

FACTORES OCEANOGRÁFICOS RELACIONADOS CON
LA ABUNDANCIA RELATIVA DE ANCHOÍTA SOBRE LA PLATAFORMA
BONAERENSE (34° S-41° S) DURANTE LA PRIMAVERA*

por

PATRICIA MARTOS^{1, 2}, JORGE E. HANSEN¹, RUBÉN M. NEGRI¹ y ADRIÁN MADIROLAS¹

¹Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP),
Paseo Victoria Ocampo N° 1, Escollera Norte, B7602HSA - Mar del Plata, Argentina
e-mail: pmartos@inidep.edu.ar

²Departamento de Ciencias Marinas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP),
Funes 3350, B7602AYL - Mar del Plata, Argentina

SUMMARY

Oceanographic factors associated to the relative abundance of the northern stock of the Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) on the continental shelf of the Province of Buenos Aires (34° S-41° S) during springtime.

Research has been conducted to study the relationship between some physical variables and the relative abundance of the northern stock of the Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) within the main area of distribution of the stock during springtime. Basic data were recorded during four research surveys mainly aimed at the acoustic assessment of the stock between 34° S and 41° 30' S. The cruises were always carried out in October from 1993 to 1996. Several environmental variables were simultaneously input into a General Linear Model to analyze the variations on fish abundance; however, the model did not account for more than 17-20% of the total variance. Nevertheless most of those factors (sea surface temperature, surface salinity, stability of the water column, hydrographic environments, or the combined ranges of both temperature and salinity at the sea surface) were significant when considered as single factors. Neither the horizontal temperature gradient nor the difference in water temperature between the sea surface and the bottom were significant, whereas both the horizontal salinity gradient and the difference in water salinity between the sea surface and the bottom were significant. The effect of the stability factor on the bonaerensis anchovy abundance was almost the opposite as previously observed in patagonic anchovy, as the highest mean fish densities were not recorded within tidal or thermal front zones, but in regions where water was medium or highly stratified. As a rule, the bonaerensis anchovy preferred salinity front regions at intermediate or high temperatures (≥ 12.5 °C). In salinity fronts but at lower temperatures (< 12.5 °C) the abundance averages sharply decreased, and they were minimal at salinity equal or above 33.5 psu if combined with low or intermediate temperatures. Inter-annual variations showed an inverse relationship between mean fish abundance and the extension of the water masses combining low temperatures with relatively high salinity. This combination usually represented a limit for the anchovy shoals occurrence. In the years when anchovy was particularly abundant, the region showed wide saline front zones, and relatively high temperatures. Moreover, in zones showing low or intermediate surface salinity (< 33.5 psu), a stratified water column at temperature

*Contribución INIDEP N° 1264

above 11 °C-12 °C was clearly favorable for fish shoals, either within or above the thermocline layer. On the other hand, both in the regions or the years showing no thermal stratification, the anchovies were recorded at almost every depth level.

RESUMEN

Se estudió la vinculación entre algunas variables físicas del ambiente y la ocurrencia de anchoíta bonaerense en su principal área de distribución primaveral. Los datos analizados fueron registrados durante cuatro campañas de investigación destinadas principalmente a la evaluación acústica del *stock* de anchoíta entre 34° S y 41° 30' S, efectuadas en el mes de octubre de los años 1993 a 1996. Distintos factores ambientales fueron considerados en forma conjunta por medio de un Modelo Lineal General para analizar las variaciones de abundancia de estos peces, el cual no explicó más del 17-20% de la varianza total. No obstante, al considerar el efecto de cada uno de aquellos factores en forma individual, muchos fueron estadísticamente significativos tales como temperatura de superficie, salinidad superficial, estabilidad de la columna de agua, tipo de ambiente (ejemplo: la combinación de rangos de temperatura y salinidad superficiales). El gradiente horizontal de temperatura superficial y el gradiente vertical entre la superficie y el fondo no fueron significativos a este respecto, pero sí el gradiente de salinidad superficial y la diferencia salina entre la superficie y el fondo. El efecto del factor estabilidad sobre la abundancia de anchoíta bonaerense fue casi el opuesto al observado previamente en la anchoíta patagónica, ya que los mayores promedios de densidad de peces no se registraron en zonas de frentes de mareas o térmicos, sino donde hubo una estratificación mediana o alta de las aguas. En general, la anchoíta bonaerense prefirió los ambientes de frentes salinos con temperaturas intermedias o altas ($\geq 12,5$ °C). Con igual salinidad pero a bajas temperaturas ($< 12,5$ °C), los valores medios de abundancia descendieron, y fueron mínimos con una salinidad igual o superior a 33,5 ups combinada con temperaturas bajas a intermedias. La comparación interanual puso de manifiesto una relación inversa entre la abundancia media de la anchoíta y la extensión de las masas de agua con baja temperatura y salinidad relativamente elevada. Esta combinación usualmente determinó el límite externo de la distribución de los cardúmenes. Durante años favorables, el área estuvo caracterizada por una mayor amplitud de la zona de frentes salinos y temperaturas medias o altas. En zonas con salinidad baja o intermedia ($< 33,5$ ups), la ocurrencia de estratificación térmica vertical con temperaturas superiores a los 11 °C-12 °C favoreció la presencia de cardúmenes, sea en la propia capa de termoclina o sobre la misma. En cambio, en las regiones o años en que no se verificó estratificación térmica, los peces se localizaron en cualquier nivel de profundidad.

Key words: *Engraulis anchoíta*, abundance, seasonal distribution, environmental factors, Argentine Sea, Argentinian-Uruguayan Common Fishing Zone.

Palabras clave: *Engraulis anchoíta*, abundancia, distribución estacional, factores ambientales, Mar Argentino, Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya.

INTRODUCCIÓN

El efectivo de anchoíta (*Engraulis anchoíta*) que durante la primavera habita entre los 34° S y 41° S de latitud, o población bonaerense (Brandhorst *et al.*, 1974; Hansen *et al.*, 1984; Ratti, 1986), conforma sin dudas el grupo de peces pelágicos más importante de la región, tanto por la biomasa de sus cardúmenes (Ciechowski y Sánchez, 1988; Hansen y Madirolas, 1999) como por su papel de principal alimento para las especies ictiófagas del área, sean peces, mamíferos o aves marinas (Angelescu, 1982).

La región en que se distribuye la mayor parte de esta población (Figura 1) es una de las más planas de la plataforma continental argentina, con

una pendiente suave y profundidades medias de 80 m (Lonardi y Ewing, 1971). Está caracterizada por la presencia del estuario del Río de la Plata (en adelante, RP), que descarga sus aguas con una tasa media de 20.000 m³ s⁻¹ a 25.000 m³ s⁻¹ y constituye la segunda cuenca de drenaje de Sudamérica (Urien, 1972; Framiñan y Brown, 1996; Guerrero *et al.*, 1997).

Hacia el sur de dicho estuario, entre las latitudes de 38° S y 39° S, la plataforma presenta un estrechamiento que separa dos áreas independientes con profundidades menores de 50 m: el propio estuario del RP y el área denominada "El Rincón" (en adelante, ER). La primera mantiene una estructura de cuña salina permanente, consistente en una capa superficial diluida y menos densa, de origen continental, y una capa de fondo salina y densa, originada en la plataforma

(Guerrero, 1998). La zona de ER también se define como un ambiente de estuario, que en su porción litoral recibe aportes continentales del Río Negro y del Río Colorado, con caudales medios anuales de $850 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y $130 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ respectivamente (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2002), mientras que en su zona externa está influenciada por aguas del sur que ingresan por advección desde el Golfo San Matías (en adelante, GSM) en el sur, con valores máximos de salinidad (Lucas *et al.*, 2000).

La interacción entre las descargas fluviales mencionadas y el mar adyacente genera dos sistemas frontales. Uno resulta del encuentro de las

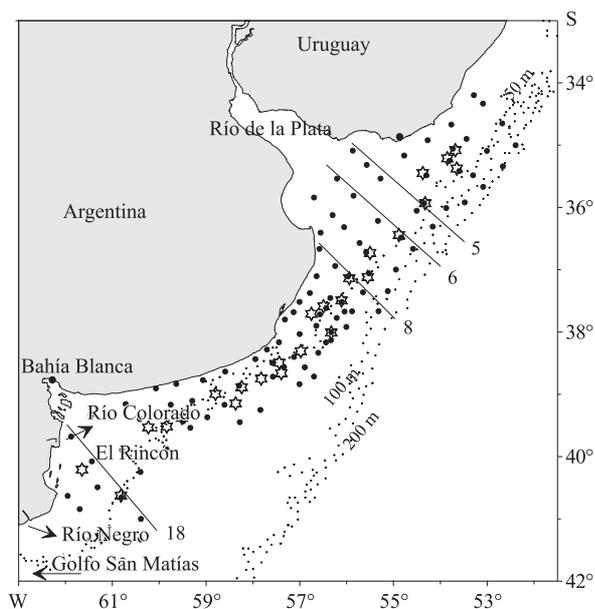


Figura 1. Área de estudio. Se indican los puntos de referencia geográficos, la posición de las cuatro secciones (5, 6, 8, 18) elegidas para relacionar la distribución vertical de salinidad y temperatura con la abundancia de anchoíta, así como la distribución de estaciones oceanográficas (•) y lances de pesca (☆) de 1996, a modo de ejemplo.

Figure 1. Study area. The points of geographic reference and the location of the four sailing tracks (5, 6, 8, 18) used to associate vertical distribution of salinity and temperature to anchovy abundance are shown, as well as the oceanographic stations (•) and fishing trawls (☆) carried during the 1996 surveys, as an example.

aguas de plataforma con las del RP, que con una marcada variabilidad espacial aporta aguas diluidas tanto hacia el noreste como hacia el sur. En esta región, dada su escasa profundidad, la distribución de las propiedades físicas está controlada por los vientos y en menor medida por la descarga del Río de la Plata (Guerrero *et al.*, 1997). El otro frente se extiende paralelo a la línea de costa, desde la boca del Río Negro hacia Bahía Blanca, y es generado por el contraste de salinidad entre las aguas aportadas por los ríos Negro y Colorado y las aguas de plataforma (Guerrero y Piola, 1997; Guerrero, 1998).

Entre estas zonas frontales pueden definirse cuatro regímenes de masas de agua (Guerrero y Piola, 1997; Lucas *et al.*, 2000): (1) Aguas de plataforma, con valores característicos de salinidad entre 33,5 ups y 33,7 ups, y cuyo desplazamiento de sur a norte intercepta la costa de la Provincia de Buenos Aires aproximadamente a los 38° S . Estas aguas, de estructura salina verticalmente homogénea, limitan hacia el norte con las aguas de baja salinidad del RP y al oeste, con aguas de mayor salinidad provenientes del GSM; (2) Aguas estuarinas del Río de la Plata, limitadas en superficie por la isohalina de 30 ups, aunque valores superficiales de hasta 33,5 ups determinan una zona frontal que resulta de su mezcla con aguas de plataforma, donde es marcada la estratificación vertical de la salinidad; (3) Aguas procedentes del GSM, con un máximo de salinidad (33,7-34,2 ups), que interceptan la costa de la Provincia de Buenos Aires al este de Bahía Blanca y tienen una estructura salina verticalmente homogénea; (4) Aguas del área costera de ER, también verticalmente homogéneas pero con baja salinidad (30-33,5 ups) como consecuencia de las descargas fluviales, que fluyen hacia el norte a lo largo de la costa.

Dichos sistemas hídricos muestran variaciones estacionales (Lucas *et al.*, 2000). Durante otoño-invierno (de abril a agosto) dominan los vientos desde el continente, de modo que las aguas del RP (con un máximo drenaje) y del

GSM (con una señal de máxima salinidad de 33,9-34,1 ups) descargan fuertemente hacia el noreste. En esta época el mínimo de salinidad de ER se extiende 300 km por la costa, hasta Bahía Blanca. Las aguas de plataforma interceptan la costa entre las latitudes de 38° S-39° S y se extienden aproximadamente hasta los 37° S. En cambio, en primavera-verano (de septiembre a marzo) hay un predominio de los vientos hacia la costa, el drenaje de las aguas del RP disminuye, y su presencia suele verificarse solamente hacia el sur. En este período también la señal de salinidad de las aguas del GSM resulta más débil (33,8-33,9 ups) y se extienden principalmente hacia el este. Por su parte, la señal de mínima salinidad de ER es mayor, y se detecta incluso al norte de Bahía Blanca y también hacia el este. En esta época, las aguas de plataforma se presentan más próximas a la costa en las latitudes superiores de 38° S.

