

## Influencia del tamaño de la hembra en la duración e intensidad de la actividad reproductiva de *Merluccius gayi gayi* en la zona centro-sur de Chile

Carolina Alarcón<sup>1</sup>, Luis Cubillos<sup>1,2</sup> & Ciro Oyarzún<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Oceanografía, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile

<sup>2</sup>Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, Chile

**RESUMEN.** En poblaciones de peces la dinámica reproductiva es un proceso que depende del tamaño de los individuos, aspecto que tiene notable importancia en términos de la intensidad y duración de la actividad reproductiva. En este estudio se analiza la duración e intensidad de la actividad reproductiva en función del tamaño de las hembras de *Merluccius gayi gayi* (Guichenot, 1848) de la zona centro-sur de Chile, a partir de muestras obtenidas en 1998. Se calculó el índice gonadosomático (IGS), el índice gonádico específico (IGE), y el índice de duración e intensidad (IDI) de actividad reproductiva mediante la medición anual del área bajo la curva del IGS, por grupos de tamaño (longitud total, cm). Se encontró una relación lineal entre el IGS y el IGE ( $r^2 = 0,980$ ), sugiriendo que las diferencias observadas en los índices se debe a cambios en el peso de la gónada y no a variaciones en el peso total. La mayor actividad reproductiva ocurrió entre agosto y octubre, detectándose actividad reproductiva secundaria entre febrero y abril. El IDI es función del tamaño de la hembra, y se encontró que la duración e intensidad de la actividad reproductiva es descrita por un modelo log-normal ( $r^2 = 0,96$ ;  $n = 17,418$ ;  $p < 0,01$ ). Se postula que las hembras de tallas intermedias (40-55 cm de LT) de *M. gayi gayi* constituyen la fracción de la población que participa con una actividad reproductiva de mayor intensidad y duración, mientras que las hembras de mayor tamaño ( $> 55$  cm LT) presentan una actividad reproductiva restringida al período reproductivo principal (agosto-octubre).

**Palabras clave:** *Merluccius gayi gayi*, actividad reproductiva, tamaño corporal, índice gonadosomático, Chile.

## Influence of female size on the duration and intensity of the reproductive activity of *Merluccius gayi gayi* off central-south Chile

**ABSTRACT.** In fish populations, reproductive dynamics is a process depending on the body size of the females, and has notable importance on intensity and duration of reproductive activity. In this study, we analyzed the duration and intensity of reproductive activity as a function of the body size in *Merluccius gayi gayi* females from samples obtained in 1998 off central-south Chile. The gonadosomatic index (GSI), the specific gonadal index (SGI) and the duration and intensity index (DII) of reproductive activity were computed. The DII represents the area under the GSI of length classes over a year. A linear relationship between the GSI and the SGI was found ( $r^2 = 0.980$ ), suggesting that the changes in the variables are due to changes in ovary weight and not in total weight. The major reproductive activity occurred from August to October, with secondary reproductive activity evident from February to April. The DII as a function of the female length was described by a log-normal model ( $r^2 = 0.96$ ,  $n = 17.418$ ,  $p < 0.01$ ). It is postulated that *Merluccius gayi gayi* females of medium sizes (40-55 cm TL) represent the more important population fraction in terms of major reproductive intensity and duration. Females of greater size ( $> 55$  cm TL) present reproductive activity restricted only to the main reproductive season (August-October).

**Key words:** *Merluccius gayi gayi*, reproductive activity, female body size, gonosomatic index, Chile.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los procesos reproductivos es parte importante de la biología básica de las especies, ya que en ellos se encuentran implícitos procesos que influyen en su comportamiento, supervivencia y migraciones (Alarcón & Arancibia, 1993). En peces pelágicos pequeños, se ha concluido que la dinámica ovárica es un proceso que depende de la longitud de las hembras (Pizarro, 1990; Claramunt *et al.*, 1994; Herrera *et al.*, 1994; Claramunt, 1999). En *Sardinops sagax*, por ejemplo, se ha encontrado que durante el proceso de maduración ovárica existe una madurez diferencial por tamaños, en el sentido que las hembras de mayor tamaño tienden a presentar un desfase temporal en relación con las hembras más jóvenes que constituyen gran parte del stock desovante (Pizarro, 1990). En la misma especie, Claramunt (1999) encuentra que el número de desoves anual es función de la longitud de las hembras al utilizar un modelo logístico, lo que está en directa relación con la ojiva de madurez sexual que también es función de la longitud. Hay (1985) demostró que el índice gonadosomático del arenque del Pacífico, *Clupea harengus pallasii*, incrementó más rápidamente en hembras de mayor tamaño que en las más jóvenes, cuyos cambios pueden ser utilizados para predecir la época de desove. A su vez, Lambert (1987) indica que la duración e intensidad del desove del arenque depende de la estructura de edad, y ocurre consecutivamente desde las clases anuales más longevas hasta las más jóvenes debido a una maduración diferencial. Por otra parte, debido a que la fecundidad es tamaño dependiente, el análisis de la estructura de talla de una población desovante es de gran importancia, por cuanto permite conocer el potencial reproductivo de una especie (Hunter & Leong, 1981; Pizarro, 1990).

