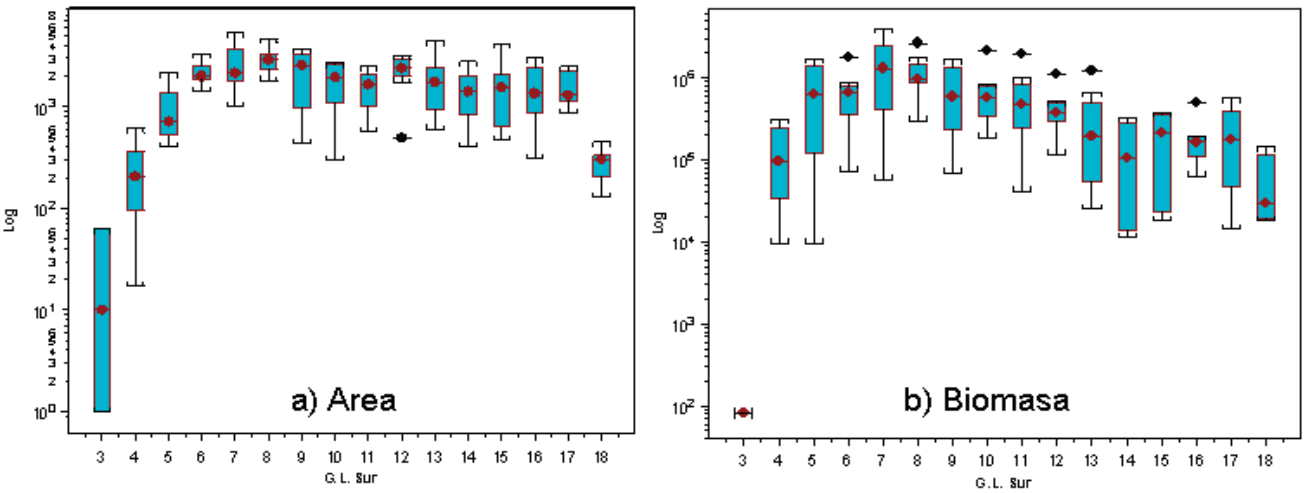


Figura 6.- Variación de la magnitud de las áreas (a) y biomasas (b) latitudinales en la distribución de anchoveta (mn²) entre 2002 y 2004.

mayor proporción lo hizo sólo hasta 50 m;

- El panel (*d*) muestra que la altura de los cardúmenes fue siempre mayor hacia las 10:00 h, y tendió a disminuir en horas nocturnas;
- En (*e*) se aprecia un efecto inverso para la extensión de los cardúmenes, que tienden a alcanzar mayor longitud en horas sin luz, es decir, los cardúmenes se contraen en horas de luz, sacrificando longitud a cambio de mayor altura;
- En (*f*) se aprecian las tendencias en la distribución vertical, donde es claro que la especie se profundiza moderadamente en horas de luz, para ascender a la superficie en horas nocturnas.

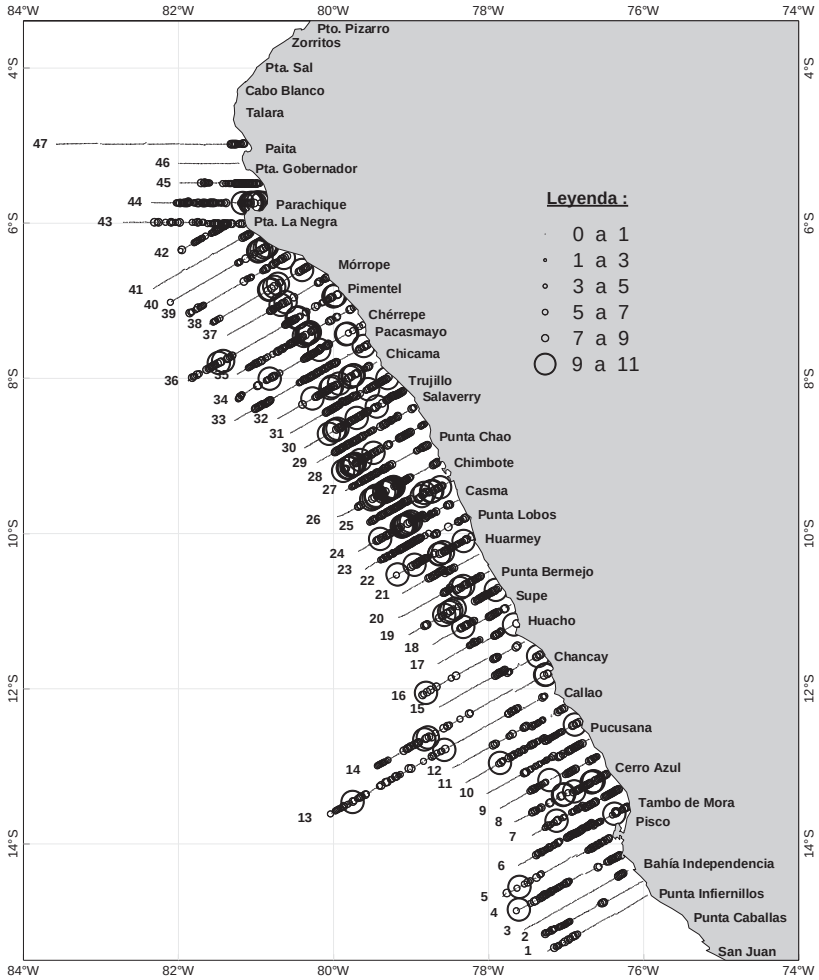


Figura 7.- Distribución de anchoveta según el número de individuos por UBMs y transectos. Los números que aparece a la izquierda de cada transecto indican la codificación correlativa (sur a norte) de los transectos.