En suma, la región presenta una serie de ambientes con características oceanográficas particulares que conforman un patrón estacional con cierta variabilidad interanual. Por su parte, la anchoíta es reconocida por su capacidad para habitar aguas básicamente costeras, que muestran amplios rangos de temperatura y salinidad (Reid, 1966). Se ha demostrado que el efectivo bonaerense encuentra en esta zona, y principalmente durante la primavera, condiciones apropiadas para su reproducción. Estas se relacionan con el transporte de Ekman hacia la costa, la estabilidad de la columna de agua y el enriquecimiento trófico (Bakun y Parrish, 1991; Sánchez y Ciechomski, 1995). Sin embargo, no se han realizado muchos trabajos especialmente destinados a identificar las relaciones entre las variables físicas (temperatura, salinidad) y la presencia de anchoíta. En este sentido, Hansen *et al.* (2001) analizaron la abundancia relativa de anchoítas del efectivo patagónico (41° S-45° 30´S) en función de la temperatura del mar durante la primavera tardía de los años 1993 a 1996 y establecieron que los mayores valores de densidad

estaban vinculados a zonas de pronunciados gradientes térmicos o termohalinos. Estos gradientes se registraron por lo general en zonas frontales, o bien asociados verticalmente a la presencia de una termoclina. Durante el invierno y la primavera la población bonaerense de anchoíta también se distribuye en la plataforma austral de Brasil (28° S-34° S). En esta última región y épocas del año, sólo Castello (1997) ha considerado en detalle las condiciones oceanográficas.

En este trabajo se analiza por primera vez la posible vinculación entre algunas variables físicas del ambiente y la ocurrencia de anchoíta bonaerense en su principal área de distribución primaveral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de las campañas, datos acústicos, biológicos y oceanográficos

Los datos analizados fueron registrados durante cuatro campañas de investigación destinadas principalmente a la evaluación acústica del stock de anchoíta entre 34° S y 41° 30´S, efectuadas en el mes de octubre de los años 1993 a 1996. Los detalles sobre el diseño, desarrollo, adquisición de la información acústica y biológica, e instrumental utilizado en estos cruceros han sido expuestos por Hansen y Madirolas (1996 y 1999), quienes informaron los resultados obtenidos en relación con las estimaciones de biomasa, estructura y parámetros vitales de la población.

A los efectos del presente trabajo, corresponde reiterar las características más salientes de dichas campañas. En todas ellas, el parámetro de medición de la abundancia de anchoíta fue su coeficiente de retrodispersión sonora (Sa, expresado en m² mn⁻²) correspondiente a la columna de agua. Los registros acústicos se obtuvieron de manera continua (día y noche), a lo largo de un

recorrido consistente en secciones paralelas entre sí, y aproximadamente perpendiculares a las isobatas del área de estudio. En los años sucesivos fueron realizadas 67, 65, 65 y 54 secciones respectivamente. Cuando se detectaban cantidades apreciables de anchoíta, o registros cuya identidad convenía confirmar durante la navegación, se efectuaban lances de pesca con una red de media agua, completándose un total de 101 arrastres de este tipo durante el período de estudio.

Las estaciones de oceanografía física se distribuyeron en forma regular sobre las secciones acústicas y totalizaron cada año 86, 102, 102 y 101 puntos de muestreo. En cada una se obtuvieron perfiles continuos de temperatura y conductividad mediante un sensor CTD. Se utilizaron los modelos de CTD *Neil Brown NBIS Mark III*, *Meerestechnik Elektronik* y/o *Sea Bird 19*, calibrados con termómetros de inversión y mediciones de salinidad realizadas en un salinómetro *Guildline Autosal*. El procesamiento posterior de los datos se efectuó por medio de las rutinas estándar *Seasoft* (Sea-Bird Electronics, 1997), obteniéndose valores de temperatura y salinidad con una resolución vertical de 1 decibar (dbar).

Para examinar la abundancia relativa de anchoíta en función de la estructura vertical térmica y salina se seleccionaron cuatro secciones de cada campaña (Figura 1).

Con el objeto de relacionar la distribución geográfica de los cardúmenes con aquella de las propiedades oceanográficas del área se aplicó el criterio usado por Hansen *et al.* (2001). Así, la abundancia de anchoíta (S_a) y los valores originales de las variables físicas de interés, fueron procesados mediante el paquete estadístico-geográfico *Surfer 6.01* (Golden Software, 1995). La finalidad fue generar, mediante el método de *kriging*, distribuciones regularmente espaciadas (y correspondientes a las mismas posiciones geográficas para las diferentes variables) sobre la base de las observaciones originales, distribuidas de manera irregular en el área de estudio. Cada año, y para cada variable, se calcularon los valores

correspondientes a los 272 nodos de un mismo diseño de grilla (0,25 x 0,25 de grado). Para evaluar la distorsión causada por este proceso, los promedios anuales de abundancia de anchoíta estimados a partir de los valores de S_a calculados en los nodos se compararon gráficamente con aquellos derivados de los datos básicos.

Procesamiento de los valores calculados en los nodos de las grillas

Los datos de temperatura de superficie (SST) obtenidos para cada punto de grilla (1.088 datos) se agruparon en principio según intervalos de 0,5 °C, a efectos de comprobar el rango de valores presentes y las medias de abundancia asociadas (Tabla 1). Luego, se reunieron en tres intervalos más amplios, o clases, de la siguiente manera:

- 1) $SST < 12,5$ °C (temperaturas bajas);
- 2) $12,5 \leq SST < 14$ °C (temperaturas intermedias);
- 3) $SST \geq 14$ °C (temperaturas altas).

Del mismo modo, se establecieron inicialmente grupos de 0,5 ups de intervalo para los datos de salinidad de superficie (SS) en los nodos de las grillas los que más tarde se distribuyeron en las siguientes categorías o clases:

- 1) $SS < 30$ ups (valores propios del RP);
- 2) $30 \geq SS < 33,5$ ups (propios del Frente Salino causado por el RP);
- 3) $33,5 \geq SS < 33,7$ ups (típicos del agua de plataforma);
- 4) $33,7 \geq SS < 34$ ups (intermedios a máximos en plataforma y GSM);
- 5) $SS \geq 34$ ups (máximos en plataforma y talud).

A partir de los valores de SS y SST en los nodos de las grillas se calcularon los valores de densidad (σ) con una precisión de 1 unidad,

Tabla 1. Factores y niveles considerados en los análisis de varianza de abundancia de anchoíta.
 Table 1. Factors and levels of the anchovy abundance data tested by ANOVA.

Factor	Niveles	N	Sa* medio	Factor	Niveles	N	Sa* medio	Factor	Niveles	N	Sa* medio
Año	1993	272	1.095,91	Salinidad de superficie (ups)	12,5	2	0,00	Temperatura de superficie	7,5	1	0,00
	1994	272	1.095,91		13,0	0	-		8,0	5	12,43
	1995	272	1.095,91		13,5	0	-		8,5	12	3,24
	1996	272	1.095,91		14,0	1	0,00		9,0	21	0,00
Delta de temperatura (°C)	1	485	1.017,84	14,5	1	0,00	9,5	24	202,00		
		15,0	2	216,52	10,0	36	648,58				
	2	376	1.163,74	15,5	1	391,87	10,5	72	286,72		
		227	1.150,35	16,0	0	-	11,0	74	633,69		
	3	227	1.150,35	16,5	0	-	11,5	71	677,31		
				17,0	2	477,42	12,0	120	1.227,67		
Gradiente de temperatura de superficie	5	5	1.336,27	17,5	1	0,00	12,5	132	1.207,39		
	15	10	640,05	18,0	2	0,00	13,0	115	1.396,22		
	25	30	863,37	18,5	2	0,00	13,5	80	1.822,65		
	35	49	1.995,45	19,0	4	23,37	14,0	57	1.265,44		
	45	65	1.274,80	19,5	3	0,00	14,5	68	1.437,86		
	55	100	1.914,57	20,0	2	0,00	15,0	54	1.573,73		
	65	150	1.995,83	20,5	8	377,93	15,5	63	1.397,49		
	75	177	1.950,44	21,0	2	0,00	16,0	48	1.276,16		
Estabilidad	1	271	1.062,85	21,5	3	199,81	16,5	21	1.484,19		
				22,0	1	0,00	17,0	11	0,00		
	2	406	876,00	22,5	3	57,98	17,5	3	0,00		
				23,0	5	269,94	Densidad de superficie	8	2	0,00	
	3	126	1.190,43	23,5	1	504,54		9	1	0,00	
24,0				6	124,90	10		3	144,35		
Gradiente de salinidad de superficie	5	39	1.032,47	24,5	6	2.279,75	11	1	391,87		
	15	60	1.105,03	25,0	14	1.370,96					

Tabla 1. Continuación.
Table 1. Continued.

Factor	Niveles	N	Sa* medio	Factor	Niveles	N	Sa* medio	Factor	Niveles	N	Sa* medio
	25	73	990,12		25,5	10	2.953,48		12	6	159,14
	35	51	1.946,43		26,0	5	1.797,73		13	7	13,35
	45	32	1.910,33		26,5	11	2.353,35		14	9	0,00
	55	34	1.760,64		27,0	14	1.575,63		15	8	452,86
	65	57	2.616,69		27,5	14	1.467,75		16	8	190,46
	75	131	2.371,40		28,0	8	1.856,68		17	9	962,24
	85	123	1.752,47		28,5	21	1.203,47		18	28	1.964,30
					29,0	22	1.441,84		19	23	1.978,22
Delta de salinidad	1	708	866,28		29,5	17	987,81		20	31	1.565,06
	2	380	1.523,75		30,0	30	1.318,77		21	46	1.381,78
					30,5	39	1.944,19		22	104	1.591,02
Clase de temperatura de superficie	1	436	667,99		31,0	58	1.788,82		23	82	1.982,53
	2	327	1.424,32		31,5	36	2.594,79		24	125	1.983,75
	3	325	1.339,54		32,0	57	2.319,34		25	568	675,23
					32,5	52	1.164,65		26	27	168,78
Ambiente	1	194	1.220,63		33,0	135	1.158,92	Clase de salinidad de superficie	1	194	1.220,63
	2	151	1.507,42		33,5	466	590,71		2	407	1.625,97
	3	145	2.271,38		34,0	21	881,38		3	223	593,55
	4	148	722,43						4	242	589,97
	5	323	576,91						5	22	847,46
	6	111	944,14								
	7	16	32,34								

para establecer el rango de valores presentes y las medias de abundancia asociadas.

Se calcularon los valores de las pendientes de la temperatura y la salinidad en los nodos de las grillas (Moore *et al.*, 1993). Estas cantidades, que numéricamente pueden variar entre 0° y 90°, son estimadores de la intensidad en los gradientes superficiales de aquellas variables. En los nodos periféricos el proceso de cálculo puede resultar en estimaciones sin sentido, y por lo tanto éstos fueron eliminados *a posteriori*, disminuyendo de 1.088 a 600 el número de datos. Los estimadores de pendientes (de SST y de SS) fueron luego agrupados en categorías de 10°, identificadas por su punto medio (esto es: clase 5 = valores entre 0° y 9,99°; clase 15 = entre 10° y 19,99°, etc.).

Considerando las características oceanográficas descritas en publicaciones sobre el área de estudio (Guerrero *et al.*, 1997 y Lucas *et al.*, 2000) y los registros en superficie de las principales variables físicas obtenidos durante las campañas analizadas, se establecieron *a priori* diferentes ambientes oceanográficos. Por combinación de las clases de SST y SS antes indicadas. La finalidad fue comprobar si éstos podían considerarse zonas que favorecieran en distinto grado la abundancia relativa de anchoíta bonaerense durante la primavera. Los conjuntos definidos fueron los siguientes:

- 1) ambiente 1: determinado exclusivamente por la salinidad de superficie, con valores propios del Estuario del RP (< 30 ups), independientemente de la temperatura;
- 2) ambiente 2: con salinidad superficial atribuible a las zonas de mezcla de uno de los sistemas frontales salinos del área ($30 \text{ ups} \geq \text{SS} < 33,5 \text{ ups}$), y con altas temperaturas en superficie ($\text{SST} \geq 14 \text{ }^\circ\text{C}$);
- 3) ambiente 3: como el anterior, pero con temperaturas intermedias ($12,5 \text{ }^\circ\text{C} \geq \text{SST} < 14 \text{ }^\circ\text{C}$);
- 4) ambiente 4: con valores de salinidad superficial típicos de aguas de plataforma

($\text{SS} \geq 33,5 \text{ ups}$), y temperaturas intermedias ($12,5 \text{ }^\circ\text{C} \geq \text{SST} < 14 \text{ }^\circ\text{C}$);

- 5) ambiente 5: con igual salinidad que el ambiente anterior, pero con temperaturas de superficie bajas;
- 6) ambiente 6: salinidad como en los ambientes 2 y 3, pero con temperaturas bajas; y
- 7) ambiente 7: salinidad típica de aguas de plataforma ($33,5 \geq \text{SS} < 33,7 \text{ ups}$) o aún mayor y con altas temperaturas. Este grupo fue luego eliminado porque se encontró que en todo el período sólo 16 nodos (poco más del 1% del total) resultaron incluidos en esta categoría.

