



Investigaciones Marinas

ISSN: 0716-1069

spalma@ucv.cl

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Chile

Gatica, Claudio; Arteaga, Marcos; Giacaman, José; Ruiz, Patricia
Tendencias en la biomasa de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*)
en la zona centro-sur de Chile, entre 1991 y 2005
Investigaciones Marinas, vol. 35, núm. 1, 2007, pp. 13-24
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Valparaíso, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45635102>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Tendencias en la biomasa de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur de Chile, entre 1991 y 2005

Claudio Gatica¹, Marcos Arteaga¹, José Giacaman¹ & Patricia Ruiz¹

¹Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, Chile

RESUMEN. La sardina común (*Strangomera bentincki*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*), constituyen la principal actividad comercial de especies pelágicas pequeñas en la zona centro-sur de Chile. La captura promedio anual de estos recursos entre 1991 y 2005 fue de 342.000 ton de sardina común y 405.000 ton de anchoveta. Las estimaciones de abundancia de estas especies fueron obtenidas por medio de modelos estadísticos de captura a la edad. Estos modelos incorporan información de captura anual, captura por unidad de esfuerzo, biomasa estimada por métodos acústicos, estructura de tamaños e información biológica (parámetros de crecimiento, madurez y peso). La estimación de los parámetros fue realizada por métodos de máxima verosimilitud. El análisis muestra que la estructura por edad de las capturas presenta una alta presencia de reclutas y que la fracción adulta ha disminuido su presencia en el tiempo, acercándose a bajos niveles de abundancia, especialmente en la sardina común, que durante el 2005 presentó una biomasa desfavorable de 207.600 ton, valor inferior a las 485.000 ton estimadas en 1991. El reclutamiento de sardina común (grupo de edad 0), se encuentra actualmente en 280.600 ton, nivel menor a las 392.000 ton estimadas al comienzo del período analizado. Para la anchoveta la biomasa desfavorable fue de 460.000 ton en el 2005, cantidad superior a las 415.000 ton de 1991, mientras que el reclutamiento fue estimado en 275.000 ton en el 2005, siendo menor a las 291.000 ton de 1991.

Palabras clave: sardina común, anchoveta, evaluación de stock, captura a la edad, Chile.

Trends in common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) biomass, central-southern Chile, 1991-2005

ABSTRACT. Common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) constitute the main commercial small pelagic fishing activity in central-southern Chile, with average annual catches between 1991 and 2005 of 342,000 tons (common sardine) and 405,000 tons (anchovy). Abundance estimates for these species were obtained through statistical models of catch by age. These models incorporate information on annual catches, catch by unit of effort, biomass estimated by acoustic methods, size structure, and biological information (growth parameters, maturity, weight). Parameter estimates were done using maximum verosimilitude methods. The analysis of the structure by age of sardine and anchovy catches shows a high presence of recruits and adult fraction that has decreased over time. The abundance levels were especially low for common sardine; the 2005 spawning biomass was 207,600 tons, as compared to the 485,000 tons estimated in 1991. Common sardine recruitment (age group 0) was currently found to be 280,600 tons, lower than the 392,000 tons estimated at the beginning of the study period. For anchovy, the 2005 spawning biomass was 460,000 tons, as compared to the 415,000 tons of 1991, and 2005 recruitment was estimated at 275,000 tons, lower than the 291,000 tons of 1991.

Key words: common sardine, anchovy, stock evaluation, catch by age, Chile.

Autor corresponsal: Claudio Gatica (cgatica@inpresa.cl).

INTRODUCCIÓN

La sardina común (*Strangomera bentincki*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*), son recursos pelágicos

pequeños de gran importancia pesquera en la zona centro-sur de Chile (34°-40°S). La sardina común se distribuye desde el norte de Coquimbo (29°S) hasta Puerto Montt (42°S), mientras que la anchoveta se

distribuye desde el norte de Perú hasta el sur de Chile (Serra, 1983). En la zona centro-sur estas especies habitan zonas cercanas a la costa, donde la productividad biológica es generalmente alta debido a eventos de surgencia, frecuentes entre septiembre y marzo (Arcos, 1987; Cubillos *et al.*, 2001, 2002).

La administración y manejo de estas pesquerías es determinada mediante Cuota Anual de Captura que se asigna por armador y zona. La cuota de captura se establece mediante evaluación de stock y reuniones de comités técnicos con participación de expertos, donde se analiza la situación del recurso y la pesquería. En este tipo de especies una característica general es la alta variabilidad del reclutamiento (Cubillos *et al.*, 2002; Morales-Bojórquez *et al.*, 2003; King &

McFarlane, 2005). Además, se presentan fluctuaciones estacionales de la biomasa con altos valores en el verano austral (enero-febrero), este patrón estacional está estrechamente asociado con la fuerza de los reclutamientos (Cubillos & Arcos, 2002).

La evaluación de stock de los peces pelágicos pequeños, en la zona centro-sur de Chile, es desarrollada por diferentes entidades o grupos, como el Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) y el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), más el aporte de investigadores de las universidades. A saber, se han desarrollado modelos de evaluación indirectos estadísticos talla-estructurados en escala mensual (Cubillos & Arcos, 2002), y estadísticos de captura a la edad por IFOP (C. Canales, com. pers.). Com-