La misma Figura 5 presenta otros seis paneles (*g* - *l*) donde se presentan otras relaciones geométricas conectados a factores espacio-temporales. En casi todos los casos la deviancia (95% de confianza) tiende a ser mayor en comparación con las primeros seis secciones (*a* - *f*). En este caso resaltan la asimetría ("*skewness*"), rugosidad y área transversal de los cardúmenes en relación con la hora del día, ya que en los tres casos son parámetros que tienden a disminuir a lo largo del día para luego incrementarse durante la noche. Por último, es de destacar que el área transversal de los cardúmenes tendió a ser mayor en el sur, a pesar de que la mayor abundancia de anchoveta se dio en el norte (sección *k*).

El área de distribución de anchoveta ha sufrido modestas variaciones durante los dos últimos años. Existe una relativa estabilidad en la magnitud de las áreas de distribución entre 6 y 18°S; pero en las latitudes de 3 a 5°S la variación en las reducidas áreas cubiertas por anchoveta sufren amplias variaciones estacionales como producto

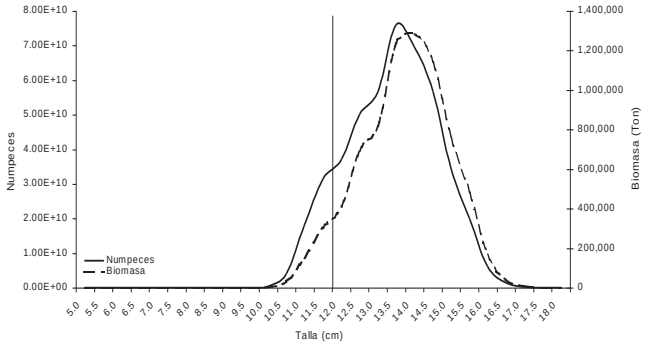


Figura 8.- Abundancia de anchoveta por tallas.

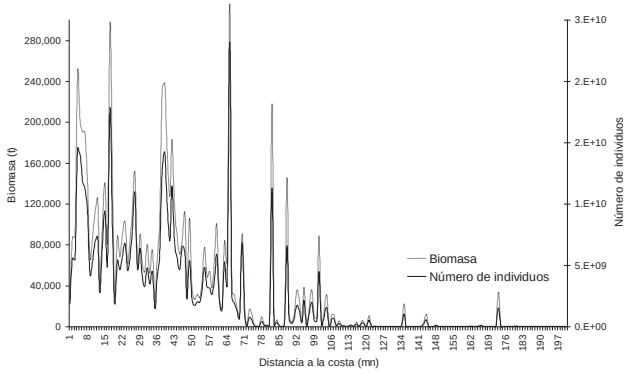


Figura 9.- Abundancia de anchoveta según distancia a la costa

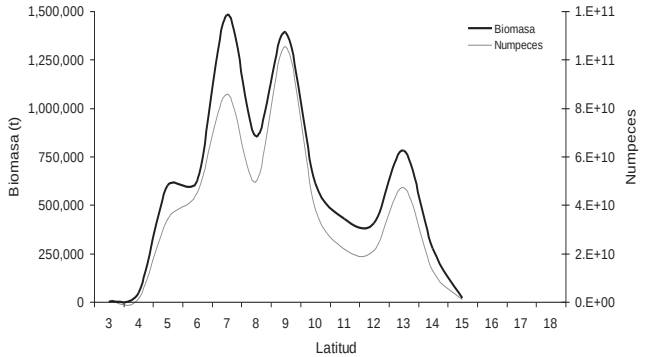


Figura 10.- Abundancia latitudinal de anchoveta

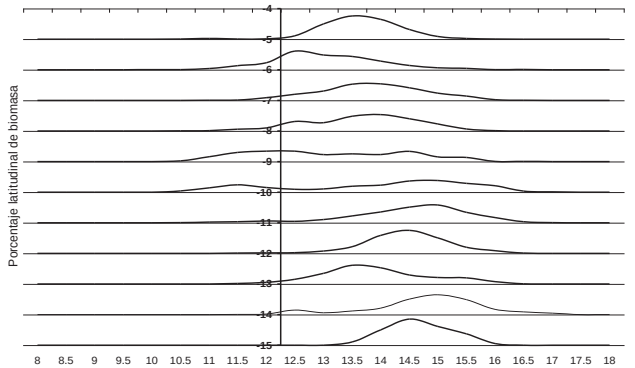


Figura 11.-Abundancia latitudinal de anchoveta según tallas.

de la proyección o retracción de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) que condicionan la presencia de la especie en la zona, como se muestra en la Figura 6, sección (*a*). En la sección (*b*) de la Figura 6 se aprecia el resultado de similar tipo de análisis, que muestra que la variabilidad de la abundancia de anchoveta es menor en las latitudes de la costa central (8 a 12°S), y los cambios en la abundancia han sido mayores hacia los dos extremos de la distribución (norte y sur).

