

CICLO DE MADURACION OVARICA, FECUNDIDAD Y
TALLA DE MADUREZ EN *MACRURONUS MAGELLANICUS*
(LÖNNBERG, 1907) DE LA ZONA SUR DE CHILE.

OVARIC MATURATION CYCLE, FECUNDITY AND MATURITY
LENGTH IN *MACRURONUS MAGELLANICUS* (LÖNNBERG, 1907)
OF THE SOUTHERN REGION OF CHILE.

Javier Chong Lay-Son

RESUMEN

Se realizó un estudio del desarrollo ovárico y fecundidad de *M. magellanicus* en la zona pesquera del sur-austral de Chile entre las latitudes 46° y 56° L.S., para lo cual se obtuvo muestras de las capturas comerciales durante los años 1996 y 1997. El desarrollo gonádico se efectuó mediante histología y examen macroscópico de los ovarios y la fecundidad parcial se efectuó a través del recuento de los ovocitos hidratados mediante la aplicación del método gravimétrico, previa observación de la ausencia de folículos postovulatorios. Se estimó la fecundidad total mediante el conteo de los ovocitos sobre 300 µm en ovarios en estados de madurez avanzada. La talla de madurez sexual se estimó a través del método de la función logística, durante la época de máxima madurez.

El examen microscópico, así como el macroscópico, señala que la merluza de cola presenta la modalidad de desovante de grupo sincrónico con un ciclo de maduración que se inicia en mayo alcanza su máximo en julio, seguido de un corto desove en agosto que puede extenderse hasta septiembre.

La fecundidad parcial alcanzó un promedio de 243.743 ± 155.557 ovocitos para ejemplares entre 770 g y 2700 g, mientras que la fecundidad relativa considerando la fecundidad parcial entregó un valor promedio de 188 ± 83 con rango de 65 a 363 ovocitos. El mejor ajuste para las relaciones peso total - fecundidad parcial, y largo total - fecundidad parcial lo presentó una regresión lineal.

La fecundidad total presentó rangos entre 82.496 y 2.108.730 ovocitos con una media de 444.798 ± 278.663 , para ejemplares entre 485 g y 4.300 g, mientras la fecundidad relativa considerando la fecundidad total entregó un promedio de 361 ± 111 ovocitos. El mejor ajuste para las relaciones peso total- fecundidad total y largo total-fecundidad total, lo entregó una regresión lineal.

La longitud total de primera madurez estimada mediante la función logística entregó una talla de 54,4 cm, la cual podría presentar algún tipo de variación dependiendo del mes y número de especímenes utilizados en su estimación.

Palabras clave: Macruronus, reproducción, fecundidad, Chile.

ABSTRACT

The study of the ovary maturation and fecundity on the haketail, *Macruronus magellanicus*, at the austral-southern coast of Chile (40° - 56° S.) was carried out. Fishery commercial samples obtained in 1996 and 1997 were used for analysis. The gonad maturation analysis was done by histological slides and macroscopic examination of the ovary; meanwhile, the partial fecundity was assessed by counting of hydrated oocytes with gravimetric method, after be sure that not postovulatory follicles were present in the gonad samples. Total fecundity was also assessed by counting of oocytes larger than 300 microns in full ripe stage of the ovary. The fish length at the first sexual maturity was determined from the logistic function during the peak of the spawning season.

The macroscopic and microscopic analysis indicated that haketail showed a model synchronic spawning with a maturation cycle starting at may (late fall), reaching the peak at july (early winter) and followed by a short spawning in august (middle winter) that can in some case last until september (late winter).

The partial fecundity reached an average of 243.743 ± 155.557 oocytes in fish between 770 and 2.700 g; meanwhile, the relative fecundity was 188 ± 83 with range of 65 y 363 oocytes considering the partial fecundity. The linear equation was the best fitted model for the relationship between total weight-partial fecundity and total length-partial fecundity.