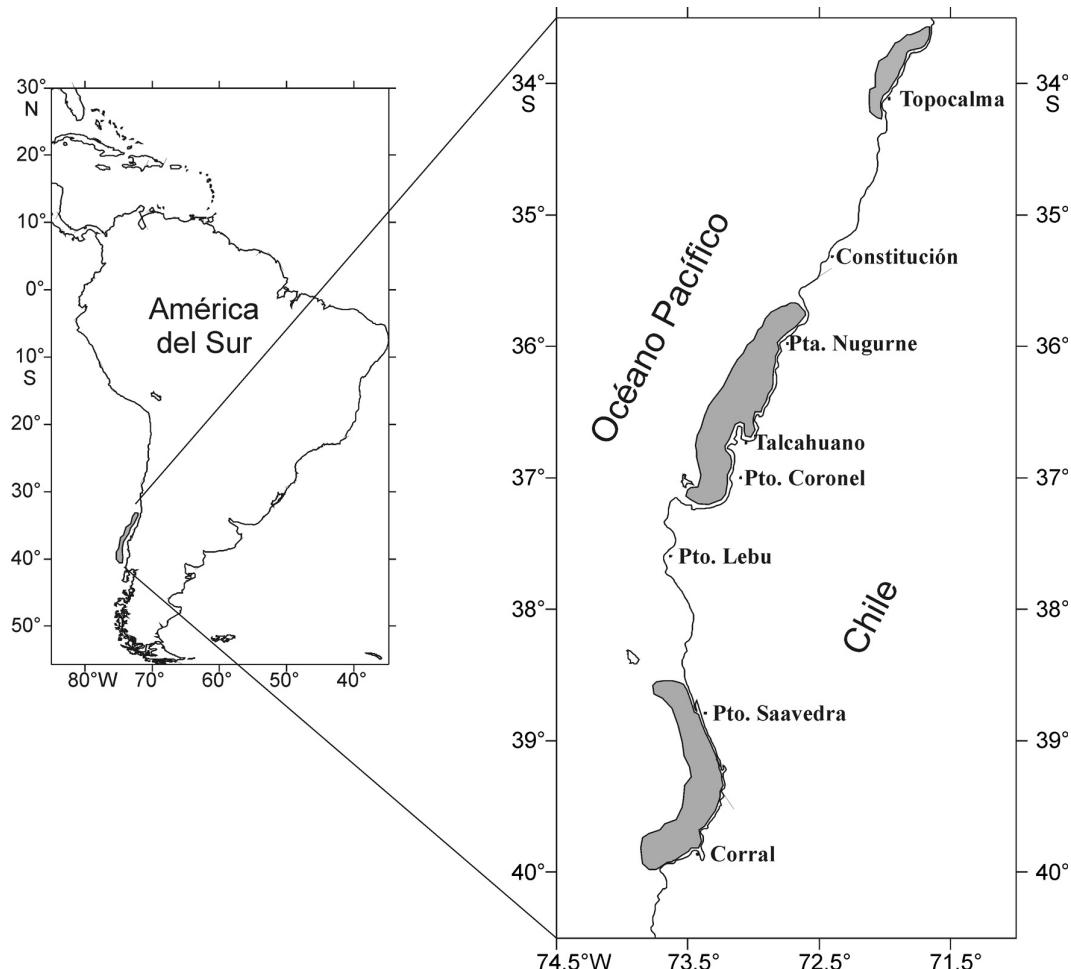


Figura 1. Área principal de captura de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur de Chile.

Figure 1. Main catching area to common sardine and anchovy in central south area of Chile.

plementariamente, se han obtenido estimaciones de biomasa acústica por métodos directos (Castillo *et al.* 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005).

Desde 1991, el INPESCA ha desarrollado un programa de investigación y monitoreo para las especies pelágicas pequeñas. En este programa se realizan muestreos biológicos regulares, estadística de captura y esfuerzo de pesca. Esta información es utilizada para elaborar diferentes modelos de evaluación de stock (Cubillos *et al.*, 2002; Gatica *et al.*, 2005).

A partir de las bases de información de INPESCA, la captura promedio anual de estas especies entre 1991 y 2005, fue de 342.000 ton en sardina común y 405.000 ton en anchoveta (SERNAPESCA, 2005). En sardina común la captura máxima anual fue de 939.000 ton en 1999, y en la anchoveta fue de 713.000 ton ese mismo año. Los valores mínimos se obtuvieron en 1995 con 127.000 ton de sardina común y el 2001 con 169.000 ton de anchoveta. Las capturas de estas especies ocurren principalmente en el primer semestre del año, asociadas a la alta estacionalidad en la abundancia y disponibilidad del recurso, y además, a las medidas administrativas y de manejo asociadas a vedas reproductivas (julio-septiembre) y de reclutamiento (diciembre-febrero) del último año (Decreto exento N°1051 de 2005).

En este trabajo se analiza las tendencias de la biomasa de sardina común y anchoveta entre 1991 y 2005. Los estimados de biomasa fueron obtenidos por medio de modelos estadísticos de captura a la edad. La información utilizada fue la estructura de tamaño, a partir de la cual se estimó la edad en las capturas utilizando la función de crecimiento de von Bertalanffy, debido a que no se dispuso de información de captura por edad. En este sentido, se espera complementar este análisis mediante estudios propios de edad y crecimiento, para compararlos al modelo desarrollado por IFOP, que posee información estructurada por edades y matrices de captura-edad, producto de los programas de monitoreo y seguimiento de recursos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde 1991, INPESCA ha recolectado información de frecuencias de tamaños obtenidas desde la pesquería de sardina común y anchoveta, proveniente principalmente de zonas cercanas a los puertos base de Talcahuano y Coronel, reconociendo que se requiere ampliar el muestreo de estructuras hacia la zona sur, hasta Puerto Montt. Esta información, corresponde

al resumen mensual de muestras diarias obtenidas al azar de la captura de embarcaciones que descargan en los puertos antes señalados. El tamaño corporal se midió como la longitud total (LT) al límite inferior más cercano, cada 0,5 cm. Las frecuencias de tamaño obtenidas para cada especie, fueron ponderadas por la captura del viaje en número (miles de individuos). Cabe señalar que las capturas de sardina común y anchoveta, reportadas en cada viaje, son re-estimadas empleando la proporción de especies observada en los muestreos rutinarios que realiza el INPESCA, correspondiente a aproximadamente 10 muestreos semanales, y en cada muestreo se analizaron 200 ejemplares por muestra.

La captura por unidad de esfuerzo nominal fue estandarizada siguiendo a Cubillos *et al.* (1998). La unidad de esfuerzo es el viaje con pesca para embarcaciones de 50 m³ de capacidad de bodega. Las tasas de captura fueron estandarizadas para ambas especies en conjunto, ya que no es posible separar el esfuerzo de pesca asignado a cada especie, debido a que los pescadores no prefieren una determinada especie, ya que ambas son destinadas a la producción de harina de pescado (Cubillos *et al.*, 2002). La captura por unidad de esfuerzo estandarizada para cada recurso fue estimado usando la proporción de cada una de las especies en el desembarque total. Las series de captura por unidad de esfuerzo estandarizada y nominal se indican en la Figura 2.