También se calcularon las diferencias en los nodos entre los valores de temperatura en la superficie y el fondo (como valores absolutos), estableciéndose las siguientes categorías:

- 1) diferencia menor de 2 °C;
- 2) diferencia entre 2 °C y 4 °C;
- 3) diferencia igual o superior a los 4 °C.

Análogamente, con los valores de salinidad en superficie y fondo se clasificaron los nodos en las siguientes clases:

- 1) diferencia de salinidad menor que 1 ups;
- 2) diferencia igual o superior a 1 ups.

El valor en los nodos de las grillas del parámetro de estabilidad de Simpson (1981) fue calculado de la misma forma que en el estudio de la población patagónica de la especie (Hansen *et al.*, 2001), por lo que se establecieron las mismas cuatro clases:

- 1) valores de estabilidad (ϕ) hasta 9,99, que representaron zonas donde la columna de agua fue homogénea;
- 2) valores entre 10 y 69,99, asociados con la presencia de frentes de mareas;

- 3) valores entre 70 y 129,99, correspondientes a zonas definitivamente estables, en las cercanías de frentes térmicos; o bien
- 4) índices de estabilidad iguales o mayores de 130, presentes en zonas del mar con gran estabilidad.

Por último, para investigar las posibles relaciones entre las variables oceanográficas y el conjunto de datos de abundancia de anchoíta de las cuatro campañas, los valores de densidad de peces en cada nodo i -ésimo de la grilla de un año y dado $S_{i,y}$ fueron estandarizados ($Sa^*_{i,y}$) a partir de la media anual ($\overline{S_a,y}$) y la mayor media anual de período (correspondiente a 1996), según la expresión:

$$Sa^*_{i,y} = (S_{i,y}) \cdot (\overline{S_a,1996}) / (\overline{S_a,y})$$

para $y = 1993, \dots, 1996$.

Modelos de análisis estadístico

Análisis de la varianza

Las mencionadas variables, agrupadas por categorías en relación con los valores de superficie (temperatura, salinidad, densidad, gradiente de temperatura, gradiente de salinidad, etc.), así como con aquellos referidos a la estabilidad y a las diferencias de temperatura y de salinidad entre el fondo y la superficie, fueron consideradas individualmente como factores para analizar las variaciones de los valores estandarizados de abundancia (Sa^*) en los nodos. Se utilizó el modelo general de ANOVA incluido en el paquete comercial *Statistica* (StatSoft Inc., 2000).

Modelos Lineales Generales

Se utilizaron MLG para estudiar los factores, y las interacciones entre factores, que pudieran resultar significativos para explicar los valores de abundancia. Se realizaron varias pruebas, sobre la base del modelo general siguiente:

$$\ln(Sa^*) = \text{constante} + \text{Factor1} + \text{Factor2} + \text{Factor3} + \dots + \text{Interacciones factores} + \text{error}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación interanual de las características oceanográficas

Cada campaña mostró particularidades y, si bien todas se efectuaron en la primavera (mes de octubre), no siempre el patrón oceanográfico observado correspondió a las características medias de la estación que mencionaron Lucas *et al.*, (2000).

Los valores de salinidad de superficie sugieren que en 1993 tubo lugar un drenaje del RP casi exclusivamente hacia el sur, a lo largo de la costa y hasta aproximadamente los 37° 30' S (Figura 2 A). En esta área se registraron temperaturas superficiales entre 14 °C y 16 °C (Figura 2 B), con un valor mínimo de salinidad de 19 ups hacia el interior del río, es decir con las condiciones que fueron definidas antes como correspondientes al ambiente 1 (Figura 2 C). La zona frontal resultante del encuentro de las aguas del RP y de plataforma se extendió hasta aproximadamente los 38° S hacia el sur, y hasta el extremo del área investigada hacia el norte.

En la zona externa del área de ER se observó el máximo de salinidad, producto de la advección de aguas del GSM a lo largo de la costa, las que llegaron hasta aproximadamente 39° S, con temperaturas entre 12,5 °C y 14 °C (ambiente 4). Por comparación con la condición media de primavera-verano, según Lucas *et al.* (2000), se esperaba que este núcleo fuera menos intenso y poco definido. Sin embargo, durante 1993 ocurrieron condiciones anómalas que probablemente favorecieron su presencia, como por ejemplo una baja en el caudal del Río Negro entre los meses de abril y junio (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2002). Al oeste del máximo salino de ER se localizó una

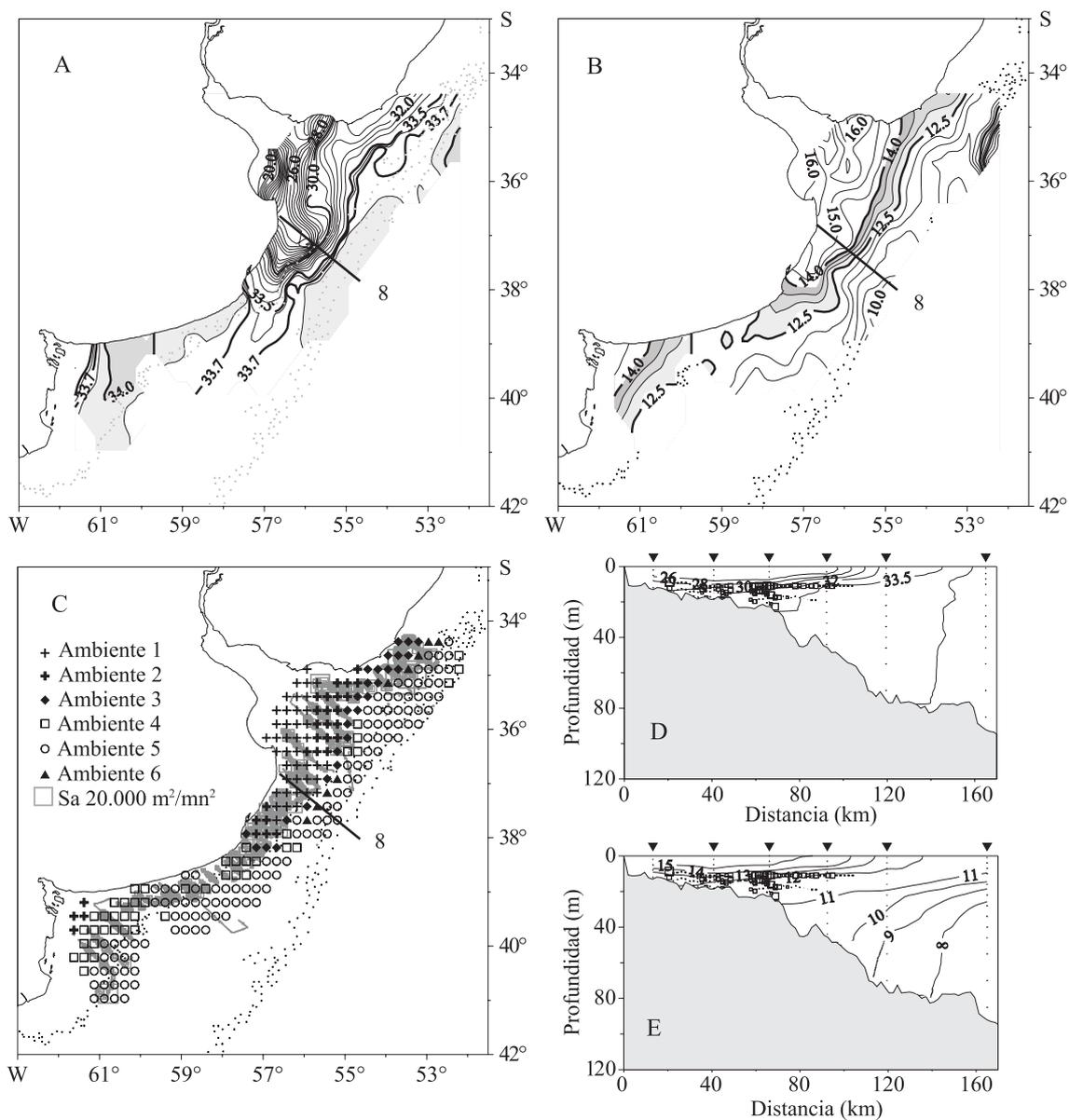


Figura 2. Campaña de 1993. Salinidad de superficie (A), temperatura de superficie (B), tipos de ambiente superpuestos a la distribución horizontal de anchoíta (C), y perfiles verticales de salinidad (D) y de temperatura (E), ambos mostrando los registros acústicos de anchoíta. Las áreas sombreadas indican salinidades $> 33,8$ ups y temperaturas intermedias ($12,5$ °C- 14 °C).

Figure 2. Year 1993 survey. Sea surface salinity (A), surface temperature (B), hydrographic environments overlapping horizontal anchovy distribution (C), as well as vertical profiles of salinity (D) and temperature (E), both showing acoustic anchovy records. Shaded areas indicate salinity $> 33,8$ psu and intermediate temperatures ($12,5$ °C- 14 °C).

estrecha zona frontal caracterizada por valores de hasta 33,5 ups y un aumento de la temperatura hasta marcas superiores a 14 °C (ambiente 2).

El resto del área de estudio estuvo cubierta por aguas con salinidades típicas de plataforma media y con temperaturas menores de 12,5 °C (ambiente 5), que disminuyeron hasta menos de 10 °C hacia el talud.

La distribución de las variables físicas a nivel del fondo permitió comprobar la existencia de estratificación salina vertical en el RP, con una posición más interna en el río del frente estuarial, y la existencia de homogeneidad vertical en las aguas de ER. La temperatura de fondo fue máxima en el interior del RP (13 °C) y en ER (14,5 °C). En el resto del área disminuyó gradualmente hacia el este hasta un valor mínimo de 6 °C.

En octubre de 1994 (Figura 3 A y 3 B), la salinidad de superficie indicó que el drenaje principal del RP se produjo nuevamente hacia el sur, pero con una mayor extensión también hacia el este y norte. Esto determinó en esa área las condiciones de salinidad asociadas al ambiente 1 (Figura 3 C), con temperaturas entre 13 °C y 16 °C y un valor mínimo de salinidad (10 ups) menor que el año anterior que se registró hacia el interior del río. La zona frontal (30-33,5 ups) se extendió asimismo más hacia el sur que en el año previo, hasta 39° S-40° S. Hacia el norte abarcó un área importante que se extendió desde la costa uruguaya (34° 20' S) hasta las aguas más profundas y mostró temperaturas superiores a 14 °C (ambiente 2).

Limitadas a una franja muy estrecha en el borde externo del área de estudio, entre los 35° 30' S y 38° 30' S, se encontraron aguas con una salinidad típica de la plataforma media, y temperaturas menores de 12,5 °C (ambiente 5) que decrecieron hasta 9 °C hacia el talud.

El máximo de salinidad de la zona exterior de ER se presentó aislado, rodeado por aguas típicas de plataforma. De todos modos, igual que el año anterior, las temperaturas en el área variaron entre 11,5 °C y 14 °C, e indicaron la presencia del

ambiente 5 hacia la plataforma externa y del ambiente 4 en el sector más cercano a la costa. Hacia el oeste de esta región, nuevamente se localizó una zona frontal, algo más amplia que en el año previo, pero con una salinidad inferior a 33 ups y temperaturas entre 12,5 °C y 14 °C que aumentaron hacia el litoral (ambientes 2 y 3).

Como en 1993, la temperatura de fondo fue máxima en el interior del RP (13 °C) y en ER. En el área restante disminuyó de manera gradual hacia el este, en esta ocasión hasta un valor mínimo de 7 °C. Las aguas frías de fondo ocuparon una mayor extensión que durante la campaña previa.

En resumen, respecto a 1993, debe destacarse la mayor influencia del RP hacia el este y el norte, así como una importancia superior de los ambientes de frente salino (2, 3 y 6), en detrimento de aquellos condicionados por las aguas de plataforma (ambientes 4 y 5).