The total fecundity ranged between 82.496 and 2.108.730 oocytes, with an average of 444.798 ± 278.663 in fishes between 485 and 4.300 g, meanwhile, the relative fecundity was 361 ± 111 oocytes considering the total fecundity. Also, the linear equation was the best fitted model for the relationship between total weight-total fecundity and total length-total fecundity.

The length of the first sexual maturity from the logistic function was estimated as 54,4 cm; however, this parameter could be modified according the month sampled and the sample size.

Key words: Macruronus, reproduction, fecundity, Chile.

INTRODUCCION

La merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) se distribuye en las costas del cono sur sudamericano entre los 33°00' S. en el O. Pacífico (Valparaíso, Chile) y los 37°00' S en el O. Atlántico (Arana, 1970; Avilés *et al.*, 1979). Esta especie junto a la merluza del sur (*Merluccius australis* Hutton, 1872), congrio dorado (*Genypterus blacodes* Schneider, 1801), merluza de tres aletas (*Micromesistius australis* Norman, 1937), cojino-ba del sur (*Seriolella caerulea* Guichenot, 1848), brótula (*Salilota australis* Gunther, 1878) y jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols, 1920) forma parte del conjunto de peces explotados por la pesquería sur-austral y en conjunto representan sobre el 90 % de las capturas (Aguayo *et al.*, 1987). La importancia de merluza de cola desde el punto de vista pesquero industrial es evidente por los volúmenes de desembarques en la última década, que alcanzaron a un total de 2.117.773 ton con un máximo en 1996 de 375.446 ton, ubicándola en el quinto lugar de los desembarques, detrás del jurel, anchoveta, sardina española y sardina común (SERNA-PESCA, 1998).

Desde el punto de vista biológico la capacidad de autopropagación de una población y por lo tanto la sustentación de una especie recurso sometida a explotación depende del proceso reproductivo, por lo que la disminución y posterior suspensión de este proceso, tiene como consecuencia inevitable el colapso de la población y la extinción de la especie. Por lo cual, el conocimiento de diversos aspectos reproductivos de una población, como el ciclo de desarrollo gonádico, madurez sexual, fecundidad, lugar y época de puesta, permiten estimar la magnitud y el potencial reproductivo de una

población, y deben formar parte fundamental de todo proceso de evaluación de un recurso pesquero.

En el caso particular de la merluza de cola, los escasos antecedentes disponibles sobre su reproducción dicen relación con observaciones macroscópicas del Índice Gonadosomático, la tendencia del cual indicaría un corto periodo de maduración y desove al final del invierno e inicio de primavera (Aguayo *et al.*, 1986; 1987; 1990). Siendo ésta una especie en actual explotación objeto de la pesquería industrial, es necesario contar con la información adecuada, sobre la base de un método directo como lo entrega el examen histológico que permita establecer con exactitud la época y extensión del desove, el tipo de desove, la talla de madurez sexual y tener una estimación del potencial reproductivo a través del conocimiento de su fecundidad, cuyos objetivos pretende el presente trabajo.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se efectuó sobre la base de muestreos mensuales realizados a bordo de embarcaciones industriales durante los meses de agosto y septiembre de 1996 y desde marzo a septiembre de 1997. A los ejemplares recolectados se les determinó su longitud total (± 1 cm), el peso total (± 5 g), el estado de madurez gonádico macroscópico, y se les extrajeron las gónadas, las cuales fueron pesadas y (± 1 g) guardadas en formalina al 10 %.

En el laboratorio, las gónadas nuevamente fueron pesadas ($\pm 0,01$ g), al ovario izquierdo se le extrajo una sección de la parte media, para ser sometida a cortes histológicos y del ovario derecho se extrajeron tres secciones de la parte anterior, media y posterior que fueron

guardadas en reactivo de Gilson, modificado por Simpson, para recuento de ovocitos. Cada una de estas secciones pesó entre 400 mg y 500 mg.