**La estimación de la abundancia de anchoveta** se realizó utilizando dos métodos de estratificación: por transectos y por áreas isoparalitorales. Ambos alcanzaron resultados bastante similares. El método por transectos arrojó una abundancia de 7,51x$10^6$ t (34,4% de confianza), y el de áreas isoparalitorales, 7.49x$10^6$ t (12,85% de confianza). La amplia diferencia en la estimación de los límites de confianza se debe a que mientras el método de isoparalitorales se limita a las zonas donde hay presencia de anchoveta (Tabla 2), el de transectos en cambio se proyecta a la totalidad del área evaluada (Tabla 2).

La Figura 7 presenta el total de individuos por UBM y transectos. El método de estratificación por transectos, además de medir la abundancia, permite ponderar las estructuras de tallas obtenidas en los lances a los valores ecointegrados (NASC) por UBM, generando estimados por número de peces por tallas para utilización directa en modelos de dinámica poblacional. La abundancia de individuos adultos (>12 cm) se estimó en 6,62x$10^6$ t (88,11% del total), y los juveniles en 0,89x$10^6$ t (11,89% del total). En término de individuos, la cantidad de adultos fue estimada en 80,31% de un total de 4,63x$10^{11}$ peces, y los juveniles se estimaron en 19,69% (Figura 8).

Según distancia a la costa la mayor fracción de biomasa se distribuyó dentro de la franja comprendida en las primeras 70 mn de la costa (Figura 9).

La mayor abundancia latitudinal se registró en los grados 7, 9, 13 y 5°S (Figura 10).

De acuerdo a la estructura de la biomasa por tallas, la mayor cantidad de adultos correspondió a tallas >13 cm, entre 8 y 15°S. La fracción más importante de los juveniles estuvo entre 6 y 11°S; fue prácticamente nula la presencia de juveniles en los 5 y 15 (Figura 11).

## Múnida, *Pleuroncodes monodon*

La múnida tuvo una amplia distribución latitudinal, y se halló en gran parte de la zona estudiada (Punta Infiernillos –14°30´S- a Punta La Negra -6°S-). Por lo general la múnida se distribuyó en aguas con valores halinos <35,1 ups en superficie (Figura 12). En su distribución destacan dos grandes zonas:

(1) la primera ubicada entre Punta Infiernillos y Huacho, donde la presencia de la especie no se extiende más allá de las 30 mn, y donde la presencia de núcleos de alta densidad es discontinua; y

(2) la zona entre Huacho y Punta La Negra, donde las zonas de alta densidad acústica son prácticamente continuas. En esta última zona las zonas de afloramiento ubicadas entre Chimbote y Mórrope

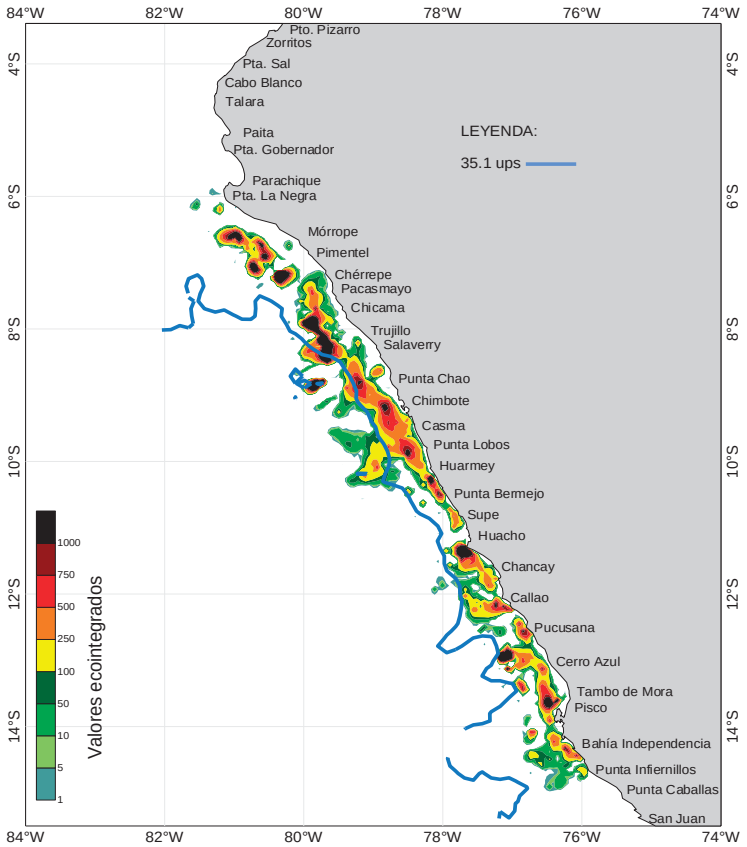


Figura 12.- Distribución de múnida según valores ecointegrados NASC ($m^2/mn^2$) y su relación con la salinidad (masas de aguas).

han alejado la distribución de múnida por fuera de las 15 mn en promedio, aunque alcanzan áreas hasta 65 mn de la costa.