En 1995, la descarga del RP sobre la plataforma fue escasa y no superó la boca del estuario, quizás porque disminuyó el caudal en asociación con el fenómeno de "La Niña" (Nagy *et al.*, 1996). La menor salinidad registrada hacia el interior del río (27 ups) fue relativamente elevada (Figura 4 A), y el ambiente 1 tuvo una extensión pequeña (Figura 4 C). La zona frontal entre aguas del RP y de plataforma se evidenció mayoritariamente hacia el norte, sobre las costas del Uruguay y hasta el talud. En la mayor parte de esta zona (Figura 4 B) prevalecieron las temperaturas superficiales intermedias, entre 12,5 °C y 14 °C (ambiente 3).

En el resto del área investigada dominaron ampliamente las aguas típicas de plataforma, que se extendieron desde el extremo más austral y hasta los 36° S en el norte y mostraron temperaturas menores de 12,5 °C (ambiente 5). La SST de estas aguas decreció hacia la plataforma externa, donde alcanzó valores de 8 °C.

La temperatura de fondo, como es habitual, fue máxima en el interior del RP (13,5 °C) y disminuyó hacia el este hasta 7 °C. Se registró un

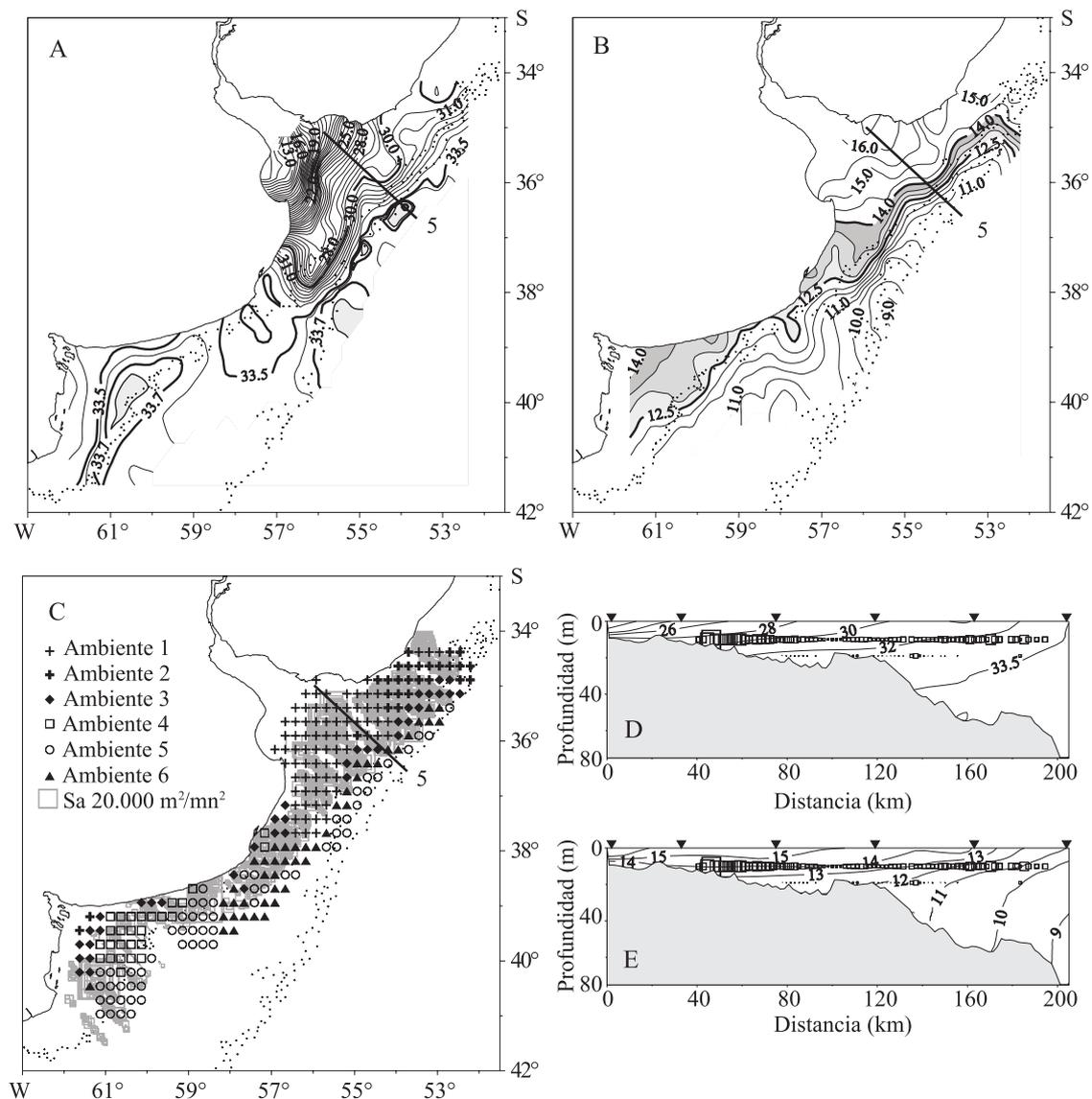


Figura 3. Campaña de 1994. Salinidad de superficie (A), temperatura de superficie (B), tipos de ambiente superpuestos a la distribución horizontal de anchoíta (C), y perfiles verticales de salinidad (D) y de temperatura (E), ambos mostrando los registros acústicos de anchoíta. Las áreas sombreadas indican salinidades > 33,8 ups y temperaturas intermedias (12,5 °C-14 °C).

Figure 3. 1994 Survey. Sea surface salinity (A), surface temperature (B), hydrographic environments overlapping horizontal anchovy distribution (C), as well as vertical profiles of salinity (D) and temperature (E), both showing acoustic anchovy records. Shaded areas indicate salinity > 33.8 psu and intermediate temperature (12.5 °C-14 °C).

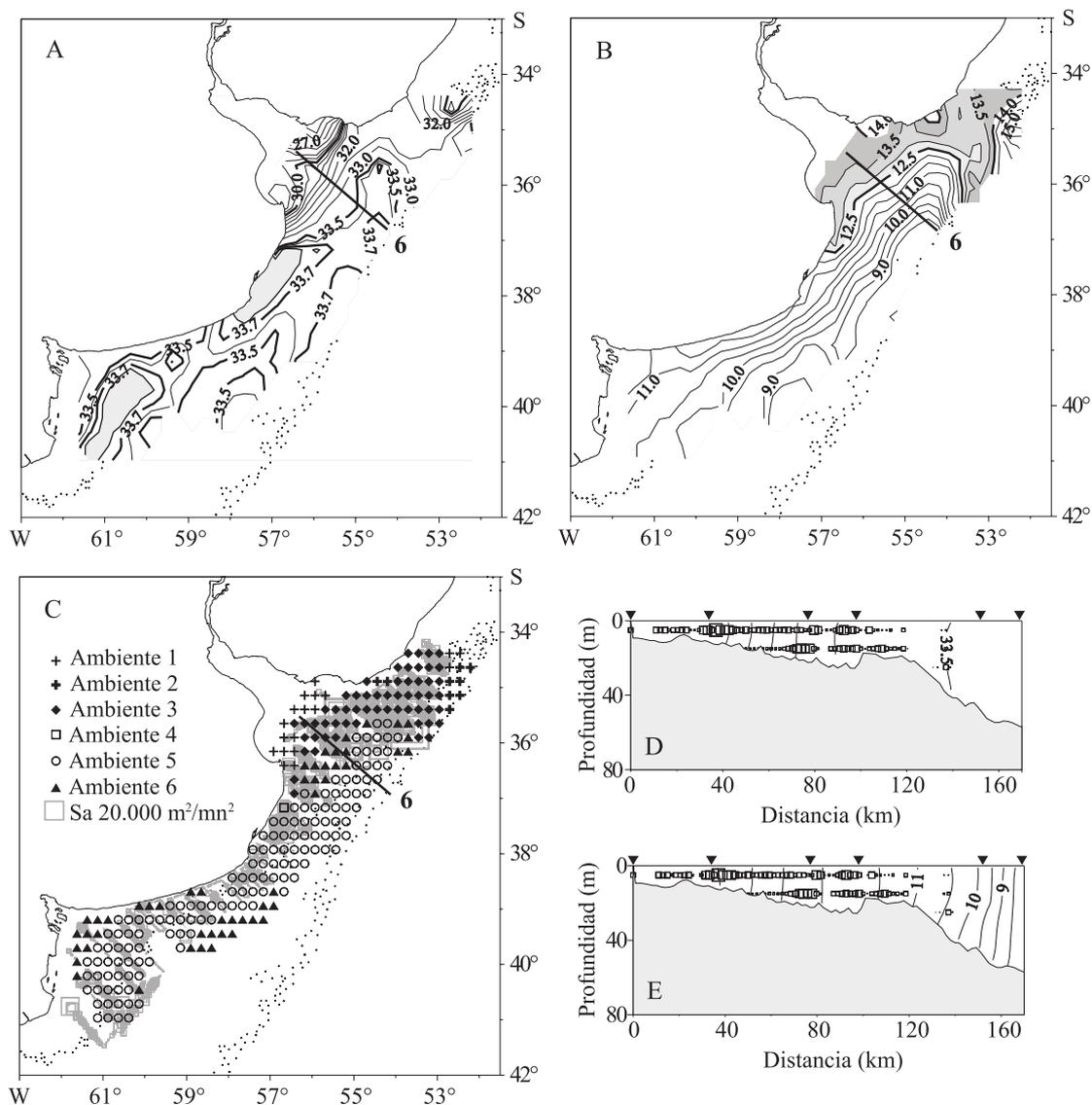


Figura 4. Campaña de 1995. Salinidad de superficie (A), temperatura de superficie (B), tipos de ambiente superpuestos a la distribución horizontal de anchoíta (C), y perfiles verticales de salinidad (D) y de temperatura (E), ambos mostrando los registros acústicos de anchoíta. Las áreas sombreadas indican salinidades > 33,8 ups y temperaturas intermedias (12,5 °C-14 °C).

Figure 4. 1995 Survey. Sea surface salinity (A), surface temperature (B), hydrographic environments overlapping horizontal anchovy distribution (C), as well as vertical profiles of salinity (D) and temperature (E), both showing acoustic anchovy records. Shaded areas indicate salinity > 33.8 psu and intermediate temperatures (12.5 °C-14 °C).

aumento en el límite norte (esto es, la región del talud frente al Uruguay), que coincidió con la existencia de un máximo de salinidad de fondo (35 ups).

Los aspectos oceanográficos distintivos de esta campaña fueron el dominio de las aguas con baja temperatura superficial (menor de 12,5 °C) y con salinidad mayor de 33,5 ups en gran parte del área, lo que determinó una importante representación del ambiente 5, en detrimento de los ambientes 2 y 4. Por otro lado, la poca descarga del Río de la Plata causó una extensión muy limitada del ambiente propio del RP.

Por último, durante 1996 (Figura 5) la señal superficial de salinidad propia del RP, con temperaturas entre 18 °C y 14 °C, indicó un buen drenaje hacia el sur hasta casi 38° S y hacia el este hasta la región del talud, lo que determinó que el ambiente 1 cubriera un área muy importante, semejante a lo ocurrido en 1994. El mínimo de salinidad superficial hacia el interior del río fue de 18 ups, similar al registrado en 1993. La zona frontal de mezcla se extendió en forma más amplia, entre las costas del Uruguay y el talud, con temperaturas de superficie en su mayoría superiores a los 14 °C (ambiente 2).

Se observó la existencia del máximo de salinidad (34,2 ups a 33,8 ups) aportado por aguas del GSM en la zona externa de ER y rodeado por aguas típicas de plataforma, que mayormente alcanzaron temperaturas intermedias (ambiente 4). En esta área, la salinidad superficial descendió y la temperatura aumentó hacia la costa, presentándose localmente las condiciones correspondientes a los ambientes 2 y 3. La existencia de esta fuerte señal de las aguas con máxima salinidad en la zona de ER durante la primavera de 1996 seguramente se debió a una importante disminución en el caudal del Río Negro entre agosto de 1996 y julio de 1997 (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2002).

La mayor temperatura de fondo se registró en el interior del RP (13 °C) y disminuyó hacia el este hasta 7 °C. La salinidad de fondo tuvo un

patrón similar al de superficie, con una posición mucho más interna del frente del estuario del RP, un alto valor en la zona de ER (34,2 ups) en el norte del área cerca del talud. En general, la señal en el fondo de las aguas de plataforma se extendió más hacia el norte y llegó a las costas del Uruguay.

Sin duda, ese año fueron destacables la grandes extensiones cubiertas principalmente por la zona frontal de mezcla y, en menor medida, por el ambiente del RP, así como la modesta cobertura alcanzada por las aguas con baja temperatura superficial (ambientes 5 y 6).