Para obtener una estimación por edad de los ejemplares se utilizó la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, así a partir de la información de frecuencia de tamaño expandidas a la captura fue posible obtener un estimado de la composición por edad de la captura anual de sardina común y anchoveta. Los parámetros de crecimiento utilizados fueron $L_{\infty} = 17,7$ cm, $k = 0,79$ año⁻¹ y $t_0 = -0,347$ en la sardina común y $L_{\infty} = 20,8$ cm, $k = 0,44$ año⁻¹ y $t_0 = -0,392$ en la anchoveta (Cubillos *et al.*, 2002). Estos parámetros del modelo de crecimiento hacen referencia a un mes de nacimiento arbitrario (1º julio), que fue incorporada a la información año calendario de la frecuencia por tallas en la captura comercial de manera directa al despejar desde el modelo de crecimiento la edad t .

En el modelo de dinámica poblacional se consideraron las clases de edad 0 a 3+ (grupo plus) en sardina común y 0 a 4+ (grupo plus) en anchoveta, ya que para cada especie la aparición de ejemplares sobre el grupo plus es baja. Los valores de mortalidad natural fueron en sardina común de $M = 1$ año⁻¹, y en

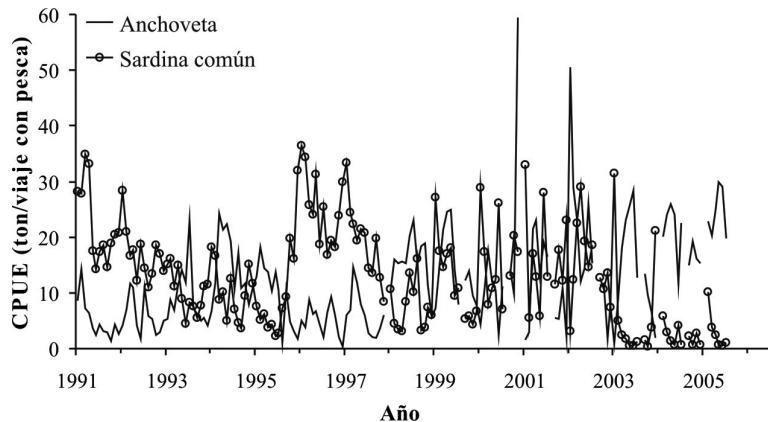


Figura 2. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) ton/viajes con pesca para sardina común y anchoveta, 1991-2005.

Figure 2. Standardized catch per unit of effort (CPUE) in ton/fishing trips to common sardine and anchovy, 1991-2005.

anchoveta de $M = 0,7 \text{ año}^{-1}$ de acuerdo con Cubillos *et al.* (2002).

Modelo estadístico de captura a la edad

Se construyó un modelo estadístico edad-estructurado para sardina común y anchoveta. Estos modelos se ajustaron con la información de composición por edad en la pesquería, capturas totales anuales, rendimientos y biomasa acústica para los años 2000 a 2005 (Tabla 1). Las ecuaciones utilizadas para ambas especies fueron:

$$N_{t+1,a+1} = N_{t,a} \cdot e^{[-Z_{t,a}]} \quad (1)$$

$$N_{t+1,A^*} = N_{t,A^*-1} \cdot e^{[-Z_{t,A^*-1}]} + N_{t,A^*} \cdot e^{[-Z_{t,A^*}]} \quad (2)$$

$$C_{t,a} = \frac{F_{t,a} \cdot N_{t,a} \cdot [1 - e^{(-Z_{t,a})}]}{Z_{t,a}} \quad (3)$$

$$F_{t,a} = S_a \cdot F_t \quad (4)$$

$$\hat{p}_{t,a} = \hat{C}_{t,a} / \hat{C}_t \quad \hat{C}_t = \sum_{a=1}^m \hat{C}_{t,a} \quad (5)$$

donde $N_{t,a}$ es el número de individuos de la edad a en el año t , $Z_{t,a}$ es la mortalidad total, N_{t,A^*} es el grupo plus con A^* de valor 3 en sardina común y 4 en anchoveta, $C_{t,a}$ es la captura a la edad, $F_{t,a}$ es la mortalidad por pesca a la edad a en el año t , S_a es la selectividad a la edad, F_t es la mortalidad de pesca

total, $\hat{p}_{t,a}$ es la proporción estimada a la edad a en el año t y \hat{C}_t es la captura a la edad total estimada.

Se consideró una distribución multinomial para la composición de edad ajustada de los datos de pesca; por lo tanto esta log-verosimilitud LL_1 es dada por:

$$-LL_1 = -n_{t,a} \cdot \sum_{t=1}^T \sum_{a=0}^A p_{t,a} \cdot \ln \hat{p}_{t,a} \quad (6)$$

donde $n_{t,a}$ representa el número efectivo de individuos muestreados en el año t pertenecientes a la edad a , el cual fue reemplazado por el valor de $n = 300$, debido a que en la práctica el tamaño de muestra para la determinación de la estructura de tamaños puede ser mucho mayor (Methot, 1986); $p_{t,a}$ corresponde a la proporción observada y $\hat{p}_{t,a}$ es la proporción estimada.

La captura total anual C_t (ton) se consideró como una distribución log-normal con una log-verosimilitud negativa LL_2 como sigue:

$$-LL_2 = \frac{1}{2 \cdot \sigma_c^2} \cdot \sum_{t=1}^n (\ln(C_t) - \ln(\hat{C}_t))^2 \quad (7)$$

donde n es el número de años con datos disponibles, \hat{C}_t la captura total estimada y la desviación estándar utilizada se obtuvo de información previa, que fue $\sigma_c = 0,2$.

Similarmente, para la biomasa B de cruceros acústicos, también se estimó una verosimilitud negativa con distribución log-normal

Tabla 1. Información de entrada para el modelo de evaluación edad-estructurado de sardina común y anchoveta (1991-2005).

Table 1. Imput information to catch-at-age stock assessment model to common sardine and anchovy (1991-2005).