La merluza común, *Merluccius gayi gayi* (Guichenot, 1848), sustenta una de las pesquerías demersales más relevantes de acuerdo a los niveles de capturas y de gran importancia económica. La dinámica reproductiva de *M. gayi gayi* ha sido estudiada por varios autores, entre ellos Balbontín & Fischer (1981) quienes determinan la fecundidad parcial y la talla de primera madurez sexual en 32,3 cm de longitud total en Coquimbo, 36,2 cm en San Antonio, y 39,4 cm en San Vicente. Posteriormente, Herrera *et al.* (1988) analizaron los aspectos morfológicos de la maduración gonadal; Alarcón & Arancibia (1993) determinaron la talla de primera madurez sexual mediante el máximo incremento

relativo en el IGS y utilizando estados de madurez macroscópica, mientras que Cerna & Oyarzún (1998) estimaron la talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en el período abril-junio de 1992.

El objetivo del presente trabajo es determinar la influencia del tamaño de la hembra en la duración e intensidad de la actividad reproductiva de merluza *M. gayi gayi*, mediante el análisis de indicadores reproductivos macroscópicos de la dinámica ovárica por clases de tallas. Se postula que la población de hembras de merluza común de la zona centro-sur de Chile posee una madurez diferencial por tamaños, y que la amplitud e intensidad de los períodos reproductivos son dependientes de la estructura de tamaños de la población.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a la zona donde opera la flota industrial de arrastre sobre *M. gayi gayi*, principalmente entre 34°30' S y 39°30' S; y el período de estudio corresponde al año 1998. La información fue recolectada a bordo de embarcaciones industriales de la flota de arrastre y consiste en la obtención de muestras aleatorias de ejemplares en cada lance de pesca. En 1998 se analizó un total de 18.194 hembras, a las cuales se les midió su longitud total (LT) al centímetro más cercano, peso total (g), peso de gónadas (g) y se determinó el estado de madurez sexual según la escala macroscópica propuesta por Balbontín & Fischer (1981). Estas mediciones fueron realizadas por personal técnico perteneciente al Instituto de Investigación Pesquera a bordo de las naves.

Con el objeto de analizar la actividad reproductiva en el ciclo anual, se calculó el índice gonadosomático a cada ejemplar, según:

$$IGS_{i,l,j} = \frac{G_{i,l,j}}{P_{i,l,j} - G_{i,l,j}} * 100$$

donde P es el peso total (g) y G es el peso de la gónada, i representa el mes, l la clase de tamaño, y j cada ejemplar. Según Nikolsky (1963), el IGS relaciona el peso de la gónada y el peso corporal del pez y se interpreta según el estado de desarrollo de la gónada, que está asociado al grado de madurez que experimenta el ovario o testículo en su ciclo reproductivo (De Vlaming *et al.*, 1982). Alternati-

vamente y considerando que el peso total puede exhibir variaciones, se determinó el índice gonádico específico (IGE) que relaciona el peso de la gónada y el peso total estimado a partir de la relación longitud-peso total, según:

$$IGE_{i,l,j} = \frac{G_{i,l,j}}{\alpha * L_{i,l,j}^{\beta}}$$

donde,  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la relación longitud-peso, y  $L$  es la longitud del ejemplar  $j$  en la clase de longitud  $l$  en el mes  $i$ . En esta expresión se utiliza un peso total estimado que permanece constante entre meses y clases de longitud, permitiendo evidenciar mejor aún solamente los cambios debidos al desarrollo gonadal. Los parámetros de la relación longitud-peso total fueron estimados mediante mínimos cuadrados no-lineales. Estos indicadores reproductivos macroscópicos fueron analizados por grupos de tamaño (Tabla 1), sobre la base de Balbontín & Fischer (1981).

Con el objeto de determinar la duración e intensidad reproductiva, se calculó el área bajo la curva que describe el IGS para una misma clase de tamaño, suponiendo que esta área es un indicador de la duración e intensidad (IDI) de la actividad reproductiva. Este índice se define como:

$$IDI_1 = \sum_{i=1}^{12} IGS_{i,l} * d_i$$

donde  $IGS_{i,l}$  es el índice gonadosomático promedio en el mes  $i$  en la clase de longitud  $l$ , y  $d_i$  es el número de días en el mes  $i$ . Claramunt (1999), indica que el área bajo la curva del IGS se comporta según un modelo logístico en función de la talla y que en peces con desove parcial y fecundidad indeterminada constituye un índice del número de desoves. Claramunt & Herrera (1994) y Claramunt & Roa (2001), señalan que este índice supone que el IGS está relacionado directamente con la fracción de hembras desovantes diarias. En este estudio se consideró el siguiente modelo tipo log-normal para describir la duración e intensidad:

$$IDI_1 = a * \exp(-0,5(\ln(L/b)/c)^2)$$

donde  $IDI$  es el índice de duración e intensidad reproductiva en el ciclo anual,  $L$  es la longitud del

pez,  $a$ ,  $b$  y  $c$  son constantes. El ajuste de este modelo a los datos observados se realizó mediante mínimos cuadrados no lineales.