Los datos acústicos colectados permitieron crear una base de datos sobre enjambres de múnida, la cual ha sido analizada recurriendo a los modelos exploratorios GAM. En la Figura 13 puede observarse que:

- los paneles *a* y *b* presentan la relación de la presencia subsuperficial de múnida respecto a parámetros físicos superficiales como temperatura y salinidad;
- la sección *c* muestra que la múnida presentó una ligera tendencia declinante en tanto la distancia a la costa aumenta;
- los paneles *d* y *e* muestran que la altura y la extensión de los enjambres presentan tendencias similares, es decir que ambas dimensiones se incrementan en horas diurnas y disminuyen durante la noche;
- el panel *f* presenta los desplazamientos verticales de

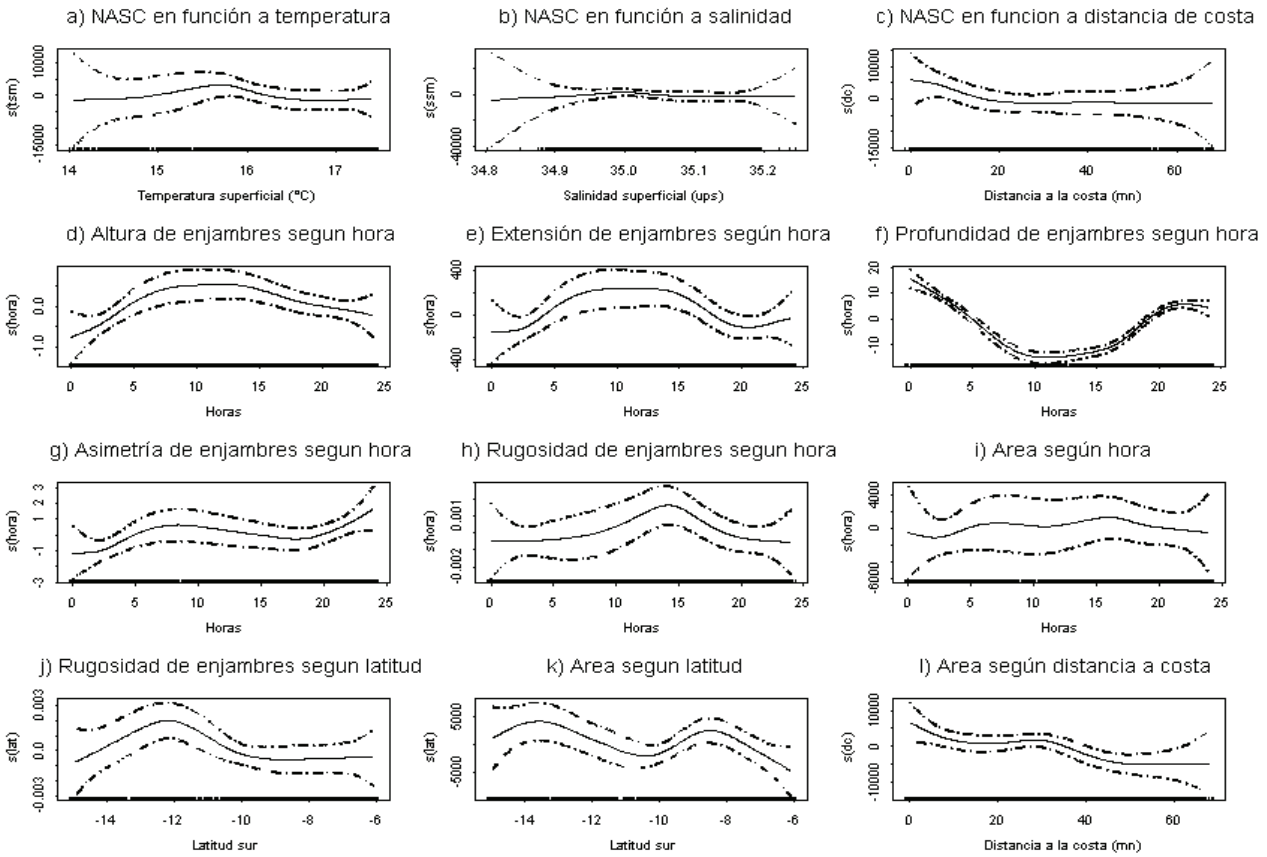


Figura 13.- Resultados del análisis exploratorio GAM sobre la base de datos de emjambres de múnida

Tabla 2.- Biomasa (toneladas) por grado de latitud de las especies evaluadas. Crucero 0408-09