Año	Sardina común			Anchoveta		
	Biomasa acústica (miles ton)	Captura (ton)	CPUE (ton/vcp)	Biomasa acústica (miles ton)	Captura (ton)	CPUE (ton/vcp)
1991		498	21,4		268	5,2
1992		516	18,8		262	6,2
1993		250	13,3		205	9,3
1994		359	10,3		474	14,9
1995		120	6,8		256	9,7
1996		360	21,5		360	5,2
1997		551	23		292	6,5
1998		236	10,2		331	16,0
1999		693	12,5		806	15,1
2000	264,2	584	12,4	370,0	439	15,7
2001	601,4	407	16	450,8	94	11,2
2002	869,7	283	16,2	1509,2	268	18,6
2003	478,0	286	9,5	250,3	309	13,6
2004	360,2	371	4,3	1289,8	343	19,7
2005	399,9	345	2,5	909,7	444	23,6

vcp: viaje con pesca / fishing trip

$$-LL_3 = \frac{1}{2 \cdot \sigma_B^2} \cdot \sum_{t=1}^n (\ln(B_t) - \ln(\hat{B}_t))^2 \quad (8)$$

Con desviación estándar $\sigma_B = 0,15$ y estimado de biomasa total \hat{B}_t para el crucero al 1º de enero dado por:

$$\hat{B}_t = \sum_{a=0}^{A^*} V_a \cdot \hat{N}_{t,a} \cdot w_a$$

donde w_a es el peso a la edad y V_a corresponde a un valor de selectividad a la acústica que es considerada igual a 1. Para la tasa de captura (CPUE) se utilizó la verosimilitud log-normal negativa con $\sigma_e = 0,2$

$$-LL_4 = \frac{1}{2 \cdot \sigma_e^2} \cdot \sum_{t=1}^n (\ln(CPUE_t) - \ln(CPUE'_t))^2 \quad (9)$$

Finalmente, la función de verosimilitud total es dada por la suma de todos los términos de verosimilitud (ecuaciones 6 a 9). Los parámetros desconocidos del modelo fueron la estructura de edad inicial $N_{1992,a}$, la mortalidad por pesca total (1991-2005), el reclu-

tamiento de la edad-0 para el modelo (1991-2005) y el coeficiente de capturabilidad q .

El proceso de estimación no lineal fue implementado por medio de un algoritmo en el Programa Octave de libre acceso (<http://www.gnu.org/software/octave/>), que utiliza un lenguaje que es mayormente compatible con Matlab. El algoritmo maximiza la función objetivo utilizando derivadas parciales, obteniéndose estimaciones precisas de la matriz Hessiana que permiten obtener los intervalos de confianza para los parámetros de interés.

RESULTADOS

La serie de captura por unidad de esfuerzo observada en sardina común y anchoveta para el período analizado se muestra en la Figura 2. La fluctuación de las capturas de sardina común y anchoveta se muestra en las Figuras 3 y 4. Es evidente la alta variabilidad que está asociada con la fuerza de las distintas clases anuales que reclutan. De hecho, en varios años de la serie, más del 90% de las capturas de sardina común

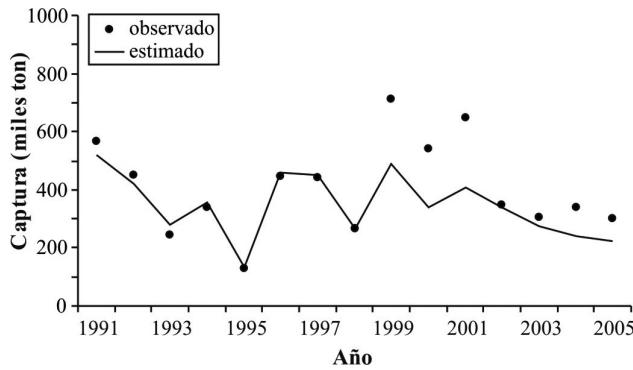


Figura 3. Capturas anuales de sardina común en la zona centro-sur de Chile, 1991-2005.

Figure 3. Annual catch to common sardine in south central area off Chile, 1991-2005.

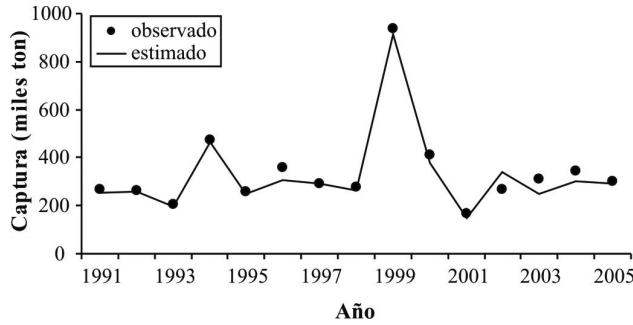


Figura 4. Capturas anuales de anchoveta en la zona centro-sur de Chile, 1991-2005.

Figure 4. Annual catch to anchovy in south central area off Chile, 1991-2005.

corresponden a reclutas (edad 0). En la sardina común al comienzo de la serie en 1991, los niveles de captura fueron de aproximadamente 550.000 ton, luego se observa una tendencia negativa hasta 1995, donde se capturaron menos de 200.000 ton. Entre 1996 y 2005, las capturas fluctuaron alrededor de 300.000 ton con una tendencia decreciente en los últimos años. En el caso de la anchoveta, entre 1991 y 1998, las capturas variaron entre 200.000 y 300.000 ton, registrándose máximos de 800.000 ton en 1999, luego disminuyeron hasta 169.000 ton el 2001, para posteriormente incrementar y llegar a 291.000 ton el 2005.

La estructura por edad en las capturas de sardina común desde 1991 hasta 2005, muestra que la captura de esta especie es soportada mayoritariamente por ejemplares reclutas (edad 0) y tiene baja presencia de ejemplares de edades mayores (1, 2 y 3+); no obstante, entre 1997 y 1998, se observó una mayor presencia de clases de edad 1 y 2 (Fig. 5). Luego, del 2001 al 2004, nuevamente se observó una baja presencia de las clases de edad 1 y 2, y sólo en el 2005

aparece la clase 1 con importancia en las capturas. En la anchoveta la proporción de edad se distribuyó entre las edades 0 a 4+. Sin embargo, a diferencia de sardina común las clases de edad 1 y 2 dominaron en la estructura, siendo importantes los reclutas sólo en 1993, 1996, 2000 y 2001 (Fig. 6).