## RESULTADOS

Se contó con 18.194 hembras, distribuidas en un rango de tamaño comprendido entre 21 y 82 cm de LT, de los cuales 1.065 individuos fueron clasificados como hembras virginales e hidratadas. La frecuencia mensual del número de individuos por estados de madurez sexual indica que a lo largo del año se presentan con mayor frecuencia hembras en estado de madurez II (inmaduros), III (en maduración) y IIIa (desove reciente, Tabla 2). Para el análisis de los cambios en los índices reproductivos de merluza común, se descartaron las hembras que se encontraban en los estados de madurez sexual I (virginal) y IV (maduras hidratadas), resultando 17.412 ejemplares. Esto en atención a que las hembras virginales tienden a subestimar el IGS ya que no aportan a la actividad reproductiva, mientras que las hembras hidratadas pueden generar una sobrevaloración del IGS e IGE. De esta manera, los grupos de tallas que con mayor frecuencia se encuentran a lo largo del año son los grupos IV, V, VI,

**Tabla 1. *Merluccius gayi gayi*. Grupos de talla de longitud total (cm) basada en los grupos establecidos por Balbontín & Fischer (1981).**

**Table 1. *Merluccius gayi gayi*. Size groups by total length (cm) according to the size classes of Balbontín & Fischer (1981).**

Grupo de tallas	Longitud total (cm)
I	< 24,5
II	25,0 - 29,5
III	30,0 - 34,5
IV	35,0 - 39,5
V	40,0 - 44,5
VI	45,0 - 49,5
VII	50,0 - 54,5
VIII	55,0 - 59,5
IX	60,0 - 64,5
X	> 65,0

**Tabla 2. *Merluccius gayi gayi*. Distribución mensual de los estados de madurez sexual macroscópicos (%) y total de hembras analizadas por mes. Nomenclatura: (I) vírginal, (II) inmaduro, (III) en maduración, (IIIa) desove reciente, (IV) maduros hidratados, (V) en regresión.**

**Table 2. *Merluccius gayi gayi*. Monthly distribution of macroscopic maturity stages (%) and total number of females analyzed. Nomenclature: (I) virginal, (II) immature, (III) mature, (IIIa) recent spawning (IV) mature and hydrated, (V) regressed.**

Mes	Estados de madurez macroscópicos (%)						Total (n)
	I	II	III	IIIa	IV	V	
Ene	3,7	29,0	20,5	16,7	3,1	27,0	1281
Feb	0,4	32,8	18,2	19,5	12,0	17,2	997
Mar	2,1	33,6	23,5	24,4	0,6	15,9	1934
Abr	2,3	34,7	25,3	22,9	3,9	10,8	1881
May	1,3	48,8	21,0	19,0	0,6	9,2	1569
Jun	3,1	28,6	27,6	34,7	1,4	4,6	1627
Jul	2,6	19,8	26,9	42,6	1,3	6,8	1458
Ago	1,2	14,9	32,0	39,6	8,6	3,7	2044
Sep	0,0	19,7	39,4	31,1	8,9	0,9	437
Oct	0,8	20,5	31,2	36,7	2,5	8,4	1825
Nov	4,1	30,0	22,7	31,0	3,1	9,2	2145
Dic	3,4	25,8	34,5	10,5	3,5	22,2	996

VII, que corresponden al rango de tallas comprendido entre 35,0 y 54,5 cm de LT (Tabla 3). Se observa que el grupo de tallas con mayor incidencia en la frecuencia mensual corresponde al grupo VI (45,0 a 49,5 cm), con valores sobre el 30% en cada mes.

Para el cálculo del índice gonádico específico (IGE), se estimaron los parámetros de la relación longitud-peso total ( $a = 0,0129$ ;  $b = 2,84$ ;  $r^2 = 0,99$ ). Sin embargo, tanto el IGS como el IGE, presentan cambios similares dentro del ciclo anual debido a que existe una relación lineal ( $r^2 = 0,98$ ) entre ambos indicadores (Fig. 1). Los cambios mensuales en el IGS e IGE indican una mayor actividad reproductiva entre agosto y octubre, y secundariamente entre febrero y abril que no alcanza en promedio los valores registrados entre agosto y octubre (Fig. 2). Sólo en febrero destaca el estado de madurez IV con una contribución de 12%, aunque también los estados II y V (Tabla 2). Debido a que ambos indicadores reproductivos, IGE e IGS, presentan igual comportamiento, en adelante se utilizará sólo el IGS para analizar la intensidad y duración de la actividad reproductiva por grupos de tamaño.