| Grado de latitud sur | Anchoveta (t) | Jurel (t) | Caballa (t) | Samasa (t) | Bagre (t) | Munida (t) | Pota (t) | Vinciguerria (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 03° 30 - 04° 00 | | | | | | | | |
| **03°30' - 04°** | | | | | | | | |
| 04° 00 - 04° 30 | | | | | | | 811 | 49,357 |
| 04° 30 - 05° 00 | 84,786 | | | | | | 118 | 536,850 |
| **04° - 05°** | **84,786** | | | | | | **929** | **586,207** |
| 05° 00 - 05° 30 | 109,571 | | | | | | 0 | 157,942 |
| 05° 30 - 06° 00 | 532,635 | | | | | | 7,052 | 218,868 |
| **05° - 06°** | **642,206** | | | | | | **7,052** | **376,811** |
| 06° 00 - 06° 30 | 246,924 | | | | | 3,394 | 3,302 | 3,701 |
| 06° 30 - 07° 00 | 383,172 | | | | | 50,270 | 8,498 | 17,190 |
| **06° - 07°** | **630,096** | | | | | **53,664** | **11,800** | **20,892** |
| 07° 00 - 07° 30 | 529,526 | | | | | 101,277 | 11,887 | 5,422 |
| 07° 30 - 08° 00 | 947,031 | | | | | 64,029 | 38,961 | 407,004 |
| **07° - 08°** | **1,476,557** | | | | | **165,306** | **50,848** | **412,425** |
| 08° 00 - 08° 30 | 508,707 | | | | | 153,446 | 33,133 | 336,044 |
| 08° 30 - 09° 00 | 385,754 | | | | | 183,863 | 27,595 | 470,806 |
| **08° - 09°** | **894,461** | | | | | **337,309** | **60,728** | **806,850** |
| 09° 00 - 09° 30 | 1,070,504 | | | | | 69,959 | 4,706 | 243,586 |
| 09° 30 - 10° 00 | 432,916 | | | | | 60,658 | 969 | 125,830 |
| **09° - 10°** | **1,503,420** | | | | | **130,617** | **5,675** | **369,416** |
| 10° 00 - 10° 30 | 257,194 | | | | | 53,055 | 493 | 131,132 |
| 10° 30 - 11° 00 | 218,138 | | | | | 21,553 | 287 | 595,419 |
| **10° - 11°** | **475,332** | | | | | **74,609** | **780** | **726,551** |
| 11° 00 - 11° 30 | 238,211 | | | | | 73,358 | 4,397 | 353,345 |
| 11° 30 - 12° 00 | 158,473 | | | | | 16,904 | 4,206 | 497,315 |
| **11° - 12°** | **396,684** | | | | | **90,262** | **8,603** | **850,661** |
| 12° 00 - 12° 30 | 103,113 | | | | | 54,268 | 5,989 | 465,673 |
| 12° 30 - 13° 00 | 266,240 | | | | | 103,863 | 11,337 | 952,830 |
| **12° - 13°** | **369,353** | | | | | **158,131** | **17,327** | **1,418,503** |
| 13° 00 - 13° 30 | 460,399 | | | | | 66,880 | 35,943 | 1,789,513 |
| 13° 30 - 14° 00 | 198,412 | | | | | 42,328 | 12,649 | 1,274,196 |
| **13° -14°** | **658,811** | | | | | **109,208** | **48,591** | **3,063,709** |
| 14° 00 - 14° 30 | 140,208 | | | | | 42,715 | 27,838 | 529,494 |
| 14° 30 - 15° 00 | 189,665 | | | | | 13,454 | 34,874 | 385,824 |
| **14° -15°** | **329,873** | | | | | **56,169** | **62,713** | **915,318** |
| 15° 00 - 15° 30 | 28,474 | | | | | | 22,942 | 876,768 |
| 15° 30 - 16° 00 | | | | | | | 22,942 | |
| **15° -16°** | **28,474** | | | | | | | **876,768** |
| 16° 00 - 16° 30 | | | | | | | | |
| 16° 30 - 17° 00 | | | | | | | | |
| **16° -17°** | | | | | | | | |
| 17° 00 - 17° 30 | | | | | | | | |
| 17° 30 - 18° 00 | | | | | | | | |
| **17° -18°** | | | | | | | | |
| 18° 00 - 18° 30 | | | | | | | | |
| **18° -18°30'** | | | | | | | | |
| **TOTALES** | **7,490,053** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1,175,275** | **275,047** | **10,424,111** |

múnida, que se profundiza durante el día y asciende durante la noche en rangos que pueden alcanzar hasta 60 u 80 m.

- los paneles *g*, *h*, *i* corresponden a dimensiones geométricas de los enjambres respecto a las horas del día, donde el coeficiente de asimetría se incrementa hasta estabilizarse en horas del día, para luego caer en horas nocturnas, la rugosidad de los enjambres aumenta notoriamente hasta las 15:00 h para luego declinar; el área de sección transversal de los enjambres se mantiene bastante uniforme durante el ciclo diurno-nocturno.
- Las secciones *j* y *k* de la Figura 13 presentan, respectivamente, el incremento de la rugosidad de los enjambres en 12°S, y la existencia de dos zonas (los grados 8 y 13°S) donde los enjambres alcanzaron sus máximas áreas de sección transversal coincidiendo con las zonas más frías de la región prospectada, lo que demostraría la preferencia de múnida por las bajas temperaturas.
- el mismo parámetro (área transversal de los enjambres) se muestra en la sección *l*, donde se aprecia que estos valores disminuyen con la distancia a la costa, debido posiblemente a las mayores temperaturas existentes mar afuera.

La biomasa de esta especie fue estimada por el método de estratificación por áreas isoparalitorales, en $1{,}7 \times 10^6$ t, con límites estadísticos de confianza en 11,88%. Latitudinalmente las mayores abundancias se presentaron en los grados 7 y 8°S en el norte, y 12 y 13°S en el sur (Tabla 2).

### Pota, calamar gigante o jibia, *Dosidicus gigas*

El calamar gigante se registró distribuido en dos grandes zonas por fuera de las 30 mn en promedio, con salinidad superficial >35,1 ups, y sobre zonas con profundidades >100 brazas (Figura 14).

La zona del norte presenta los mayores índices de abundancia, especialmente por fuera de Punta Chao, Salaverry, Chicama y Mórrope.