En sardina común la biomasa total mostró un incremento de 1991 a 1996, que alcanzó a 1.800.000 ton, disminuyendo luego gradualmente a 611.000 ton en el 2005 (Fig. 7). Las tendencias de la biomasa para anchoveta muestran un alza sostenida desde 1991 a 1998, alcanzando 1.500.000 ton. Esta tendencia positiva, cambia a una negativa a partir de 1999 a 2000, llegando a 663.000 ton en el 2001, para luego aumentar por sobre 1.100.000 ton el 2004 y 2005 (Fig. 8).

La razón entre los indicadores biomasa total, desovante y reclutamiento en peso referidos a los estimados del año 1991 en sardina común y anchoveta, se presentan en las Tablas 2 y 3. En la sardina común tanto la biomasa total como la desovante

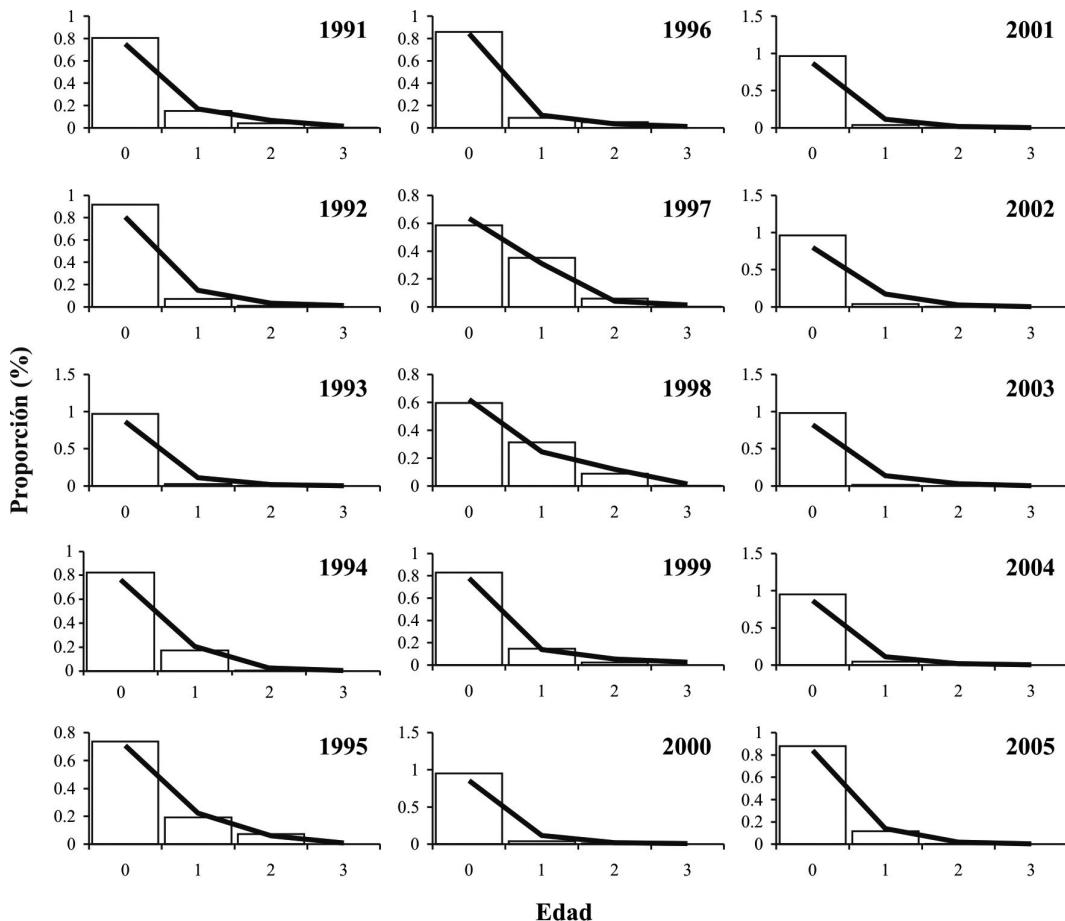


Figura 5. Proporción por edad en la captura de sardina común, 1991-2005.

Figure 5. Catch at age proportion to common sardine, 1991-2005.

disminuyeron 57%, mientras que el reclutamiento disminuyó 28%. En la anchoveta, se observó un incremento de los principales indicadores poblacionales correspondientes a 10,2% para la biomasa total, 10,6% para la biomasa desovante y 5,6% en el reclutamiento. En consecuencia, es posible indicar que la explotación efectuada sobre estas especies produce respuestas poblacionales diferentes en los indicadores de condición de la población en sardina común y anchoveta.

DISCUSIÓN

Las fluctuaciones en la abundancia de poblaciones de peces pelágicos pequeños a nivel mundial y su aparente conexión con procesos climáticos y oceanográficos, que operan a escala global, han sido

temáticas abordadas ampliamente en la literatura científica (Crawford *et al.*, 1991; Kawasaki, 1991, 1992; Bakun, 1998, 2001; Schwartzlose *et al.*, 1999; Cury *et al.*, 2000).

En el presente estudio, las biomassas estimadas de sardina común y anchoveta en el área centro-sur de Chile muestran importantes fluctuaciones entre 1991 y 2005. En términos de tendencia, la biomasa de sardina común presenta un pronunciado y permanente descenso, mientras que la de anchoveta fluctuó alrededor de 1.200.000 ton. En particular, la biomasa desovante de sardina común disminuye fuertemente desde 1998, permaneciendo en torno a 93.000 ton entre 2000 y 2005. En el mismo período la biomasa desovante de anchoveta se incrementa de 113.000 ton en el 2000 a 460.000 ton el 2005. La tendencia contraria en las biomassas desovantes