Los cortes histológicos fueron preparados de acuerdo a técnicas histológicas convencionales, siguiendo básicamente los procedimientos descritos por Di Fiore (1969) y por Oliva *et al.* (1986), confeccionando cortes de 10 μm que fueron teñidos con hematoxilina-eosina y montados en portaobjetos mediante Eukit.

Ciclo de maduración ovárica

El ciclo de madurez gonádica se estableció considerando los siguientes análisis:

Examen microscópico

Los estados de madurez histológica se establecieron de acuerdo a los estados y escala de madurez definidos por Wallace & Selman (1981) y Oliva *et al.* (1986), determinándose, para los ovarios de merluza de cola, los siguientes estadios: Inactivo, Previtelogénico, Vitelogénico, Maduro, Hidratado y Desovando (presencia de folículos postovulatorios). Además, se determinó el índice de atresia (IA), como el porcentaje de hembras en estado atrésico respecto al total de especímenes maduros, que indica el grado de relajamiento reproductivo (Herrera *et al.*, 1994).

Examen macroscópico

Las muestras mensuales de hembras de merluza de cola fueron clasificadas de acuerdo a los estados de madurez gonádica según la escala de madurez macroscópica para reproductores parciales de Holden & Rait (1975) que considera los siguientes estados: Estado I: Inmaduro; Estado II: virgen madurando o en recuperación; Estado III: madurando; Estado IV: maduro; Estado V: postpuesta.

Índice Gonadosomático

El Índice Gonadosomático (IGS), según Nikolsky (1963), relaciona el peso de la gónada y el peso del pez y representa una tendencia del estado de desarrollo de la gónada asociada al grado de madurez que experimenta el ovario o testículo en su ciclo reproductivo (DeVlaming *et al.*, 1982). En su cálculo no se incluyó los ejemplares con ovarios hidratados, pues el proceso de hidratación que es muy corto, representa sólo la incorporación de agua a los ovocitos.

Se calculó como:

$$\text{IGS} = \frac{P. \text{ gónada}}{P. \text{ pez-P. gónada}} * 100$$

Fecundidad

La estimación de la fecundidad parcial (Fp) en *M. magellanicus* se realizó mediante el método gravimétrico, consistente en estimar la cantidad de ovocitos hidratados, presente en tres submuestra extraídas de la parte anterior, media y posterior de la gónada, previo registro de sus pesos (mg). Se contabilizó el número de ovocitos hidratados en gónadas de especímenes antes de la ovulación seleccionadas mediante examen histológico, para detectar la existencia de desoves previos por la presencia de FPO, método que es más seguro para estimar el número de ovocitos desovados (Hunter & Goldberg, 1980). Además, debido a las características de maduración de los ovocitos y al tipo de desove que presenta la especie, se estimó la Fecundidad total (Ft) a través del recuento total de ovocitos mayores a 300 μm contenidos en los ovarios de ejemplares en estado vitelogénico avanzado y maduro. Finalmente, se determinó la Fecundidad relativa (fr) correspondiente al número de ovocitos maduros producidos por unidad de peso corporal (PC), restándole el peso de la gónada. Las gónadas utilizadas correspondieron a los ejemplares recolectados en los meses de agosto y septiembre de 1996. Tanto para la fecundidad parcial como para la fecundidad total se utilizó la expresión citada por Oliva *et al.* (1986):

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{H_i}{WS_i} \right\} * W_o$$

donde:

F = Fp o Ft, en N° de ovocitos hidratados o total por hembra.

H_i = N° de ovocitos de la submuestra i.

WS_i = peso de la submuestra i (g).

W_o = peso del ovario (g).

n = número de la submuestra.

Los valores de fecundidad parcial y total fueron relacionados con la longitud total (LT) de acuerdo a la expresión $F = a LT^b$, que indica una relación potencial entre la fecundidad y la longitud (Bagenal, 1973; Wooton, 1979); mientras que la relación entre fecundidad versus peso es cercana a la linealidad (Wooton, 1979) por lo cual se ajustó una función del tipo $F = a + b PT$.