Los cambios en el IGS por grupos de talla (Fig.

3), muestran un aumento de los índices a partir del grupo V hasta el grupo VII, es decir, tallas entre 40 y 55 cm de LT, los que conformarían la fracción de la población mayormente comprometida en el evento reproductivo. En cambio, existe una disminución de los índices a partir del grupo VIII, que corresponden a tallas mayores de 55 cm de LT.

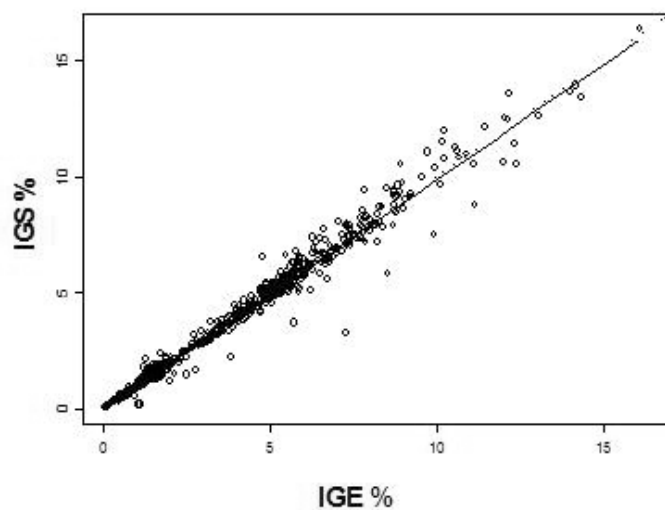
En el ciclo anual, se observó que el grupo IV (35 a 39,5 cm) posee índices bajos a lo largo del año comparado con el V que presenta valores intermedios y de mayor amplitud, participando activamente durante todo el año (Fig. 4). El grupo VIII (55-59,5 cm) tiene un comportamiento similar al V, pero incrementa sus valores durante los meses de máxima actividad reproductiva. El grupo IX (60 a 64,5 cm) posee una participación restringida al máximo del evento reproductivo, observándose un aumento en septiembre con un valor máximo de 9,6.

Con respecto al índice de duración e intensidad reproductiva (IDI), se contó con 16.994 hembras debido a que para su cálculo se necesita contar con una representación total de los grupos de talla de las hembras en un ciclo anual completo. El modelo logístico propuesto por Claramunt (1999), se ajustó bien a los datos observados, explicando 85% de la

**Tabla 3. *Merluccius gayi gayi*. Distribución mensual del número de hembras por grupos de tamaño de longitud total (sin ejemplares virginales e hidratados). Ver Tabla 1 para los rangos de longitud que representa cada grupo.**

**Table 3. *Merluccius gayi gayi*. Monthly distribution of the number of females by size groups and total (without virginal and hydrated females). See Table 1 for the length classes representing each group.**

Mes	Grupo de longitud total (cm)									Total
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Ene		13	68	247	530	231	60	22	23	1194
Feb	20	111	113	138	257	154	56	17	7	873
Mar	1	54	196	330	845	326	73	35	22	1882
Abr	2	48	245	388	721	296	52	9	2	1763
May	3	55	282	368	531	241	40	15	3	1538
Jun	2	88	328	377	483	198	54	18	6	1554
Jul		22	233	440	480	179	32	12	3	1401
Ago		16	235	393	740	391	52	12	4	1843
Sep		3	50	100	133	80	23	9		398
Oct		18	243	396	585	406	82	25	11	1766
Nov	2	30	311	557	673	331	59	16	11	1990
Dic	5	7	112	231	366	139	44	15	8	927
Total	35	465	2416	3965	6344	2972	627	205	100	17129



**Figura 1. Relación lineal entre el índice gonadosomático (IGS) y el índice gonádico específico (IGE), 1998.**

**Figure 1. Linear relationship between the gonosomatic index (IGS) and the specific gonadic index (IGE), 1998.**

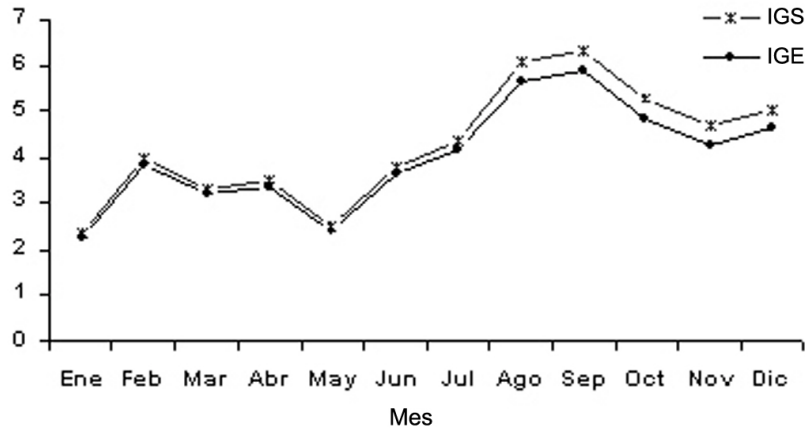


Figura 2. Cambios mensuales de los índices reproductivos analizados para merluza común en 1998.  
 Figure 2. Monthly changes in the reproductive indexes of Chilean hake in 1998.