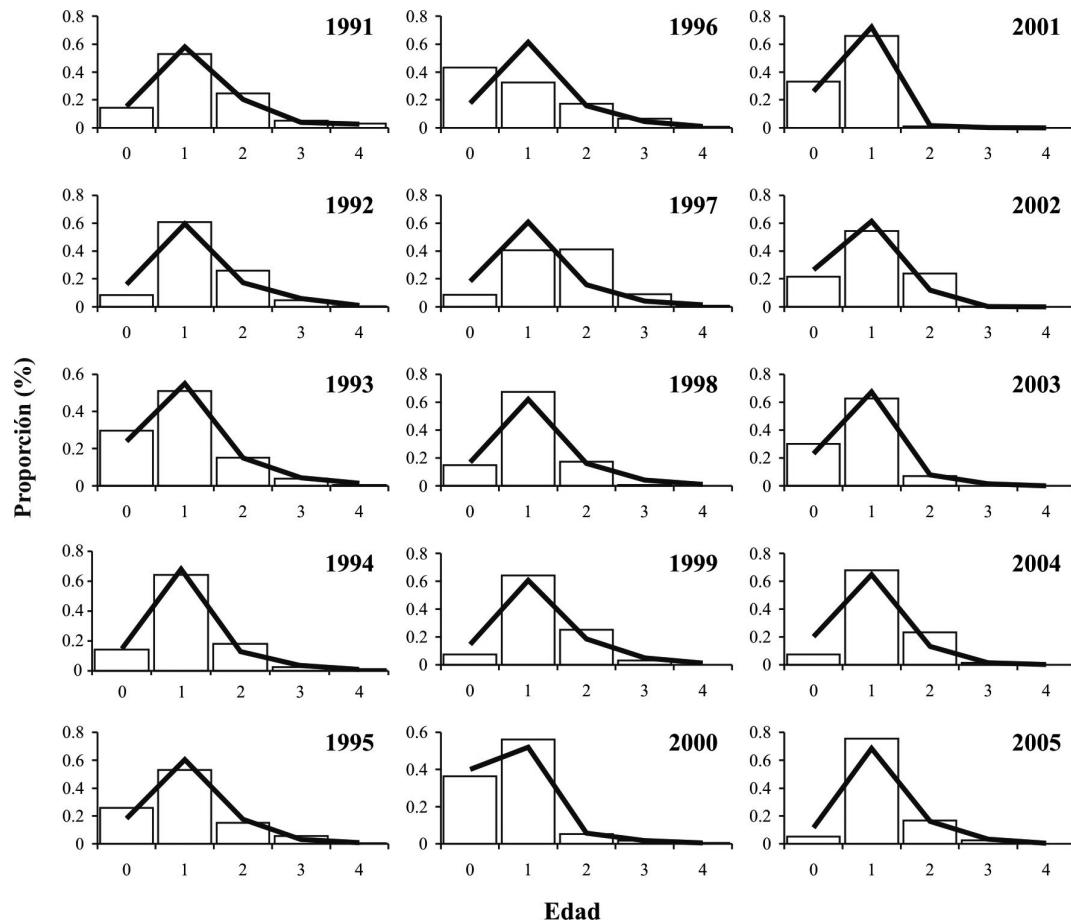


Figura 6. Proporción por edad en la captura de anchoveta, 1991-2005.

Figure 6. Anchovy catch at age proportion in the period, 1991-2005.

puede ser explicada por la estructura de edad de las capturas, donde se observa que en la anchoveta hay presencia de individuos de clases de edad 1, 2 y 3, comparada con la baja presencia de la fracción adulta en la población de sardina común. Considerando que en ambos recursos la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) podría ser vista como un índice de la abundancia relativa de la fracción explotable de la población (Gatica & Hernández, 2003), se cree que las fluctuaciones observadas en la serie de CPUE (Fig. 2), indican un desfase temporal entre la abundancia relativa de sardina común y anchoveta. No obstante lo anterior, el presente trabajo no busca establecer factores asociados a las fluctuaciones de larga escala entre las poblaciones de sardina común y anchoveta en Chile centro-sur. Sin embargo, existen antecedentes de sucesiones naturales entre especies de pelágicos pequeños, cuyas abundancias poblacio-

nales son dominantes o subdominantes (Schwartzlose *et al.*, 1999). Este tipo de fluctuaciones estaría asociado con la formación de clases anuales fuertes del género subdominante que permiten el incremento de la abundancia poblacional, determinando así la sucesión de especies. Además, se reconoce una variedad de mecanismos de control biológico asociados a estos procesos, como la intensidad de la surgencia (Bakun, 2001), la temperatura superficial del mar y los eventos El Niño (Yáñez *et al.*, 1995), cambios en la abundancia y composición de las comunidades zooplanctónicas (Verheyen *et al.*, 1998; Verheyen & Richardson, 1998), incluso es posible que la dinámica de los cardúmenes ejerza un rol fundamental en la predominancia alternada de sardina y anchoveta (Cury *et al.*, 2000).

Estudios previos de sardina común y anchoveta en la misma zona (Cubillos & Arcos, 2002), muestran

Tabla 2. Biomasa total (B), biomasa desovante (BD) y reclutamiento (R) de sardina común entre 1991 y 2005.

Table 2. Total biomass (B), spawning biomass (BD) and recruitment (R) to common sardine between 1991 and 2005.

Año	B total (ton · 10 ³)	SSB (ton · 10 ³)	R (ton · 10 ³)	B _{año} /B ₁₉₉₁	SSB _{año} /SSB ₁₉₉₁	R _{año} /R ₁₉₉₁
1991	1424	485	392	1,00	1,00	1,00
1992	1070	345	386	0,75	0,71	0,98
1993	1024	406	503	0,72	0,84	1,28
1994	1253	487	433	0,88	1,00	1,10
1995	1191	583	309	0,84	1,20	0,79
1996	1817	740	756	1,28	1,53	1,93
1997	1728	696	372	1,21	1,43	0,95
1998	1333	585	225	0,94	1,21	0,57
1999	1180	363	344	0,83	0,75	0,88
2000	855	273	400	0,60	0,56	1,02
2001	950	285	485	0,67	0,59	1,24
2002	817	251	313	0,57	0,52	0,80
2003	665	207	256	0,47	0,43	0,65
2004	604	193	273	0,42	0,40	0,70
2005	611	208	281	0,43	0,43	0,72

Tabla 3. Biomasa total (B), biomasa desovante (BD) y reclutamiento (R) de anchoveta entre 1991 y 2005.

Table 3. Total biomass (B), spawning biomass (BD) and recruitment (R) to anchovy between 1991 and 2005.