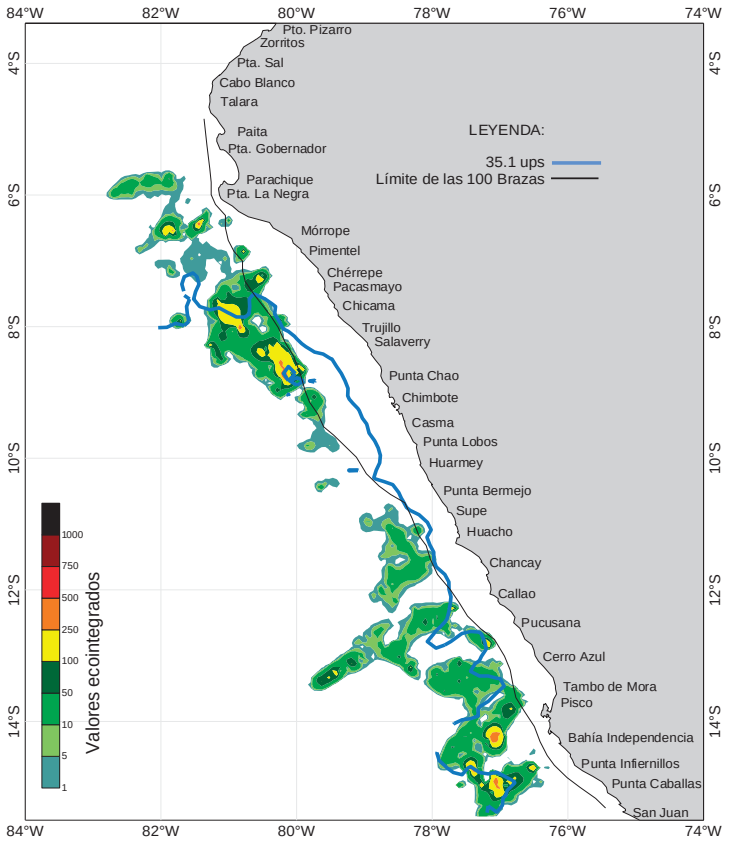


Figura 14.- Distribución de calamar gigante según valores ecointegrados NASC ($m^2/mn^2$) y su relación con la salinidad (masa de aguas).

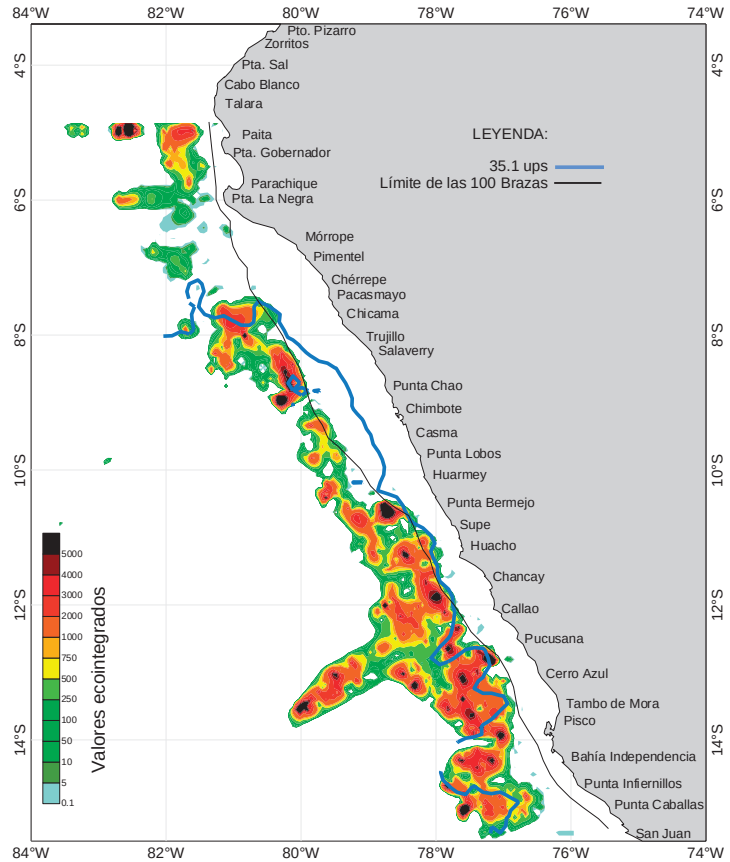


Figura 15.- Distribución de vinciguerria según valores ecointegrados NASC ($m^2/mn^2$) y su relación con la salinidad (masas de aguas).

La zona del sur, de similar magnitud en términos del área de distribución, presenta núcleos más reducidos, que se ubican por fuera de la Península de Paracas y Punta Caballas. La abundancia fue estimada en $0{,}29 \times 10^6$ t, y límites estadísticos de confianza en 10,18% (Tabla 2).

### *Vinciguerria lucetia*

La vinciguerria presentó una abundancia inusual para la estación invernal, en gran parte del área evaluada al sur de Punta Bermejo como producto de la influencia de ASS, con salinidad hasta de 35,1 ups. La llegada de dos ondas Kelvin durante los meses de julio y agosto ha significado que las masas de aguas subtropicales se acerquen a la costa en magnitudes mayores a lo que es común observar en el invierno, favoreciendo la presencia y abundancia, de especies mesopelágicas en la zona,.

El aumento del volumen de ACF entre Punta Bermejo y Sechura ha significado que en dicha zona, sea menor la abundancia latitudinal de este pez, cuya distribución longitudinal se ve limitada por la proyección de la plataforma, donde la isóbata de las 100 bz aparece como el límite de su distribución (Figura 15).

La biomasa de vinciguerria fue estimada en $10{,}42 \times 10^6$ t, con límites estadísticos de confianza en 7,02 %; la mayor abundancia de esta especie fue detectada en 12 y 13°S (Tabla 2).