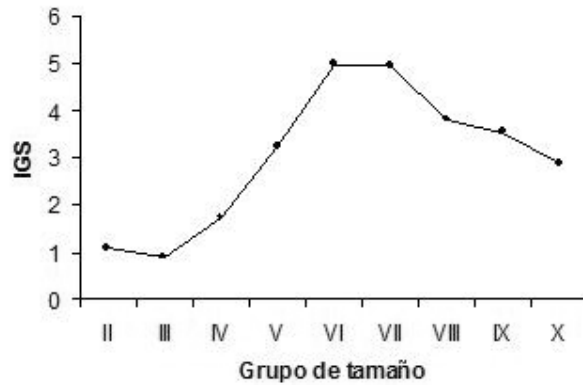


Figura 3. Promedio anual del índice gonadosomático (IGS) por grupos de tamaño de merluza común.  
 Figure 3. Annual average of the gonosomatic index by size groups of Chilean hake.

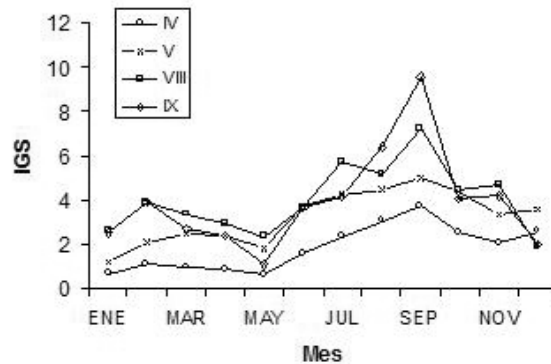


Figura 4. Promedio mensual del índice gonadosomático en cuatro grupos de tallas: IV: 35-39,5 cm; V: 40,0-44,5 cm; VIII: 55-59,5 cm; y IX: 60-64,5 cm de longitud total.  
 Figure 4. Monthly average of the gonosomatic index in four size groups: IV: 35.0-39.5 cm; V: 40.0-44.5 cm; VIII: 55.0-59.5 cm; y IX: 60.0-64.5 cm total length.

variabilidad observada en los datos (Tabla 4). Sin embargo, el modelo logístico no describe satisfactoriamente el IDI anual (Fig. 5). En efecto, el comportamiento del IDI en función de la longitud de las hembras se describe mejor por el modelo log-normal (Fig. 6, Tabla 5), que explica el 96% de la variabilidad de los datos observados.

## DISCUSIÓN

La dinámica ovárica en peces es un proceso dependiente de la longitud de las hembras, estableciéndose por lo general que las de mayor tamaño contribuyen con una mayor intensidad y amplitud temporal durante la época reproductiva (Pizarro, 1990; Claramunt *et al.*, 1994; Claramunt, 1999). El pre-

**Tabla 4.** *Merluccius gayi gayi*. Parámetros estimados del modelo logístico (Claramunt, 1999) ajustado al índice de duración e intensidad reproductiva en función de la longitud de las hembras.

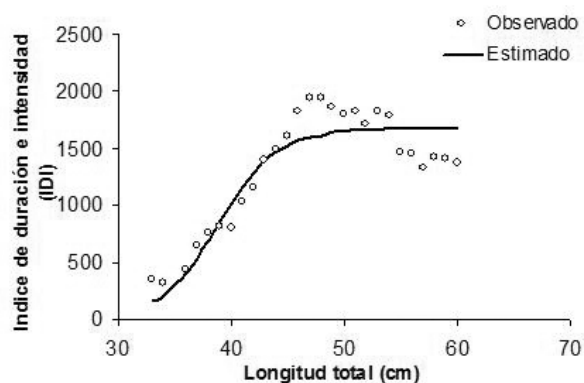
**Table 4.** *Merluccius gayi gayi*. Parameters estimated for the logistic model (Claramunt, 1999) fitted to the duration and intensity index of reproductive activity as a function of the length of females.

Parámetros	Valor	Error estándar	t-valor	95% límite confianza	95% límite confianza
a	1665,480	59,004	28,220	1543,71	1787,20
b	15,237	3,208	4,749	8,61	21,85
c	0,392	0,083	4,728	0,22	0,56

**Tabla 5.** *Merluccius gayi gayi*. Parámetros estimados del modelo log-normal ajustado al índice de duración e intensidad reproductiva en función de la longitud de las hembras.