Talla de madurez sexual

La estimación de la talla de primera madurez sexual, se realizó mediante la asignación de individuos maduros e inmaduros considerando

los estadios diagnósticos en forma macroscópica y microscópica del estado de madurez de las gónadas, respaldado por los valores del IGS. De esta forma se incluyeron como maduros a todos aquellos ejemplares con ovarios que presentaron ovocitos en maduración o con algún grado de formación de vitelo.

En la estimación de la talla de madurez sexual sólo se utilizaron los ejemplares obtenidos en el mes de julio de 1997, pues correspondió al período de plena madurez previo al desove y constituía el muestreo más numeroso y de mayor rango de talla. En la estimación se aplicó el criterio de L_{50} que corresponde a la longitud donde el 50% de las hembras se encuentran maduras, para lo cual se utilizaron los métodos i) Función Logística y ii) Función Lineal Predictiva Inversa.

Función Logística. La expresión que describe la curva de madurez según la función logística es:

$$P(l) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 + \beta_2 \cdot l)}}$$

donde:

$P(l)$ = proporción de individuos maduros a la longitud "l".

β_1 y β_2 = coeficientes de posición de la función logística (constantes).

Posteriormente el cálculo de la talla de la primera madurez deriva de la siguiente expresión que representa la talla a una proporción de madurez dada:

$$lp(l) = \frac{1}{\beta_2} \ln \left\{ \frac{1}{P} - 1 \right\} - \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

Donde los parámetros β_1 , β_2 fueron definidos previamente, P corresponde a la proporción de madurez y lp representa la longitud a una proporción de madurez dada (Hosmer & Lemeshow, 1989).

Con la expresión anterior es posible determinar la talla de primera madurez sexual utilizando para ello el criterio de que ésta corresponde a la longitud a la cual el 50% de la población alcanzado la madurez, con lo cual si asumimos entonces que $P = 0.5$, entonces la expresión anterior se simplifica y queda reducida a:

$$l_{50\%} = - \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

Finalmente el intervalo de confianza asintótico es obtenido utilizando el método Bootstrap percentil, a través de la técnica de simulación Monte Carlo incluida en el algoritmo MATSIM (Roa *et al*, *vide*, Roa & Tapia, 1998).

Función Lineal Predictiva Inversa. El modelo utiliza sólo la parte ascendente de la distribución de frecuencia de madurez por clase de talla (Hernández & Cordo, 1986) y su expresión es la siguiente:

$$X = C + D Y$$

donde:

X es la clase de talla, Y es el porcentaje de hembras maduras, C es la ordenada en el origen y D es la pendiente.

RESULTADOS

Se analizó un total de 751 ejemplares hembras de *M. magellanicus* durante los meses de agosto y septiembre de 1996 y entre marzo y septiembre de 1997, de los cuales 527 fueron objeto de examen microscópico (Tabla 1). El rango de tallas varió desde 35 a 116 cm de longitud total (LT).

Maduración ovárica

Examen microscópico

El análisis microscópico de los ovarios de *M. magellanicus* correspondiente a los meses de agosto y septiembre de 1996, muestra que en el último mes 77 % de las hembras se encontraban pronto a desovar (~~hidratados~~) ~~o en pleno desove, por la presencia de FPO nuevos~~. El proceso reproductivo del año 1997, indica que durante los meses de marzo y abril la merluza de cola se encuentra en reposo sexual por la presencia sólo de hembras con ovocitos en estado inactivos y previtelogénicos (Tabla 2). A partir de mayo se inicia el desarrollo gonádico con la presencia de un 55 % de ovarios en vitelogénesis. El proceso continúa en forma activa, alcanzado sobre el 80 % de hembras maduras en julio, seguido por un intenso y corto período de desove durante el mes de agosto con el 100 % de ejemplares en desove (FPO) (Tabla 2). En septiembre la actividad de desove continúa, pero en forma disminuida, donde se observa sólo un 35% de hembras en desove y un gran porcentaje (59 %) inactivas, señalando el pronto término del proceso de desove poblacional.