## DISCUSIÓN

### La anchoveta

Desde el punto de vista de seguimiento de las pesquerías, los resultados sobre anchoveta muestran que las estructuras de tallas determinadas en el Crucero 0402-03, de evaluación de recursos pelágicos, tuvieron una progresión positiva, es decir que en el verano, predominaron individuos con LT <10 cm (rango 3 a 17 cm). En el crucero 0408-09 se obtuvo una estructura mayoritariamente de adultos con LT 12 cm (rango 10 a 17 cm).

La abundancia determinada, si bien es menor que durante el verano ($11,2x10^6$ t), es concordante con aquélla, considerando los desembarques en el período abril - julio 2004. De otro lado, la cobertura del crucero demostró que, al menos en algunas áreas, la distribución y por lo tanto la abundancia de anchoveta sería mayor a la determinada en esta ocasión. Un ejemplo de ello fue el perfil Callao, donde se detectó anchoveta hasta las 180 mn de la costa; algo parecido ocurrió en el perfil Pimentel, pero la rigidez del itinerario impide extender los transectos más allá del período de tiempo programado. Además, la zona al sur de los 15°S no ha sido prospectada, por lo que se puede afirmar que la cifra dada como resultado de la abundancia es conservadora.

En cuanto a la distribución latitudinal, la anchoveta presentó una estructura espacial que, a seis años de El Niño 1997-98, podríamos definir como "estándar", ya que con la excepción del débil Niño de 2002 las principales zonas de abundancia han sido siempre aquellas ubicadas entre los 6 y 10°S, y así ha sido en el caso presente. El resto del litoral prospectado presenta abundancias significativas, pero menores a las latitudes mencionadas, incluyendo la extensión de la distribución de anchoveta hacia el norte, hasta 4°S y en ocasiones hasta el 3°S, desde la primavera 2000, pero en todo caso dentro de un patrón general bastante bien definido, al menos para los últimos años, la mencionada distribución "estándar".

Longitudinalmente, y aceptando que habría zonas con anchoveta que no han sido evaluadas, la distribución hallada, desde un punto de vista estacional, está más de acuerdo con una estación de primavera, con una aproximación a la costa de las ASS, o una retracción de las ACF que genera usualmente vastas zonas de aguas de mezcla igualmente ideales para la distribución de la especie. En el caso presente, la ocurrencia entre julio y agosto de sucesivas ondas Kelvin que se propagaron sobre el pacífico sudeste, se tradujeron en un ligero calentamiento y el acercamiento a la costa de las ASS, con concentraciones de 35,1 y 35,2 ups a 40 y 50 mn de la costa, en promedio. Esta es la razón por la cual la anchoveta se congregó sobre la costa y mostró los altos índices de densidad acústica que han sido determinados, y es además la explicación para la alta e inusual abundancia (considerando la estación invernal) que ha sido determinada para vinciguerria.

Los análisis GAM realizados para anchoveta contribuyen a la descripción del efecto espacio-temporal de las condiciones oceanográficas sobre los cardúmenes de la especie. Entre estos resultados destacan la determinación de la variación horaria en la dimensión y ubicación vertical de los cardúmenes, que son aspectos aún en estudio, pero la claridad de las relaciones halladas permite vislumbrar su utilidad futura en un manejo dinámico de las labores extractivas. Por ejemplo, durante el crucero los cardúmenes con la mayor área de sección transversal se ubicaron entre Callao y bahía Independencia, no obstante la mayor abundancia de anchoveta en el norte. El objetivo de esta investigación, que se describe brevemente, es conocer cómo la anchoveta responde a diversos escenarios y condiciones.

Así como desde el Crucero 0402-03 los análisis GAM se han incorporado como herramienta de análisis de la información acústica, en el caso presente se ha incorporado el método de estratificación por transectos como medio de validación del método tradicional (por áreas isoparalitorales); además, la determinación de las proporciones acústicas por tallas (*K*) permitirá mejorar la evaluación acústica en el sentido de que se determina la abundancia por clases y se utiliza en mucho mayor volumen la cuantiosa información que proviene de los muestreos biológicos post-lance de pesca.

Otros recursos que mostraron una distribución y abundancia importantes fueron múnida, pota y vinciguerria. La vinciguerria es la especie que incrementó su presencia en la zona prospectada, en comparación con lo observado en similares períodos (1999-2003), como producto de la inusual influencia estacional de ASS.

La múnida es una especie que aparece endémica de la Corriente Peruana desde su presencia en 1994; sin embargo, su distribución en el mar peruano es cíclica, según lo descrito por Schweigger (1964). Los estudios acústicos desarrollados en los últimos 10 años sobre múnida muestran que presenta una variabilidad estacional respecto a su abundancia (más en invierno, menos en verano), pero que existe una progresión norte-sur en su distribución latitudinal conforme nos adentramos en el ciclo frío interdecadal definido como La Vieja (Chavez 2003). De otro lado, no se tiene aún el resultado específico acerca de los hábitos alimentarios de múnida en aguas peruanas, pero es muy posible que su dieta esté compuesta, entre otros, de huevos de anchoveta, como se ha determinado en Chile (Dr. Leonardo Castro, Universidad de Concepción, en comunicación personal).