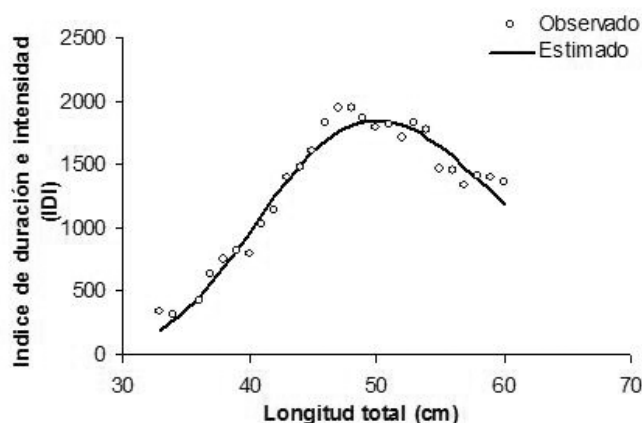
**Table 5.** *Merluccius gayi gayi*. Parameters estimated for the log-normal model fitted to the duration and intensity index of reproductive activity as a function of the length of females.

Parámetros	Valor	Error estándar	t-valor	95% límite confianza	95% límite confianza
a	1852,810	34,467	53,755	1781,67	1923,95
b	49,964	0,271	184,310	49,40	50,52
c	0,195	0,006	28,630	0,18	0,21



**Figura 5.** Índice de intensidad y duración de actividad reproductiva, que corresponde al área bajo la curva del IGS, por clase de talla de 1 cm. Línea: curva ajustada según modelo logístico (Tabla 4), propuesto por Claramunt (1999).

**Figure 5.** Intensity and duration index of reproductive activity, corresponding to the area under the curve of the gonosomatic index, as a function of mean length of size classes of 1 cm. Line: fitted curve according to the logistic model (Table 4), proposed by Claramunt (1999).



**Figura 6.** Índice de intensidad y duración de actividad reproductiva, que corresponde al área bajo la curva del IGS, por clase de talla de 1 cm. Línea: curva ajustada según modelo log-normal (Tabla 5).

**Figure 6.** Intensity and duration index of reproductive activity, corresponding to the area under the curve of the gonosomatic index, as a function of mean length of size classes of 1 cm. Line: fitted curve according to the log-normal model (Table 5).

sente estudio considera que el ciclo reproductivo es dependiente del tamaño corporal de las hembras, razón por la cual la utilización de grupos de tallas debería constituir un factor de análisis al momento de trabajar con indicadores de actividad reproductiva. El análisis efectuado en *M. gayi gayi* permitió verificar cuáles son los grupos de tamaño de la población que están más comprometidos en la estación reproductiva, tanto en intensidad como en duración. Se destaca que la frecuencia del número de individuos fue baja en las tallas extremas, lo que se debería a que las hembras de tallas menores (grupos I, II y III) serían menos vulnerables debido a la abertura de malla de 100 mm del arte de pesca, mientras que en tallas mayores (grupos IX y X) por su baja disponibilidad y/o abundancia.

Según Balbontín y Fischer (1981), una mayor fracción de los estados de madurez sexual “en maduración”, “maduro” e “hidratado” refleja un aumento de la actividad ovárica, con el desarrollo de los ovocitos y preparación de éstos previo al desove. Así, se pudo constatar un alto porcentaje de ejemplares sexualmente activos, por la presencia de ejemplares en estados de madurez II, III y IIIa durante todo el año, con una mayor incidencia de los estadios III, IIIa y IV, a fines de invierno y principios de primavera, lo que sugiere una gran actividad ovárica y de desove. Balbontín & Fischer (1981), realizaron muestreos en Coquimbo, San Antonio y San Vicente, encontrando que la merluza tiene un am-

plio período de actividad reproductiva, pero con una época de desove más o menos delimitada. Estos autores, señalan para San Vicente un desove principal entre agosto y noviembre y un desove secundario de cierta importancia de diciembre a febrero, además un período de reposo gonadal relativo de marzo a junio, reiniciándose la actividad de desove en junio. Sin embargo, Herrera *et al.* (1994) señalan que en términos del desarrollo ovárico es preferible reconocer tales meses como un período más bien deprimido que en reposo o inactivo.

El año 1998 se presenta como un año normal coincidiendo parcialmente con lo descrito anteriormente por otros autores, con un desove principal entre agosto y octubre y un desove secundario en febrero. La dinámica reproductiva en función de los grupos de tallas, indica que la fracción de la población más comprometida en el proceso reproductivo corresponde a los grupos intermedios, 40 y 55 cm de LT, presentando una mayor intensidad y duración. En cambio, los grupos de tallas superiores (mayores a 55 cm) presentaron una menor amplitud del período de desove a lo largo del año (Fig. 4), ya que tienen una participación restringida sólo al período de máxima actividad reproductiva, aunque con una mayor intensidad en dichos períodos. Esto contrasta con el comportamiento de tallas intermedias que tienen una participación reproductiva durante todo el año con una mayor amplitud y menor intensidad. Balbontín & Fischer (1981) reportan para San