Año	B total (ton · 10 ³)	SSB (ton · 10 ³)	R (ton · 10 ³)	B _{año} /B ₁₉₉₁	SSB _{año} /SSB ₁₉₉₁	R _{año} /R ₁₉₉₁
1991	1048	416	292	1,00	1,00	1,00
1992	994	381	287	0,95	0,92	0,99
1993	1154	436	482	1,10	1,05	1,65
1994	1314	440	351	1,25	1,06	1,20
1995	1125	427	380	1,07	1,03	1,30
1996	1248	467	403	1,19	1,12	1,38
1997	1348	516	456	1,29	1,24	1,57
1998	1500	609	490	1,43	1,46	1,68
1999	1459	286	272	1,39	0,69	0,93
2000	719	114	333	0,69	0,27	1,14
2001	663	204	324	0,63	0,49	1,11
2002	935	246	389	0,89	0,59	1,33
2003	1007	327	424	0,96	0,79	1,46
2004	1209	416	441	1,15	1,00	1,51
2005	1155	460	275	1,10	1,11	0,94

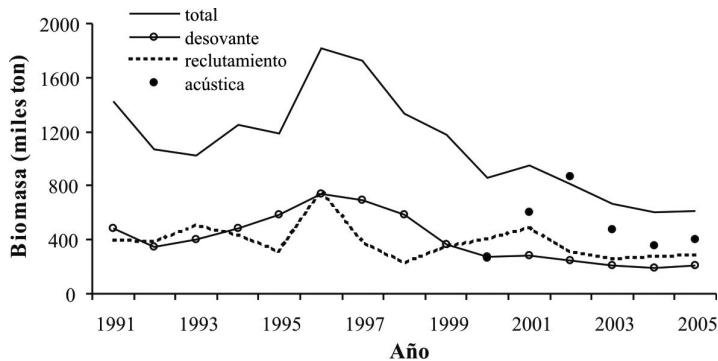


Figura 7. Tendencias de la biomasa total, desovante y reclutamiento de sardina común, 1991-2005.

Figure 7. Total, spawning and recruitment trends biomass to common sardine, 1991-2005.

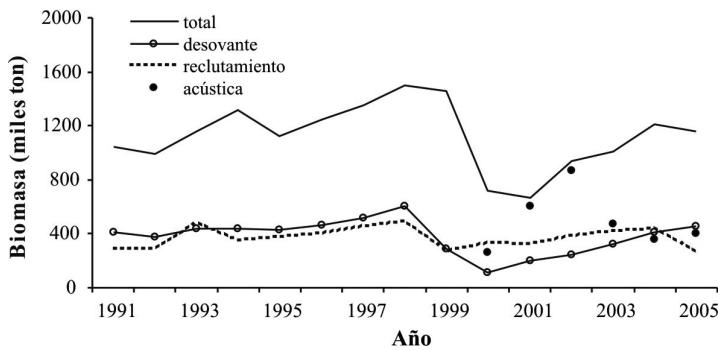


Figura 8. Tendencias de la biomasa total, desovante y reclutamiento de anchoveta, 1991-2005.

Figure 8. Total, spawning and recruitment trends biomass to anchovy, 1991- 2005.

asociaciones entre variabilidad del reclutamiento y factores medio ambientales (anomalías de SST, índices de surgencia). Otras investigaciones sugieren que condiciones cálidas en el mar (eventos El Niño), podrían afectar la disponibilidad de alimento (González *et al.*, 2000). Sin embargo, en la zona centro-sur, ambas especies habitan áreas de alta productividad biológica (Daneri *et al.*, 2000).

En especies pelágicas pequeñas, es común observar alternancia entre especies, no obstante los resultados no muestran una clara relación inversa, entre los procesos de reclutamiento como lo señala Cubillos *et al.* (2002). Sin embargo, si se considera que en su análisis se utiliza una escala temporal mensual y donde la influencia de la estacionalidad en la pesquería y la disponibilidad de las especies es mayor, es posible que en el caso analizado la escala temporal anual sea corta para descifrar patrones de alternancia entre especies. Finalmente, se considera

necesario comenzar a orientar las investigaciones destinadas a reconstruir y fortalecer la estructura poblacional de la sardina común, por la baja presencia de fracción adulta, más aún si se considera que la mayor parte de las capturas corresponde a individuos reclutas. En la zona centro-sur las investigaciones previas se han focalizado al análisis de cambios de abundancia y relaciones entre factores ambientales con el reclutamiento (Cubillos & Arcos, 2002; Cubillos *et al.*, 2002), pero no se ha profundizado en estudios orientados a comprender la dinámica poblacional y el efecto de la estructura poblacional en los cambios de abundancia. La reciente situación de bajos niveles de biomasa desovante de sardina común, podría conducir a una frágil condición del stock por sobrepesca, como señala Cubillos *et al.* (2002), determinando que la sardina común esté en serio riesgo de sobrepesca por las tendencias crecientes del esfuerzo que no logra ser compensada por la productividad del stock.