Observaciones originales de abundancia de anchoíta y valores estimados en los nodos

La bondad de ajuste de los valores interpolados en los nodos de las grillas a los valores originales medidos durante cada campaña (Sa, variables físicas) se evaluó mediante el análisis de los residuos respectivos, que en ningún caso mostraron tendencias ni distorsiones evidentes. Además, se encontraron fuertes relaciones lineales entre los promedios anuales de abundancia de anchoíta estimados a partir de los valores de Sa calculados en los nodos de las grillas y aquellos provenientes de las observaciones originales (Figura 6 A y 6 B), tanto cuando se incluyeron todos los nodos ($r^2= 0,80$), como al analizarse solamente los 600 no periféricos con valores estimados de gradientes de temperatura y salinidad de superficie ($r^2= 0,79$).

En consecuencia, puede interpretarse que el proceso de cálculo de valores en los nodos provocó una modesta distorsión de las observaciones originales.

Valores de Sa estandarizados

La variabilidad en torno de las medias anuales de abundancia de anchoíta, calculadas con valores estandarizados respecto del promedio observado en el año 1996, indicó dispersiones de

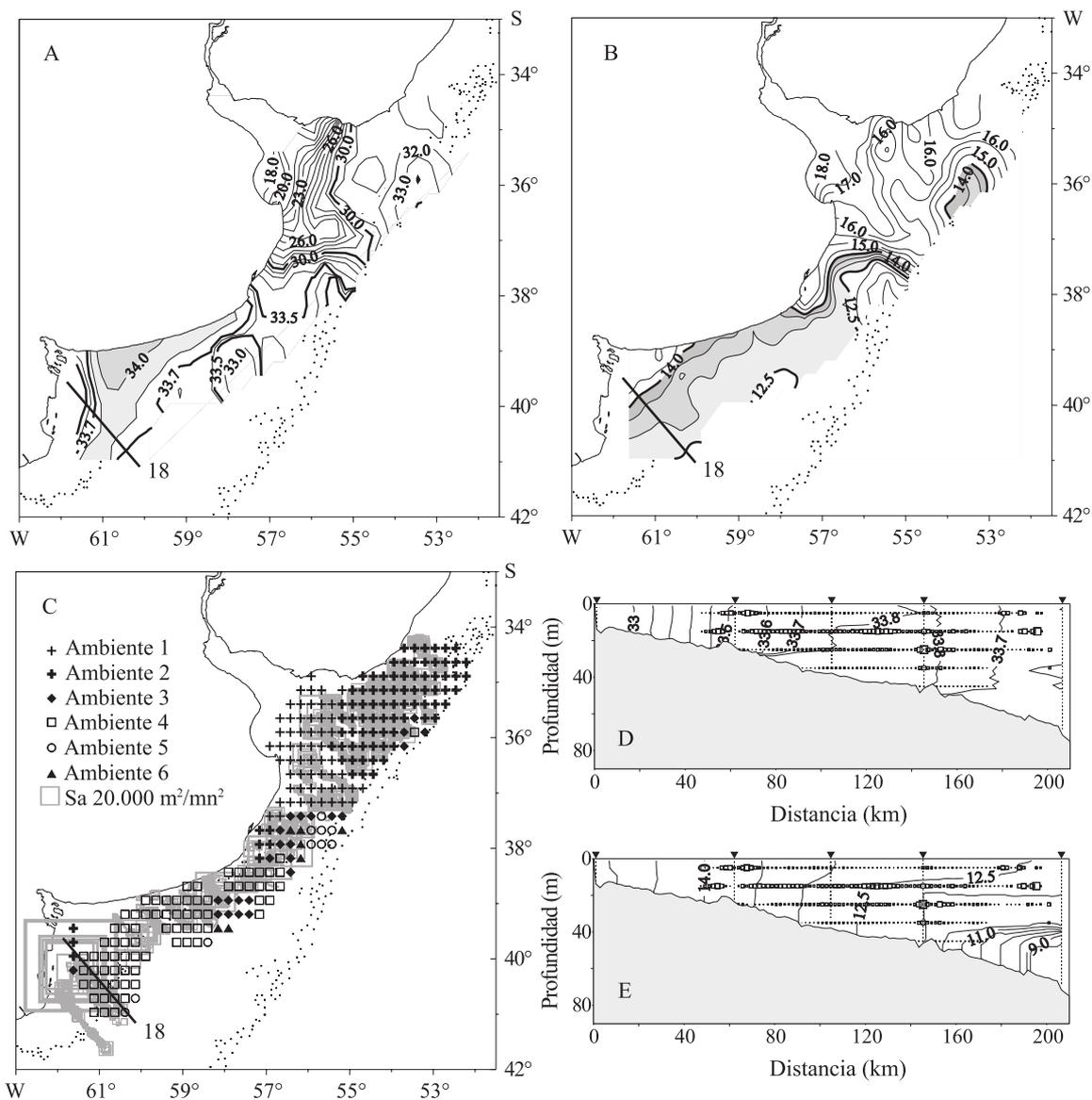


Figura 5. Campaña de 1996. Salinidad de superficie (A), temperatura de superficie (B), tipos de ambiente superpuestos a la distribución horizontal de anchoíta (C), y perfiles verticales de salinidad (D) y de temperatura (E), ambos mostrando los registros acústicos de anchoíta. Las áreas sombreadas indican salinidades > 33,8 ups y temperaturas intermedias (12,5 °C-14 °C).

Figure 5. 1996 Survey. Sea surface salinity (A), surface temperature (B), hydrographic environments overlapping horizontal anchovy distribution (C), as well as vertical profiles of salinity (D) and temperature (E), both showing acoustic anchovy records. Shaded areas indicate salinity > 33.8 psu and intermediate temperatures (12.5 °C-14 °C).

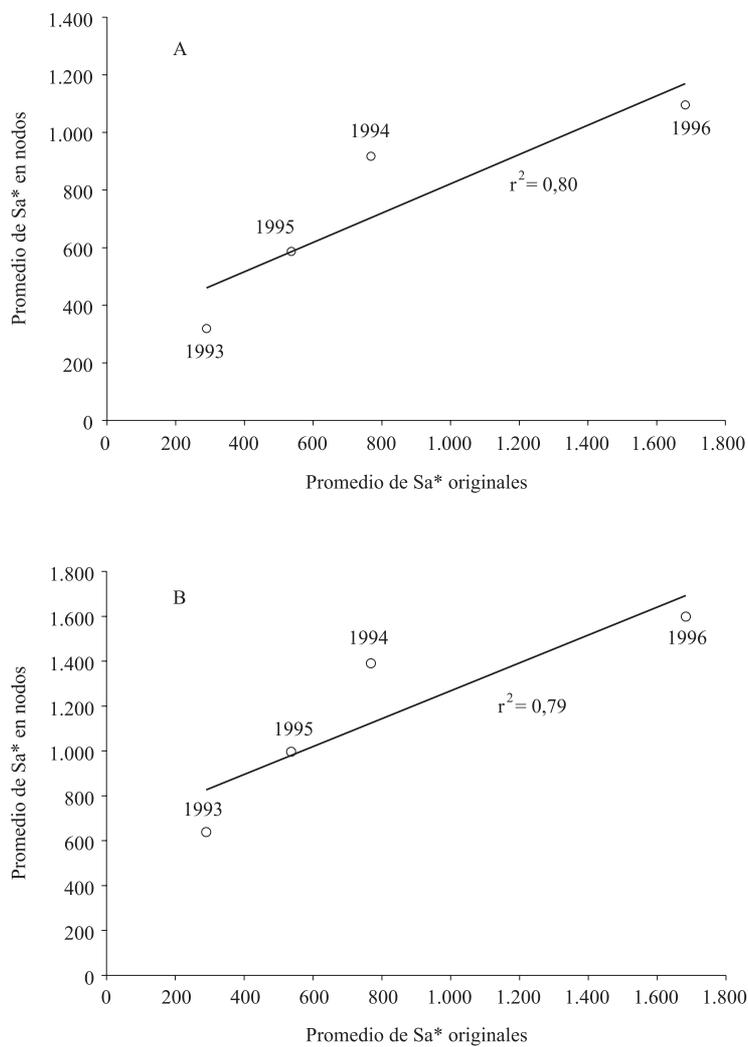


Figura 6. Distorsión en todos los nodos de las grillas (A) y en los nodos con valores de gradientes de temperatura y salinidad de superficie (B).

Figure 6. Distortion at all grid nodes (A) and at those grid nodes having gradient values of surface temperature and salinity (B).

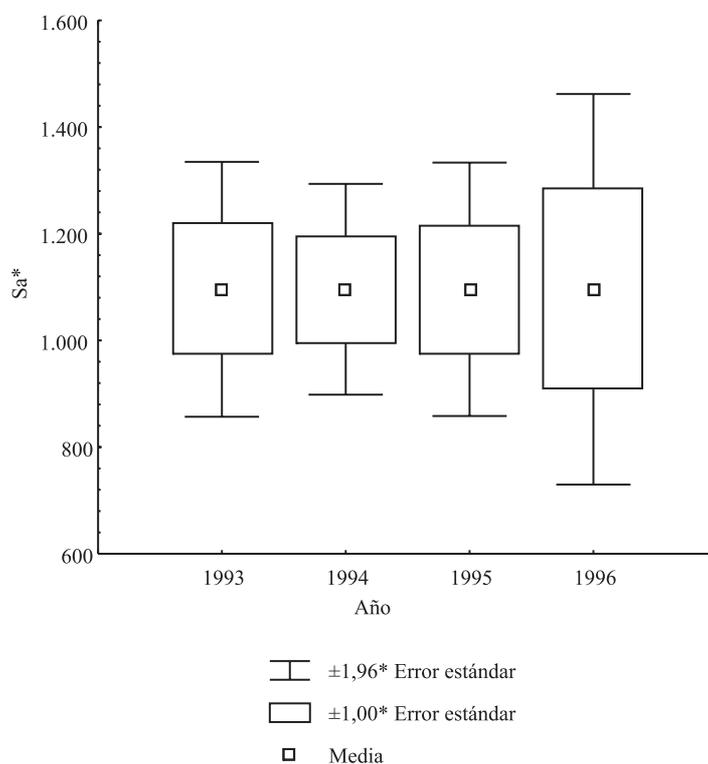


Figura 7. Promedio anual y dispersión de los valores estandarizados de abundancia (Sa^*).
 Figure 7. Annual mean and dispersion of standardized abundance values (Sa^*).

mayor magnitud precisamente en el año considerado como patrón (Figura 7).

Temperatura

Las temperaturas superficiales calculadas en los nodos de las grillas alcanzaron valores entre 7,99 °C y 17,84 °C, pero se localizó anchoíta sólo en el rango de 8,2 °C a 16,9 °C, que fue muy similar a aquel (11 °C a 17 °C) en el cual se han ubicado cardúmenes de la población patagónica durante la misma estación del año (Hansen *et al.*, 2001). Castello (1997) ha señalado que las concentraciones de anchoíta adulta en el sur de Brasil se localizan siempre en aguas con temperaturas comprendidas entre los 9,5 °C y 18,5 °C.