Antonio, que las hembras que contribuyen en mayor medida en el desove pertenecen a los grupos que comprenden a los ejemplares de las tallas menores. Los ejemplares mayores de 60 cm de LT, si bien poseen una fecundidad más alta, contribuyen sólo con un 3% en el desove. En San Vicente observaron que las tallas menores participan en menor grado, en cambio los grupos de tallas intermedios y más grandes contribuyen mayormente al evento del desove, cuya participación la realizan los individuos de tallas aproximadas entre 48 y 53 cm de LT. Estos resultados sugieren que podría existir un efecto diferencial entre zonas en la participación de grupos de tamaño en la actividad reproductiva de merluza común.

Claramunt (1999), enfatiza el distinguir entre el IGS individual de una hembra y el IGS promedio de un grupo de hembras, debido a que el IGS de una hembra de cierto peso corporal fluctúa según el grado de maduración de su ovario, mientras que el promedio de un grupo de hembras mantiene un efecto de la talla, en el sentido que el IGS promedio de hembras de menor talla son más bajos que las de tallas mayores. Esto no invalida la utilización del IGS según lo señalado por De Vlaming *et al.* (1982), sino más bien debido a la distinta proporción de estadios de madurez entre los estratos de talla y, por ende, con la varianza. En otras palabras, los estratos de talla menores tienen una mayor proporción de estados de madurez bajos en comparación a los grupos de tallas mayores. Esta situación hace suponer que durante los procesos de maduración ovárica, existe una madurez diferencial en que las hembras de mayor talla tienden a presentar un desfase temporal, es decir, presentar un período de madurez ovárica de mayor amplitud respecto de los ejemplares más jóvenes tal y como ha sido descrito en peces pelágicos por Pizarro (1990) y Parrish *et al.* (1986). Hunter & Macewicz (1985) describen que las hembras jóvenes que maduran por primera vez tienen una corta época de desove en relación con las de mayor talla. Sin embargo, en la merluza común el índice de la duración e intensidad reproductiva en función de la talla de las hembras no es bien descrito por un modelo asintótico como el logístico, según ha sido propuesto por Claramunt (1999). Es decir, que una hembra adulta debería presentar una mayor intensidad y duración del desove a lo largo del ciclo anual. En la merluza común, el índice de duración e intensidad en función de la talla es mejor descrito por un modelo log-normal, indicando que el rango de tallas comprendido entre

los 48 y 54 cm de LT llegan a un domo, lo que significa que son las tallas que estarían más comprometidas con la actividad reproductiva anual.

Las causas de este comportamiento reproductivo no pueden ser deducidas a partir de los resultados de este estudio. Sin embargo, algunos factores relevantes como las migraciones, senilidad de las hembras, agregación reproductiva *versus* trófica, entre otras podrían estar afectando los resultados encontrados. Tascheri *et al.* (1999) discuten ampliamente la migración de *M. gayi gayi*, señalando que solamente la migración nictemeral es relevante y de carácter trófico. La especie no realiza migraciones poblacionales horizontales ni verticales masivas entre un hábitat y otro, en escalas temporales mayores, y aunque tiende a incrementar sus agregaciones en aguas someras durante los períodos reproductivos, no se puede señalar algún efecto diferencial por tamaños (Tascheri *et al.*, 1999). Desde el punto de vista de la senilidad, pocos estudios se han realizado en peces como para inferir algún efecto importante. Sin embargo, las hembras de *M. gayi gayi* son más longevas que los machos y es probable que pueda existir algún tipo de competencia reproductiva entre las hembras longevas con las de tamaño intermedio. Un factor importante podría estar relacionado con la mayor vulnerabilidad al arte de pesca de las hembras de mayor tamaño en condición reproductiva, lo que implicaría su mayor presencia sólo en los máximos reproductivos. Sin embargo, tal situación también debería ser válida para las hembras de tamaño intermedio. Dilucidar estos y otros aspectos exigen mayor investigación al respecto, como también analizar la dinámica ovárica con métodos de mayor resolución (histología gonádica) considerando fuentes de variación fijas (e.g. tamaño, zona, mes, profundidad).