En efecto, existe cierta sobreposición en la distribución de anchoveta y múnida (esta última se distribuye siempre en relación con ACF, y por lo general muy cerca de la costa), aunque solo en horas nocturnas aparecen mezcladas. En horas diurnas existe una clara estratificación vertical entre las dos especies (anchoveta por lo general más cerca de la superficie). Este y otros aspectos de la morfología de los enjambres de múnida han sido también estudiados recurriendo a los análisis GAM. De esta manera se ha podido mostrar (Figuras 5 y 13), por ejemplo, que la distribución vertical horaria de anchoveta (profundidad de cardúmenes, paneles "f" en ambas figuras) se da en un rango de unos pocos metros, pero que la de múnida ocurre en un rango medio de 30 m. Asimismo, otros paneles muestran que los parámetros geométricos de los enjambres de múnida son bastante más estables –latitudinalmente- que los de los cardúmenes de anchoveta, lo que indicaría el bienestar de la múnida en el ecosistema costero.

En el caso del calamar gigante, la asignación de valores de ecointegración NASC que se emplean en la determinación de la abundancia, ha dependido por lo general de las proporciones de captura durante los lances efectuados debido a la dificultad de discriminar sus registros de las de otras especies (los calamares en general poseen una baja reflectividad); sólo en altos volúmenes de densidad el calamar gigante es acústicamente distinguible, todo lo cual constituye una fuente constante de incertidumbre en la estimación de su abundancia (Gutiérrez 2002). La distribución de la especie estuvo dentro de los rangos esperados: salinidades mayores de 35,1 ups, sobre profundidades también mayores a 100 bz. Es conveniente comentar que el calamar gigante tiene una distribución muy grande en el Pacífico sudeste, al igual que vinciguerria, por lo que las cifras de abundancia que han sido calculadas están obviamente subestimadas, y corresponden únicamente a la zona que ha sido prospectada.

## CONCLUSIONES

- La distribución y abundancia determinadas para anchoveta y vinciguerria guardan concordancia con las condiciones ambientales existentes al momento de efectuarse el Crucero 0408-09.
- La abundancia y estructura demográfica determinadas para anchoveta corresponden con la estructura y biomasa estimadas para la especie en el verano (Crucero 0402-03); considerando el efecto de la pesquería, más las zonas no evaluadas (al sur y al oeste), la diferencia en la abundancia estimada durante los dos cruceros es coherente.
- Se estimó la biomasa de anchoveta en $7{,}49 \times 10^6$ toneladas, con límites estadísticos de confianza de 12,85%. El 11,47% de la biomasa corresponde a individuos hasta de 12 cm LT.
- La múnida mostró una amplia distribución costera, desplazando a la anchoveta en ciertas zonas, dentro de las cuales alcanzó sus mayores índices de abundancia. La biomasa de esta especie ha sido estimada en $1{,}17 \times 10^6$ t, con límite estadístico de confianza en 11,88 %.
- Pota se distribuyó en dos amplias zonas, en el norte y en el sur, alcanzando una biomasa de $0{,}29 \times 10^6$ t, con límite estadístico de confianza en 10,18%.
- Vinciguerria mostró una abundancia inusual para la estación, como producto de la marcada influencia de ASS especialmente en el sur de la zona evaluada. Su abundancia fue estimada en $10.42 \times 10^6$ t, con límite estadístico de confianza en 7,02%.

## REFERENCIAS


Bazigos G. 1976. Applied Fishery Statistics. FAO Fish. Tech. Pap. (135): 164 pp.

Bertrand A, Cordova J, Barbieri MA, Leiva F, Gerlotto F. 2004. Opposite day and night ecological preferenda on jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the Humboldt Current system: a 'unique' behavioural adaptation to cyclic availability of preys. ICES Journal of Marine Science. In press.

Chavez F, Ryan J, Lluch-Cota S, Ñiquen M. 2003. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. Science Vol 299: 217-221

Foote KG. 1987. Fish target strength for use in echointegrator surveys. Journal of the Acoustical Society of America, 82:981-987

Foote KG, Knudsen HP, Vestnes G, MacLennan DN, Simmonds EJ. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. Cooperative Research Report, Internacional Council for the Exploration of the Sea, 144, 57 pp.

Gutiérrez M, Peraltilla S. 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 mar peruano. Inf. Inst. Mar Perú 146: 25-29

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. 2002. Determinación de la Fuerza de Blanco (TS) de las principales especies del mar peruano. Tesis **(¿con qué fin?)**. Universidad Nacional Federico Villarreal. 81 pp.

Higgimbottom I, Pauly T, Heatley D. 2000. Virtual echograms for visualization processing of multiple-frequency echosounder data. Proceedings of the Fifth European Conference on Underwater Acoustics, ECUA 2000 (Ed. M.E. Zakharia), 1497-1502.

Jolly D, Hampton I. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 1282-1291.

MacLennan DN, Fernandez P. 2000. Definitions, Units and Symbols in Fisheries Acoustics. FAST-ICES Working Group Meeting. St. Johns´Newfoundland, Canada, April 1999 (Mimeo). 6 pp.

MacLennan DN. 1998. Revisión de los resultados obtenidos durante el Crucero 9803-05 de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos. Inf. Inst. Mar Perú N°135: 191-201.

MacLennan D, Simmonds J. 1992, Fisheries Acoustics. Chapman and Hall, London.

Hewitt R, Kim S, Naganobu M, Gutierrez M, Kang D, Takao Y, Quinones J, Lee Y-H, Shin H-C, Kawaguchi S, Emery JH, Demer DA, Loeb VJ. 2003. Variation in biomass density and demography of Antarctic krill in the vicinity of the South Shetland Islands during the 1999/2000 austral summer. En prensa (Deep Sea Research).

Schweigger E. 1964. El Litoral Peruano. Fondo Editorial de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima. 455 pp.