En el caso de las campañas que ahora comentamos, la temperatura de superficie, tanto considerada en clases de 0,5 °C de intervalo o en aquellas tres categorías indicadas en la metodología (Figura 8 A y 8 B), resultó un factor significativo en la explicación de las variaciones de Sa estandarizado (Tabla 2). Las mayores abundancias de anchoíta se registraron en las clases con límite inferior en 12 °C a 16,5 °C, y coincidieron casi exactamente con los valores de 12,5 °C-16 °C registrados en el efectivo patagónico (Hansen *et al.*, 2001), aunque en ambos casos la abundancia media de anchoíta fue bastante similar en todas las categorías térmicas. Sánchez (1995) ha indicado que las temperaturas a las cuales se observan los máximos promedios mensuales de pro-

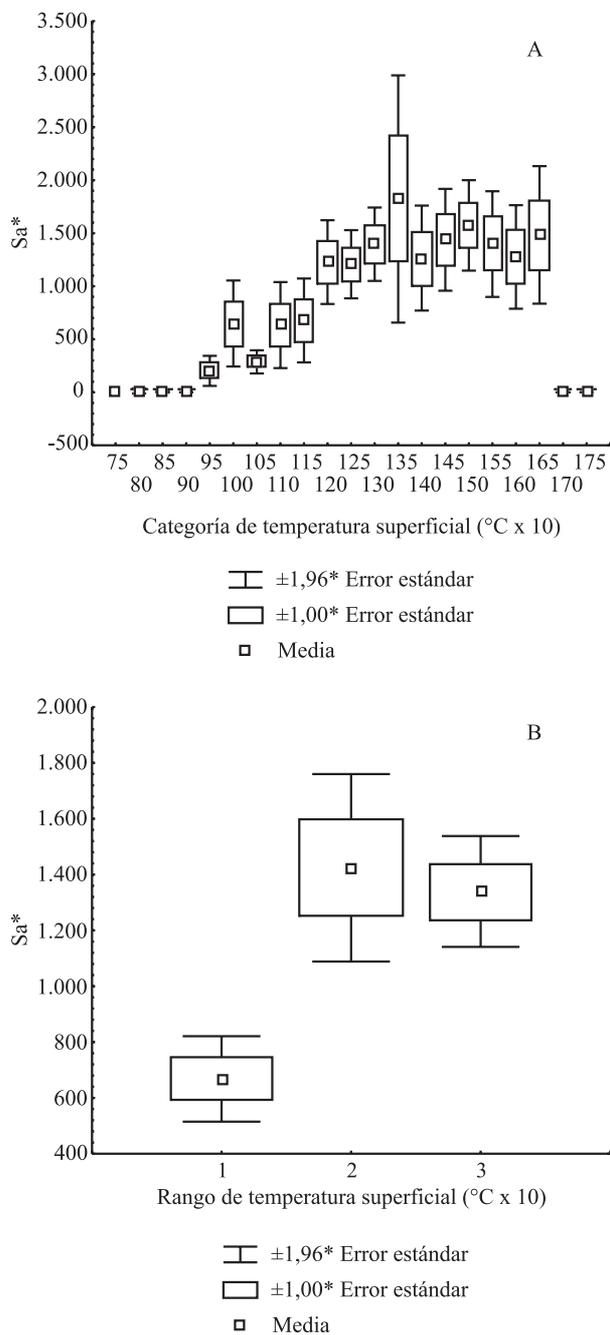


Figura 8. Media de la abundancia de anchoíta (S_{a^*}) en función de la temperatura de superficie según las categorías de $0,5^{\circ}\text{C}$ de intervalo (A) y según los tres rangos térmicos establecidos (B).

Figure 8. Mean abundance of anchovy (S_{a^*}) as a function of sea surface temperature, according to either $0,5^{\circ}\text{C}$ classes (A) or three pre-defined thermal ranges (B).

Tabla 2. Resultados de los ANOVA de diferentes factores individuales sobre la variable Sa* (valores de Sa en los nodos estandarizados respecto de 1996).

Table 2. Factors and levels of anchovy abundance tested by ANOVA, as measured by the 1996 standardized Sa* at the grid nodes.

Efecto	Grados de libertad	Cuadrados medios	Grados de libertad del error	Cuadrados medios del error	F	Nivel de probabilidad	Nivel de significación
Delta de temperatura (°C)	2	2.679.542	1.085	5.064.372	0,53	0,59	(N.S.)
Gradiente de temperatura de superficie	8	9.326.235	591	6.413.323	1,45	0,17	(N.S.)
Estabilidad	3	15.736.098	1.084	5.030.437	3,13	0,025	
Gradiente de salinidad de superficie	8	22.798.228	591	6.230.961	3,66	0,00036	<0,001
Temperatura de superficie	20	12.696.602	1.067	4.916.842	2,58	0,00017	<0,001
Delta de salinidad	1	106.892.280	1.086	4.966.216	21,52	3,92E-06	<0,001
Salinidad de superficie (ups)	39	11.999.557	1.048	4.801.736	2,5	1,50E-06	<0,001
Clase de temperatura de superficie	2	67.198.464	1.085	4.945.443	13,59	1,48E-06	<0,001
Clase de salinidad de superficie	4	59.237.944	1.083	4.859.881	12,19	1,07E-09	<0,001
Densidad de superficie	18	22.385.224	1.069	4.768.259	4,69	3,92E-10	<0,001
Ambiente	5	67.774.608	1.066	4.824.496	14,05	2,52E-13	<0,001

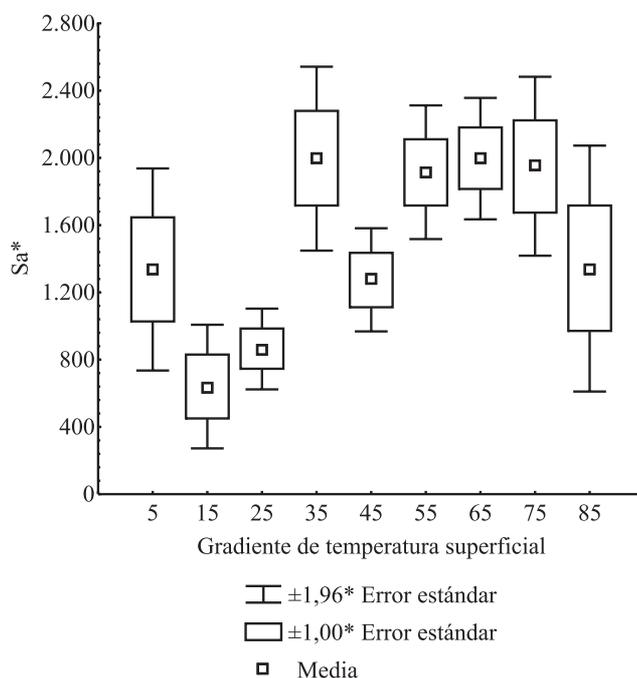


Figura 9. Media de la abundancia de anchoíta (Sa*) en función de los gradientes en la temperatura de superficie.
Figure 9. Mean abundance of anchovy (Sa*) as a function of gradients of surface temperature.

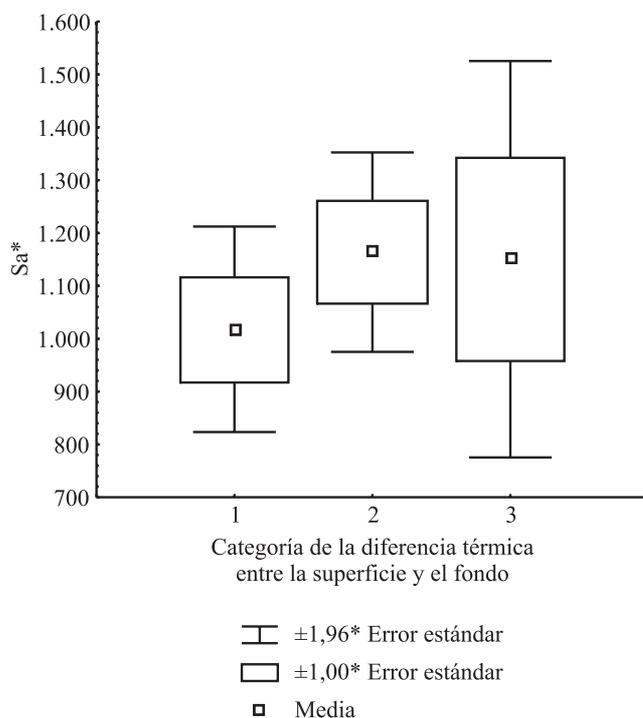


Figura 10. Media de la abundancia de anchoíta (Sa^*) en función de categorías establecidas en las diferencias de temperatura entre la superficie y el fondo.

Figure 10. Mean abundance of anchovy (Sa^*) as a function of three categories of differences between sea surface temperature and sea bottom temperature.

ducción diaria de huevos de la especie son de 14,5 °C en octubre y de 16,5 °C en noviembre.

El gradiente de temperatura superficial (Figura 9), así como la categoría de diferencia térmica entre la superficie y el fondo (ΔT °C) (Figura 10), resultaron en cambio factores sin significación estadística individual en la abundancia de anchoíta (Tabla 2). No obstante, se observó cierta tendencia creciente de los valores medios de esta variable en función directa de aquellos factores.

Salinidad

Se registraron valores de SS entre 12,7 ups y 34,2 ups, pero se detectaron cardúmenes de la especie sólo con salinidades superiores a 15,3 ups.

Sánchez (1995) ha puntualizado que esta especie, cuyas áreas de puesta incluyen algunas regiones costeras protegidas tales como los golfos patagónicos, muestra una tolerancia a la salinidad tal que no puede reproducirse por debajo de las 23 ups. Dicho autor considera que esta anchoíta (como la japonesa *Engraulis japonica*) es de tolerancia intermedia, respecto a las congéneres eurihalinas de Australia y Europa, y a aquellas estenohalinas de Perú y de Sudáfrica.

Como la temperatura, también la salinidad superficial fue significativa en las variaciones del Sa^* observadas en estas campañas (Tabla 2), ya fuera considerando categorías de 0,5 ups de intervalo o bien las cinco clases mencionadas en la metodología (Figura 11 A y 11 B). Los mayores valores medios se produjeron en las clases con

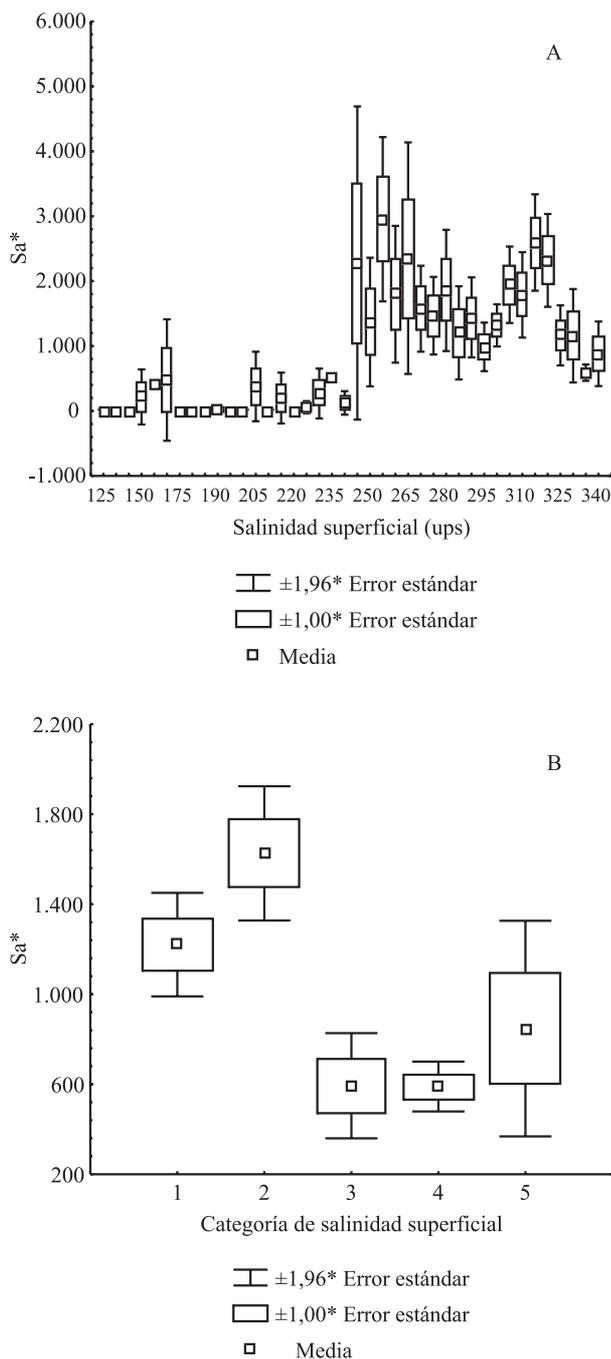


Figura 11. Media de la abundancia de anchoíta (Sa^*) en función de la salinidad de superficie según las categorías de 0,5 ups de intervalo (A) y según los cinco rangos salinos establecidos (B).

Figure 11. Mean abundance of anchovy (Sa^*) as a function of sea surface salinity, according to either 0.5 psu classes (A) or five pre-defined salinity ranges (B).

límite inferior entre 25 ups y 32 ups que, sin embargo, no fueron las más frecuentes y mostraron una gran variabilidad en la abundancia de anchoíta.

A diferencia de lo observado respecto de la temperatura, tanto el gradiente o pendiente de salinidad superficial (Figura 12) como la categoría de diferencia salina entre la superficie y el fondo (Figura 13), fueron factores individuales estadísticamente significativos respecto de la variación de Sa* (Tabla 2).

Densidad

Se calcularon densidades superficiales entre 8,72 y 26,25. Se detectó anchoíta desde valores de densidad de 10,80 con medias de abundancia mayores en el rango de 18 a 24 (Figura 14; Tabla 1). Así, aunque este factor resultó significativo en la explicación de la abundancia media observada (Tabla 2), se verificó poca variación de la misma en la clase de densidad con límite inferior en un valor de 25, que reunió más de la mitad de las observaciones totales.