En relación con la parte ascendente del índice de duración e intensidad en función de la talla, es probable que esté relacionado con la ojiva de madurez sexual. Grimes (1976 *fide* Finucane & Collins, 1984) propone un método para estimar la talla de primera madurez sexual, basado en el intervalo de talla en que se produce el mayor porcentaje de incremento en IGS. Esto concuerda con lo propuesto por Claramunt (1999), en el sentido de que la forma logística del área bajo la curva que describe el IGS en función de la talla en un ciclo anual debería estar reflejando la influencia de la talla tanto en el número de desoves como la madurez diferencial por tamaños. Al considerar el ajuste del modelo log-normal, se puede advertir que la talla de 39 cm tiene un

índice de duración e intensidad que es prácticamente la mitad del máximo valor que predice la curva, coincidiendo con las estimaciones de talla de primera madurez sexual descrita en merluza común. En efecto, Balbontín & Fischer (1981) señalan para el área de San Vicente una talla de 39,4 que es muy cercana a la obtenida por Alarcón & Arancibia (1993), mediante el método del 50% de hembras maduras con 37,9 cm de LT en el área de Talcahuano.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Investigación Pesquera por facilitar la información y datos utilizados en este estudio, así como a los señores R. Mena, P. Carrasco, M. Moreno, quienes tomaron las muestras a bordo de naves arrastreras, y a H. Rebolledo quien verificó y completó la base de datos. También se agradecen los comentarios de G. Claramunt, de la Universidad Arturo Prat, y a tres árbitros por sus sugerencias y comentarios.

### REFERENCIAS

- Alarcón, R. & H. Arancibia. 1993.** Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en merluza común, *Merluccius gayi gayi* (Guichenot, 1848). *Cienc. Tecnol. Mar.*, 16: 3-45.
- Balbontín, F. & W. Fischer. 1981.** Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 17(3): 85-334.
- Cerna, J. & C. Oyarzún. 1998.** Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en merluza común, *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848) del área de la pesquería industrial de la zona de Talcahuano, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 26: 31-40.
- Claramunt, G. 1999.** Número de desoves, producción de huevos y reclutamiento en *Sardinops sagax* del norte de Chile, entre 1974 y 1996. Tesis Magíster en Ciencias mención Pesquerías, Universidad de Concepción, 65 pp.
- Claramunt, G. & G. Herrera. 1994.** A new method to estimate the fraction of daily spawning females and the numbers of spawning in *Sardinops sagax* in northern Chile. *Sci. Mar.*, 58(3): 169-177.
- Claramunt, G., G. Herrera & P. Pizarro. 1994.** Producción potencial anual de huevos por tallas en *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) del norte de Chile. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 29(2): 211-233.
- Claramunt, G. & R. Roa. 2001.** An direct approach of estimating spawning fraction as applied to *Sardinops sagax* from northern Chile. *Sci. Mar.*, 65(2): 87-94.
- De Vlaming, V., G. Grossman & F. Chapman. 1982.** On the use of the gonosomatic index. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73A: 31-39.
- Finucane, J.H. & L.A. Collins. 1984.** Reproductive biology of cero, *Scomberomorus regalis*, from the coastal waters of south Florida. *Northeast Gulf Sci.*, 7(1): 101-107.
- Grimes, C. 1976.** Certain aspects of the life history of the vermilion snapper, *Rhomboplites aurorubens* (Cuvier), from North and South Carolina waters. Ph.D. Thesis, Univ. of North Carolina, Chapel Hill, 240 pp.
- Hay, D.E. 1985.** Reproductive biology of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42(Suppl. 1): 111-126.
- Herrera, G., E. Bustos-Obregón & F. Balbontín. 1988.** Morphological aspects of gonadal maturation in the hake, *Merluccius gayi gayi*. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 24(1): 55-71.
- Herrera, G., G. Claramunt & P. Pizarro. 1994.** Dinámica ovárica de la sardina española (*Sardinops sagax*) del norte de Chile, período abril 1992- marzo 1993. Análisis por estrato de tallas. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 29(1): 147-166.
- Hunter, J.R. & R.J.H. Leong. 1981.** The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. *US Fish Bull.*, 79(2): 215-230 pp.
- Hunter, J.R. & B. Macewicz. 1985.** Measurements of spawning frequency in multiple spawning fish. En R. Lasker (ed.). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS, 36: 79-94.
- Lambert, T.C. 1987.** Duration and intensity of spawning in herring *Clupea harengus* as related to the age structure of the mature population. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 39: 209-220.

- Nikolsky, G.V. 1963.** The ecology of fishes. Academic Press, New York, 352 pp.
- Parrish, R.H., D.L. Mallicoate & R.A. Klingbeil. 1986.** Age dependent fecundity number of spawning per year, sex ratio and maturation stage in northern anchovy. US Fish. Bull., 84(3): 503-517.
- Pizarro, P. 1990.** Influencia de la estructura de tallas en la época y longitud de desove de sardina española (*Sardinops sagax*) en la zona norte de Chile. Tesis de Biólogo Pesquero. Universidad Arturo Prat, Iquique, 82 pp.
- Tascheri, R., S. Lillo, M. Rojas, R. Gamboa, P. Gálvez, C. Montenegro, M. Braun, V. Valenzuela, H. Milles, M. Gálvez, H. Rebolledo, C. Cuevas & I. Payá. 1999.** Dinámica espacial y batimetría de merluza común en relación a su ciclo de vida en la zona centro-sur. Informe final Proyecto FIP-IT/ 97-21: 161 pp.

*Recibido: 1 agosto 2003; Aceptado: 9 agosto 2004.*