En los períodos de desove de agosto-septiembre de ambos años, se detectó que simultáneamente con la presencia de FPO se presentó un elevado porcentaje de atresia, cuyo índice al-

Tabla 1. Meses de muestreos, talla promedio, rango de talla y números de hembras de merluza de cola.

Tabla 1. Monthly sample, average length, length range and number of female of haketail.

Análisis macroscópico					Análisis microscópico			
meses	L. total	d.e.	rango	Nº	L. total	d.e.	rango	Nº
1996								
agosto	76,1	9,5	56-110	69	76,0	9,5	56-110	67
septiembre	77,2	7,9	61-97	39	77,	7,9	61-97	39
1997								
marzo	52,6	20,4	35-90	22	59,0	20,5	40-90	16
abril	57,6	26,1	36-116	90	59,9	25,7	40-109	55
mayo	70,3	16,1	40-110	158	70,1	15,8	40-110	98
junio	75,7	11,9	42-97	59	75,4	11,9	42-97	58
julio	68,7	12,3	40-110	249	67,7	13,6	40-97	130
agosto	73,2	6,3	57-98	30	73,2	6,3	57-98	30
septiembre	68,6	15,4	46-98	35	68,6	15,4	46-98	34

canzó el 79 % y 60% en agosto y septiembre de 1996, respectivamente. En los mismo meses de 1997, el índice de atresia aumentó sobre el 80% llamando la atención que la gran mayoría de los ovarios en desove, sólo presentaban FPO y folículos atrésicos junto a ovocitos inactivos, dando la impresión de un desove total. Estas observaciones junto al hecho que siempre se detectó un grupo restringido de tamaños de ovocitos en desarrollo en los ovarios, permite postular que la merluza de cola es un desovante de grupo sincrónico con uno o dos grupos de ovocitos en desarrollo y un período de desove muy corto.

La presencia de un gran porcentaje de hembras en estadios vitelogénico, maduros e hidratados durante agosto y septiembre de 1996, señala que el término del proceso reproductivo pudo extenderse hasta octubre de ese año; lo que es diferente a lo encontrado en 1997

donde en tales meses se detectó sobre el 94 % de los ejemplares en proceso de desove e inactivos, asociados a un alto índice de atresia indicando el término del proceso reproductivo.

Examen de madurez macroscópica

El examen de la frecuencia de los estadios macroscópicos de los ovarios en merluza de cola, muestra que en agosto de 1996, la gran mayoría se encontró en estado de maduración (E3) y una pequeña fracción de maduros (E4), observándose un mayor avance del proceso reproductivo en septiembre con un aumento notable de la fracción maduros y presencia de especímenes en postdesove (Tabla 3).

En marzo y abril del año 1997, se observa que sobre el 90 % de los ejemplares examinados se encuentran inmaduros o en reposo gonádico (E1), con un bajo porcentaje en inicio de madu-

Tabla 2. Frecuencia porcentual de los estados de madurez microscópicos e índice de atresia (I.A.) para merluza de cola.

Tabla 2. Percentage of the microscopic stages of maturity and atresic index (I.A.) for haketail.

meses	inactivo	previtel	vitelog	maduro	hidrata	FP	I.A.	Nº
1996								
agosto			49,3	38,8	7,5	8,1	79,1	67
septiembre			5,1	17,9	48,7	28,2	59,0	39
1997								
marzo	81,3	18,8						16
abril	78,2	21,8						55
mayo	28,6	16,3	55,1					98
junio	13,8	5,2	81,0					58
julio	25,4	7,7	16,9	50,0			10,0	130
agosto						100	80,0	30
septiembre	58,8		2,9	2,9		35,3	85,7	34

Tabla 3. Frecuencia porcentual de estados de madurez macroscópicos determinados en merluza de cola.

Tabla 3. Percentage of the macroscopic stages of maturity for haketail.