Estabilidad

El parámetro de Simpson adquirió valores correspondientes tanto a aguas totalmente homogéneas como con una fuerte estratificación. Las medias de abundancia de anchoíta en función de las cuatro clases de estabilidad conformadas no aumentaron, a diferencia de lo que se observó en la población patagónica de la especie, en la clase asociada a valores propios de un frente hidrográfico. Por el contrario, la clase 2 de estabilidad registró el menor de los promedios (Figura 15), sobre todo en relación con las aguas mediana y altamente estratificadas. Aunque con esta tendencia tan opuesta a la observada en el efectivo patagónico, el factor estabilidad también fue significativo en la determinación de la abundancia de la anchoíta bonaerense (Tabla 2).

Ambiente

Este factor fue altamente significativo en las diferencias observadas en el Sa* medio (Tabla 2). La anchoíta bonaerense prefirió los ambientes de frentes salinos (Figura 16), siempre que se registraron temperaturas intermedias (entre 12,5 °C y 14 °C, es decir, el ambiente 3) o altas (iguales o superiores a los 14 °C, esto es, el ambiente 2). En estas condiciones de salinidad, pero con bajas temperaturas (<12,5 °C = ambiente 6) los valores promedios de abundancia cayeron decididamente, incluso por debajo de aquellos registrados en áreas de salinidad propias del Río de la Plata.

Los menores promedios de Sa* se asociaron a salinidades iguales o superiores a 33,5 ups, con temperaturas intermedias (ambiente 4) y bajas (ambiente 5).

La Figura 17 resume la distribución observada de valores de Sa* durante las cuatro campañas, de manera superpuesta con un diagrama T-S donde se indican los ambientes definidos.

Variaciones anuales de abundancia y ambientes

En el periodo estudiado, los años de menores abundancias medias de anchoíta fueron 1993 y 1995. Esos años, el área investigada se caracterizó por grandes extensiones del ambiente 5 (Figuras 2 C y 4 C), una combinación poco favorable de bajas temperaturas y salinidad relativamente elevada, que usualmente determinó la marginación de la presencia de cardúmenes y que se registró entre el 43% y 50% de los nodos. En efecto, en ambos años, y principalmente en 1995, predominaron de forma marcada los ambientes de bajas temperaturas, y las zonas donde la especie fue abundante se limitaron a una banda estrecha, hasta la isobata de 50 m aproximadamente. Sin embargo, durante 1995 el ambiente 3, que fue el más propicio, tuvo una extensión bastante amplia, mientras que las aguas con salinidad propia del río ocuparon un área muy restringida.

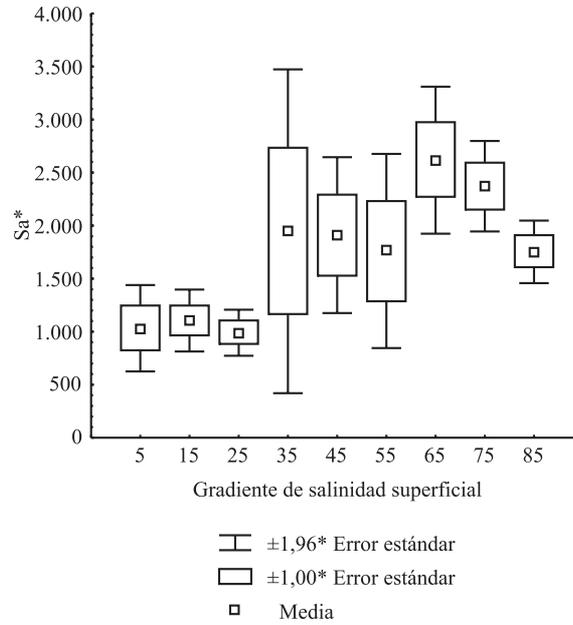


Figura 12. Media de la abundancia de anchoíta (Sa^*) en función de los gradientes en la salinidad de superficie.
 Figure 12. Mean abundance of anchovy (Sa^*) as a function of gradients in sea surface salinity.

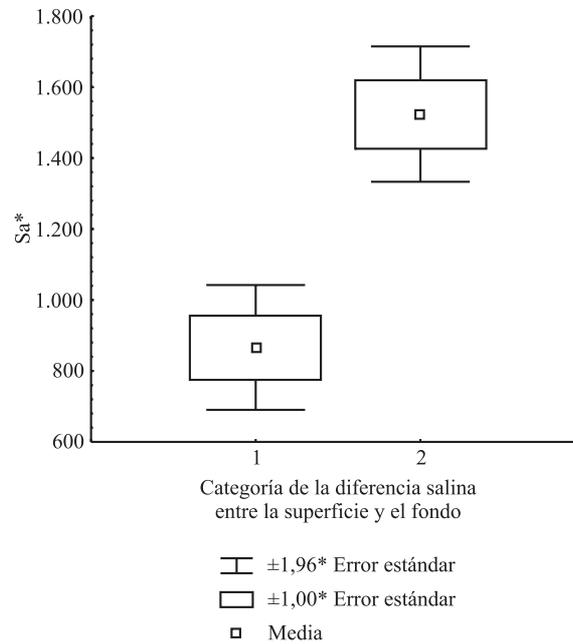


Figura 13. Media de la abundancia de anchoíta (Sa^*) en función de categorías establecidas en las diferencias de salinidad entre la superficie y el fondo.
 Figure 13. Mean abundance of anchovy (Sa^*) as a function of two categories of differences between sea surface salinity and sea bottom salinity.

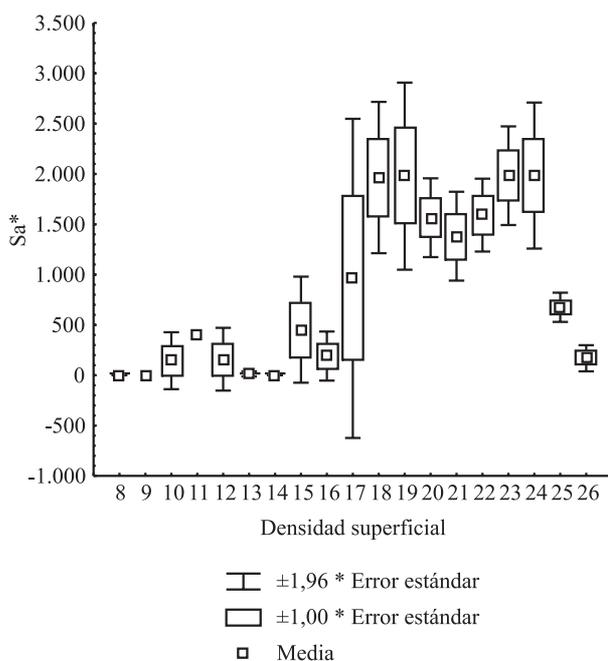


Figura 14. Media de la abundancia de anchoíta (Sa^*) en función de la densidad del agua en superficie.
 Figure 14. Mean abundance of anchovy (Sa^*) as a function of sea surface density.

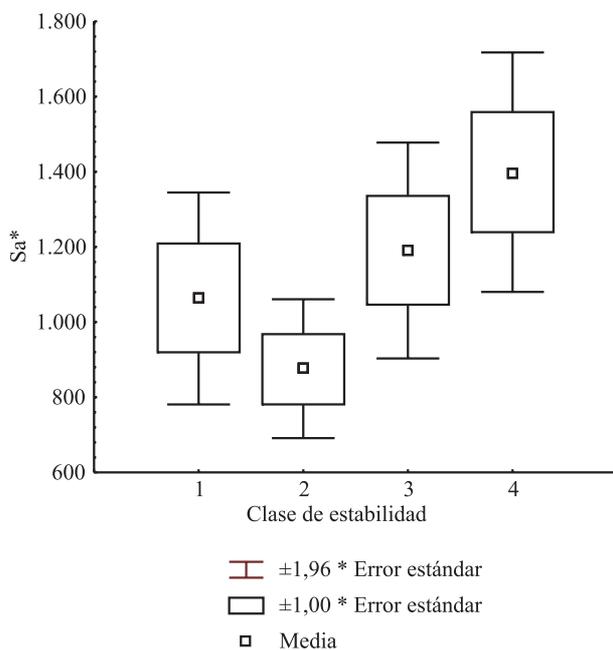


Figura 15. Media de la abundancia de anchoíta (Sa^*) en función de las categorías establecidas en la estabilidad de la columna de agua (parámetro de Simpson).
 Figure 15. Mean abundance of anchovy (Sa^*) as a function of four categories of water column stability (Simpson's parameter).

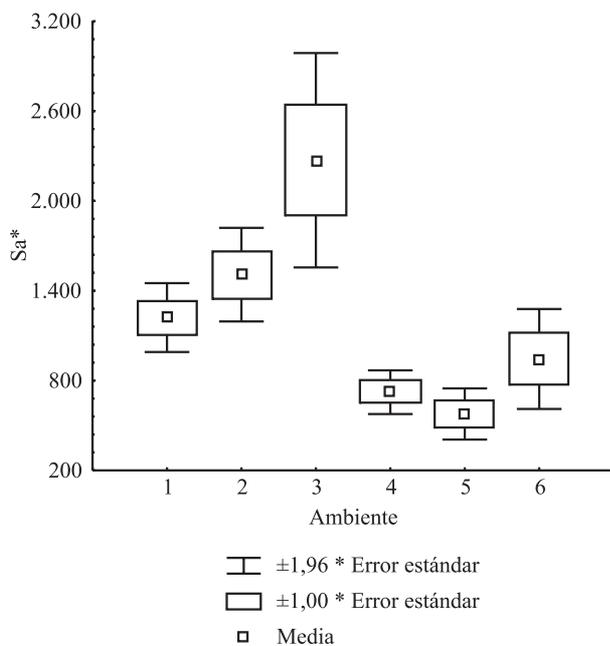


Figura 16. Media de la abundancia de anchoíta (Sa^*) en función de los seis ambientes definidos a partir de las categorías establecidas en la temperatura y salinidad del agua de superficie.

Figure 16. Mean abundance of anchovy (Sa^*) as a function of six pre-defined hydrographic environments overlapping ranges of surface temperature and surface salinity.

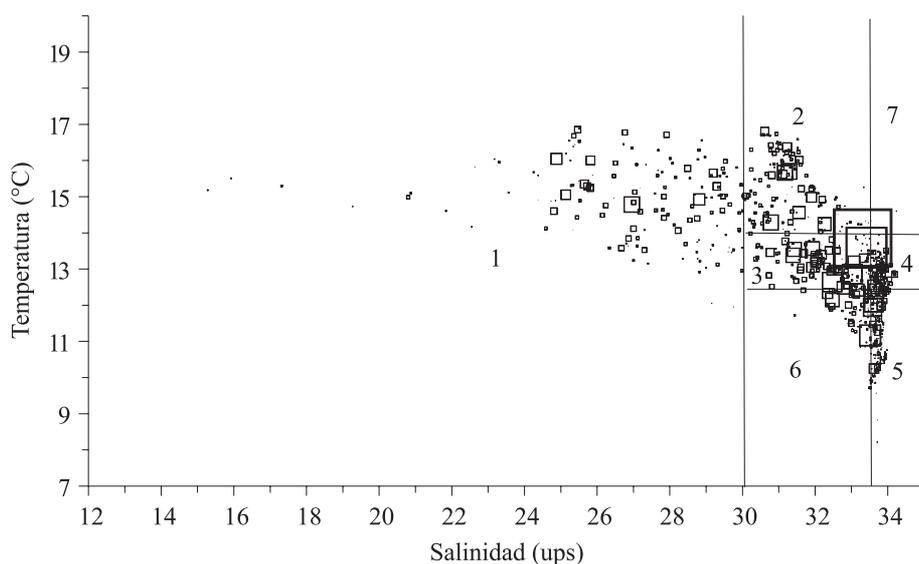


Figura 17. Distribución observada de los valores de Sa^* durante las cuatro campañas y diagrama T-S donde se indican los ambientes definidos.

Figure 17. Distribution of Sa^* values recorded during the four anchovy surveys, overlapped on a T-S diagram showing the different hydrographic environments, as defined in the text.

En la campaña de 1994 la abundancia de anchoíta se evaluó en un nivel intermedio. En el área existió una proporción bastante similar de casi todos los ambientes (10% a 20%), con la excepción de aquel con aguas de menor salinidad. Este alcanzó casi el 30%, como resultado de la ocurrencia de estas aguas en una amplia zona entre los 35° S y 38° S, desde la boca del Río de la Plata y hasta aproximadamente la isobata de 50 m (Figura 3 C). El área con presencia de anchoíta, ese año más extensa, volvió a encontrar su límite en el ambiente 5, pero éste se limitó al borde externo del área.