REFERENCIAS

- Arcos, D.F. 1987.** Seasonal and short time scale variability in copepod abundance and species composition in an upwelling area off Concepción coast, Chile. Ph.D. Thesis. State University of New York, Stony Brook, 203 pp.
- Bakun, A. 1998.** Ocean triads and radical interdecadal stock variability: bane and boon for fishery management science. En: T. Pitcher, P. Hart & D. Pauly (eds.). *Reinventing fisheries management*. Chapman & May, London, pp. 349-351.
- Bakun, A. 2001.** 'School-mix feedback': a different way to think about low frequency variability in large mobile fish populations. *Progr. Oceanogr.*, 49: 485-511.
- Castillo, J., M.A. Barbieri, M. Espejo & V. Catasti. 2000.** Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Fondo de Investigación Pesquera, Informe Final Proyecto FIP 99-13: 138 pp.
- Castillo, J., M.A. Barbieri, M. Espejo & V. Catasti. 2001.** Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Fondo de Investigación Pesquera, Informe Final Proyecto FIP 2000-09: 151 pp.
- Castillo, J., A. Saavedra, M. Espejo, J. Córdova, P. Gálvez & M.A. Barbieri. 2002.** Informe Final evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2002. Fondo de Investigación Pesquera, Proyecto FIP 2001-13: 208 pp.
- Castillo, J., A. Saavedra, M. Espejo, J. Córdova, P. Gálvez & M.A. Barbieri. 2003.** Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2003. Fondo de Investigación Pesquera, Informe Final Proyecto FIP 2002-13: 203 pp.
- Castillo, J., A. Saavedra, P. Gálvez, P. Barría, M. Espejo & M.A. Barbieri. 2004.** Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2004. Fondo de Investigación Pesquera, Informe Final Proyecto FIP 2003-08: 178 pp.
- Castillo, J., A. Saavedra & P. Gálvez. 2005.** Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2005. Fondo de Investigación Pesquera, Informe Final Proyecto FIP 2004-05: 206 pp.
- Crawford, R.J. M., L. Underhill, L. Shannon, D. Lluch-Belda, W. Siegfried & C. Villacastin-He rrero. 1991.** An empirical investigation of transoceanic linkages between areas of high abundance of sardine. En: T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba & A. Taniguchi (eds.). *Long-term variability in the pelagic fish populations and their environment*. Pergamon Press, Oxford, pp. 319-332.
- Cubillos, L.A., M. Canales, A. Hernández, D. Bucarey, L. Vilugrón & L. Miranda. 1998.** Poder de pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la abundancia relativa de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-1997). *Invest. Mar., Valparaíso*, 26: 3-14.
- Cubillos, L.A., D. Arcos, M. Canales & D. Bucarey. 2001.** Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile: a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? *Aquat. Living Resour.*, 14: 115-124.
- Cubillos, L.A. & D.F. Arcos. 2002.** Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile in the 1990s and the impact of the 1997-1998 El Niño. *Aquat. Living Resour.*, 15: 87-94.
- Cubillos, L.A., D. Bucarey & M. Canales. 2002.** Monthly abundance estimation for common sardine *Strangomera bentincki* and anchovy *Engraulis ringens* in the central-southern area off Chile (34-40°S). *Fish. Res.*, 57: 117-130.
- Cury, P., A. Bakun, R. Crawford, A. Jarre, R. Quiñones, L. Shannon & H. Verheyen. 2000.** Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in "wasp-waist" ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 603-618.
- Daneri, G., V. Dellarossa, R. Quiñones, B. Jacob, P. Montero & O. Ulloa. 2000.** Primary production and community respiration in the Humboldt Current System off Chile and associated oceanic areas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 197: 41-49.
- Gatica, C. & A. Hernández. 2003.** Tasas de captura estandarizadas como índice de abundancia relativa en pesquerías: Enfoque por modelos lineales generalizados. *Invest. Mar., Valparaíso*, 31(2): 107-115.
- Gatica, C., M. Arteaga, P. Ruiz & J. Giacaman. 2005.** Análisis de la situación del stock de sardina común y anchoveta entre 1990 y 2005. *Doc. Téc., Inst. Invest. Pesq. (IIP)*, Talcahuano, 14(6): 1-45.
- González, H.E., M. Sobarzo, D. Figueroa & E.M. Nöthing. 2000.** Composition, biomass and potential grazing impact of the crustacean and pelagic tunicates in the northern Humboldt current area off Chile: differences between El Niño and non-El Niño

- years. Mar. Ecol. Prog. Ser., 195: 201-220.
- Kawasaki, T. 1991.** Long term variability in the pelagic fish populations. En: T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba & A. Taniguchi (eds.). Long-term variability of pelagic fish populations and their environment. Pergamon Press, Oxford, pp. 47-60.
- Kawasaki, T. 1992.** Mechanisms governing fluctuations in pelagic fish population. S. Afr. J. Mar. Sci., 12: 873-879.
- King, J. & G. McFarlane. 2005.** Implications for the management of marine resources. En: J. King (ed.). Report of the study group on fisheries and ecosystem responses to recent regime shift. North Pacific Marine Science Organization (PICES), Sidney, pp. 51-54.
- Methot, R.D. 1986.** Synthetic estimates of historical abundance and mortality for northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Natl. Mar. Fish. Serv., Southwest Fish. Cent., Admin. Rep. LJ 86-29, La Jolla, California, pp. 1-85.
- Morales-Bojórquez, E., V.M. Gómez-Muñoz, R. Félix-Uraga & R.M. Alvarado-Castillo. 2003.** Relation between recruitment, sea surface temperature, and density-independent mortality of the Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*) off the southwest coast of the Baja California Peninsula, Mexico. Sci. Mar., 67(1): 25-32.
- Schwartzlose, R., J. Alheit, A. Bakun, T. Baumgartner, R. Cloete, R. Crawford, W. Fletcher, Y. Green-Ruiz, E. Hagen, T. Kawasaki, D. Lluch-Belda, S. Lluch-Cota, A. MacCall, Y. Matsuura,**
- M. Nevarez-Martinez, R. Parrish, C. Roy, R. Serra, K. Shust, M. Ward & J. Zuzunaga. 1999.** Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. S. Afr. J. Mar. Sci., 21: 289-347.
- Serra, J.R. 1983.** Changes in the abundance of pelagic resources along the Chilean coast. En: G. Sharp & J. Csirke (eds.). Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. FAO Fish. Rep., 291: 255-284.
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2005.** Anuario estadístico de pesca 2005. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. [http://www.sernapesca.cl/paginas/publicaciones/anuarios/index_anuario.php]. Revisado: marzo 2006.
- Verheyen, H. & A. Richardson. 1998.** Long-term increase in crustacean zooplankton abundance in southern Benguela upwelling region (1951-1996): bottom-up or top-down control? ICES J. Mar. Sci., 55: 803-807.
- Verheyen, H., A. Richardson, L. Hutchings, G. Marska & D. Gianakouras. 1998.** Long-term trends in the abundance and community structure of coastal zooplankton in the southern Benguela system, 1951-1996. S. Afr. J. Mar. Sci., 19: 317-332.
- Yáñez, E., A. González & M.A. Barbieri. 1995.** Estructura térmica del mar, asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. Invest. Mar., Valparaíso, 23: 123-147.

Recibido: 6 abril 2006; Aceptado 12 enero 2007