En 1996 se estimó la mayor abundancia media de anchoíta bonaerense de estos años. El área se caracterizó (Figura 5 C) por una gran extensión del ambiente 2, con frentes salinos y elevadas temperaturas. Los más altos registros acústicos de la especie obtenidos durante las cuatro campañas comentadas provinieron de una de estas zonas, ubicada en el área de ER (hacia los 61° 30' W). Además, la región desfavorable representada por el ambiente 5 estuvo prácticamente ausente y, en consecuencia, la distribución de anchoíta en toda el área fue muy amplia.

Modelo Lineal General

La aplicación de este tipo de modelo no condujo a resultados claros, aunque se probaron diversas combinaciones de factores (y de interacciones entre factores) que fueron estadísticamente significativos, en forma individual, en la explicación de las variaciones de Sa^* . En el mejor de los casos, la combinación de factores ingresados no consiguió explicar más de un 17% a 20% de la dispersión en la variable de control (el logaritmo natural de Sa^*).

Estas falencias de ajuste pueden haberse relacionado con la eliminación del análisis de los nodos con menores valores de densidad. Los valores nulos ($Sa^*=0$), que constituían el 28% de los datos, se descartaron debido al problema inherente a la transformación logarítmica. Aquellos

de $Sa^*<35$ (7%) tampoco se incluyeron, a fines de obtener una distribución Normal de la variable de control, que es un requisito del MLG.

Distribución vertical de valores de temperatura y abundancia de anchoíta

El examen de los perfiles correspondientes a las cuatro secciones durante estos años permite afirmar que, en presencia de salinidad propicia ($SS < 33,5$ ups), la ocurrencia de zonas de estratificación térmica vertical, con temperaturas superiores a los 11° C-12 °C constituyó una condición favorable para la presencia de cardúmenes. Estos se ubicaron principalmente en la zona de la termoclina o sobre la misma, como se observó en la sección 8 durante 1993, 1994 y 1996 (Figura 2 D y 2 E). Cuando esta condición se verificó a lo largo de casi toda la sección, los peces se distribuyeron también de manera más o menos continua, pero con una tendencia a conformar dos núcleos de concentración, uno exterior y otro interior, como en la sección 5 también durante los años 1993, 1994 y 1996 (Figura 3 D y 3 E), o en la sección 6 durante 1993 y 1994. Por el contrario, en los sectores o años en que no se verificó estratificación térmica, se localizaron cardúmenes casi en cualquier nivel de profundidad, como se observó en todas las secciones efectuadas durante 1995 (Figura 4 D y 4 E), o bien en la sección 18 durante los cuatro años analizados (Figura 5 D y 5 E). La presencia de valores moderados de salinidad (entre 30 ups y 33,5 ups) también puede reconocerse como un factor primario en la distribución de anchoítas en el sur del Brasil, principalmente cuando estos valores se presentan en regiones donde existe cierta estratificación térmica vertical (Castello, 1997).

CONCLUSIONES

- La temperatura de superficie resultó un factor significativo en la explicación de las variacio-

nes de abundancia de anchoíta. Se localizaron peces entre 8,2 °C y 16,9 °C, siendo el rango de 12° C a 16,5 °C el más favorable. En cambio el gradiente horizontal de temperatura superficial y la diferencia térmica entre la superficie y el fondo no fueron significativos.

- También la salinidad superficial fue significativa en las variaciones de biomasa relativa de anchoíta, detectándose cardúmenes sólo con salinidades superiores a 15,3 ups. A diferencia de lo que se observó con la temperatura, tanto el gradiente de salinidad superficial como la categoría de la diferencia salina entre la superficie y el fondo fueron factores individuales estadísticamente significativos.
- Aunque con una tendencia opuesta a la observada en el efectivo patagónico, el factor estabilidad también fue significativo en la determinación de la abundancia de la anchoíta bonaerense. Los promedios de densidad en función de las cuatro clases de estabilidad conformadas no fueron superiores en la clase asociada a valores propios de un frente hidrográfico, sino en aquellas de aguas mediana y altamente estratificadas.
- El factor Ambiente fue altamente significativo en las diferencias observadas en la abundancia puntual. La anchoíta bonaerense prefirió los ambientes con frentes salinos con temperaturas intermedias o altas ($T\text{ }^{\circ}\text{C} \geq 12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Con igual salinidad pero a bajas temperaturas ($< 12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) los valores medios de abundancia cayeron decididamente, y fueron mínimos con salinidades iguales o superiores a 33,5 ups combinadas con temperaturas bajas a intermedias.
- Las variaciones entre años demostraron una relación inversa entre la abundancia media de estos peces y la extensión del área con bajas temperaturas y salinidades relativamente elevadas, la que usualmente determinó el borde externo de la presencia de cardúmenes. En años favorables el área estuvo caracterizada con una mayor amplitud de la zona de frentes salinos y temperaturas relativamente elevadas.
- En zonas con salinidades propicias ($SS < 33,5$ ups), la ocurrencia de estratificación térmica vertical con temperaturas superiores a los 11°-12°C, favoreció la presencia de cardúmenes, sea en la misma capa de termoclina o sobre la misma. En cambio, en las regiones o años en que no se verificó estratificación térmica, los peces se localizaron casi en cualquier nivel de profundidad.
- Sin embargo otros factores ambientales seguramente concurren a determinar diferencias regionales en la abundancia, tales como el campo de vientos imperante, señalado como una causa muy importante en la supervivencia larval, o la disponibilidad relativa de alimento de clase y tamaño adecuados para juveniles y adultos. Muchos otros podrían tener un papel relevante, como por ejemplo la cantidad de oxígeno disuelto, el grado de penetración de la luz solar, la presencia de especies predatoras, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGELESCU, V. 1982. Ecología trófica de la anchoíta del Mar Argentino (*Engraulidae*, *Engraulis anchoita*). Parte II. Alimentación, comportamiento y relaciones tróficas en el ecosistema. Contrib. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq. (Mar del Plata) N° 409, 83 pp.
- BAKUN, A. & PARRISH, R.H. 1991. Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the anchovy (*Engraulis anchoita*) of the southwestern Atlantic. ICES J. Mar. Sci., 48: 343-361.
- BRANDHORST, W., CASTELLO, J.P., COUSSEAU, M.B. & CAPEZZANI, D.A. 1974. Evaluación de los recursos de anchoíta (*Engraulis anchoita*) frente a la Argentina y Uruguay. VIII. Desove, crecimiento, mortalidad y estructura de la población. Physis (A), 33 (86): 37-58.

- CASTELLO, J.P. 1997. A anchoita (*Engraulis anchoita*, Engraulididae, Pisces) no sul do Brasil. I. Tesis de Doctorado, Universidade Rio Grande do Sul, Brasil, 84 pp.
- CIECHOMSKI, J.D. & SÁNCHEZ, R.P. 1988. Análisis comparativo de las estimaciones de la biomasa de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) en el Atlántico Sudoccidental en diferentes años y con distintas metodologías. Publ. Com. Téc. Mix. Fr. Mar., 4: 117-131.
- FRAMIÑAN, M.B. & BROWN, O.B. 1996. Study of the Río de la Plata turbidity front, Part I: spatial and temporal distribution. Cont. Shelf Res., 16 (10): 1259-1282.
- GOLDEN SOFTWARE. 1995. Surfer, Version 6.01. Golden, Colorado: Golden Software Inc.
- GUERRERO, R.A. 1998. Oceanografía física del estuario del Río de la Plata y el sistema costero de El Rincón. Noviembre, 1994. INIDEP Inf. Téc., 21: 29-54.
- GUERRERO, R.A., ACHA, E.M., FRAMIÑAN, M.B. & LASTA, C.A. 1997. Physical oceanography of the Río de la Plata Estuary, Argentina. Cont. Shelf Res., 17 (7): 727-742.
- GUERRERO, R.A. & PIOLA, A.R. 1997. Masas de agua en la plataforma continental. En: BOSCHI, E.E. (Ed.). El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Tomo 1. Antecedentes históricos de las exploraciones en el mar y las características ambientales. Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata: 107-118.
- HANSEN, J.E., COUSSEAU, M.B. & GRU, D.L. 1984. Características poblacionales de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) del Mar Argentino. Parte I. El largo medio al primer año de vida, crecimiento y mortalidad. Rev. Invest. Desarr. Pesq., 4: 21-48.
- HANSEN, J.E. & MADIROLAS, A. 1996. Distribución, evaluación acústica y estructura poblacional de la anchoíta (*Engraulis anchoita*). Resultados de las campañas del año 1993. Rev. Invest. Desarr. Pesq., 10: 5 - 21.
- HANSEN, J.E. & MADIROLAS, A. 1999. Algunos resultados de las campañas primaverales de evaluación anual de anchoíta bonaerense efectuadas entre 1993 y 1996. INIDEP Inf. Téc., 28, 18 pp.
- HANSEN, J.E., MARTOS, P. & MADIROLAS, A. 2001. Relationship between spatial distribution of the Patagonian stock of Argentine anchovy, *Engraulis anchoita*, and sea temperatures during late spring-early summer. Fish. Oceanogr., 10 (2): 193-206.
- LONARDI, A.G. & EWING, M. 1971. Sediment Transport and Distribution in the Argentine Basin. 4: Bathymetry of the continental margin, Argentine Basin and other related provinces. Canyons and sources of sediments. En: AHREMS, L., PRESS, F., RUNCORN, S. & UREY, H. (Eds.). Physics and Chemistry of the Earth. Pergamon Press, Oxford: 81-121.
- LUCAS, A.J., GUERRERO, R.A., MIANZAN, H., ACHA E.M. & LASTA, C. 2000. On the coastal oceanographic regimes of the northern argentine continental shelf. En: IV Jorn. Nac. Cienc. Mar, Puerto Madryn, Argentina, Resúmenes: 84.
- MOORE, I.D., GESSLER P.E., NIELSEN, G.A. & PETERSEN, G.A. 1993. Soil Attribute Prediction using terrain analysis. Soil Sci. Soc. Am. J., 57: 443-452.
- NAGY, G., MARTÍNEZ, C.M., CAFFERA, R.M., PEDROSA, G., FORBES E.A., PERDOMO, A.C. & LÓPEZ LABORDE, J. 1996. [web en línea]. El ambiente físico del Río de la Plata. En: Equipo EcoPlata (Eds.). Versión Resumida: El Río de la Plata. Una Visión sobre su ambiente. Resumen de un Informe de Antecedentes del Proyecto EcoPlata preparado para la Conferencia ECOplata'96, Noviembre 1996. Oficina de Coordinación del Proyecto EcoPlata, Montevideo, 45 pp. Cap.II. <<http://www.idrc.ca/lacro/docs/conferencias>> [consulta: 15 diciembre 2002].
- RATTI, M.M. 1986. Estudio comparativo de los caracteres merísticos y morfométricos de la anchoíta (*Engraulis anchoita*). Rev. Invest. Desarr. Pesq., 5: 169-183.

- REID, J.L. 1966. Oceanic environments of the genus *Engraulis* around the world. CALCOFI Rep., 11: 29-33.
- SÁNCHEZ, R.P. 1995. Patrones de distribución espacio-temporal de los estadios embrionarios y larvales de la anchoíta (*Engraulis anchoita* Hubbs & Marini) a micro y macro-escala. Su relación con la supervivencia y el reclutamiento. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 630 pp.
- SÁNCHEZ, R.P. & CIECHOMSKI, J. 1995. Spawning and nursery grounds of pelagic fish species in the sea-shelf off Argentina and adjacent areas. Sci. Mar., 59 (3-4): 455-478.
- SEA-BIRD ELECTRONICS. 1997. CTD data acquisition software Seasoft, version 4.230. Bellevue, Washington, 141 pp.
- SIMPSON, J.H. 1981. The shelf-sea fronts: implications of their existence and behaviour. Phil. Trans. Royal Soc. London, 302 (A): 531-546.
- STATSOFT INC. 2000. STATISTICA for Windows. East 14th Street, Tulsa, OK, 74104, USA.
- SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS. 2002 [web en línea]. Estadística Hidrológica. Dirección Nacional de Políticas, Coordinación y Desarrollo Hídrico. Ministerio de Economía. Argentina. <<http://www.mecon.gov.ar/hidricos/mapashidricos/>> [consulta: 15 noviembre 2002].
- URIEN, C.M. 1972. Río de la Plata estuary environments. Mem. Geol. Soc. Am., 133: 213-234.

Recibido: 21-08-2003

Aceptado: 07-04-2004