Meses	Estado 1	Estado 2	Estado 3	Estado 4	Estado 5	Rango	N°
1996							
agosto			92,5	7,5		56-110	69
septiembre			41,0	56,4	2,6	61-97	39
1997							
marzo	72,7	27,3				35-90	22
abril	73,3	20,0	6,7			36-116	90
mayo	7,0	31,8	58,6	2,5		40-110	158
junio	1,7	28,8	45,8	23,7		42-97	59
julio		31,7	68,3			45-110	249
agosto				3,3	96,7	57-98	30
septiembre		34,3	5,7	5,7	54,3	46-98	35

ración (E2). Durante mayo se produce un aumento de desarrollo gonádico, lo que se traduce en la aparición de hembras maduras y un aumento sustancial del estadio madurando. En junio el proceso de maduración continúa con un aumento del estadio maduro, para culminar en agosto donde sobre el 95 % se encuentra en pleno desove, a continuación en septiembre se observa un proceso de recuperación con la aparición de un buen porcentaje de hembras en estadios 2 y una disminución de los estados 5 (Tabla 3), indicando el término cercano del ciclo reproductivo de la merluza de cola.

Índice Gonadosomático

El examen del IGS muestra en forma marcada la tendencia del proceso de maduración que experimentan las gónadas en el transcurso de los meses, se observan los valores más altos en septiembre de 1996, lo que estaría indicando el máximo valor previo al desove (Tabla 4). Durante 1997, en marzo se observan valores promedios más bajos del IGS, el cual aumenta lentamente en los meses de abril y mayo, para en junio alcanzar un valor relativamente alto (2,8),

señalando claramente el período de desarrollo gonádico con el correspondiente aumento de peso y volumen de los ovarios. El proceso de maduración continúa hasta alcanzar su madurez máxima en julio (1997), para iniciar el proceso de desove, lo que se traduce en una disminución brusca de los valores del IGS promedio en agosto y septiembre (Tabla 4). Cabe señalar también que el IGS muestra con claridad lo determinado a través del análisis microscópico donde los valores de IGS son muy superiores durante agosto y septiembre de 1996 en relación a 1997, lo que además está asociado a la presencia de ovarios hidratados en 1996.

Fecundidad

La estimación de la fecundidad parcial (Fp) en *M. magellanicus* se realizó en 25 ejemplares que presentaron ovarios es estado hidratado lo que permitió una adecuada separación de la tanda o fracción de ovocitos a ser desovados.

La fecundidad parcial estimada para *M. magellanicus* fluctuó entre 49.309 y 622.220 ovocitos para ejemplares entre 770 y 2700 g, respec-

Tabla 4. Promedios mensuales de IGS, desviación estandar y número de hembras examinadas de merluza de cola.

Tabla 4. Monthly average of GSI, standard deviation and number of haketail female sampled.

Meses	Año	IGS	Desv. est.	N° muestras
Agosto	1996	8,30	3,10	61
septiembre	" "	12,10	4,20	13
Marzo	1997	0,55	0,39	22
Abril	" "	0,64	0,42	89
Mayo	" "	1,31	0,91	158
Junio	" "	2,76	1,66	59
Julio	" "	5,43	5,04	248
Agosto	" "	2,49	1,64	30
septiembre	" "	1,60	1,55	35

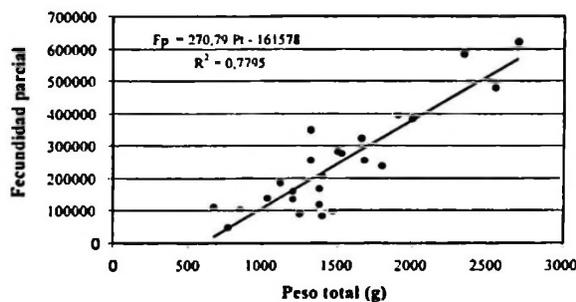


Figura 1. Relación peso total - fecundidad parcial estimada en *M. magellanicus*.

Figure 1. Relationship between total weight-partial fecundity estimated in *M. magellanicus*.

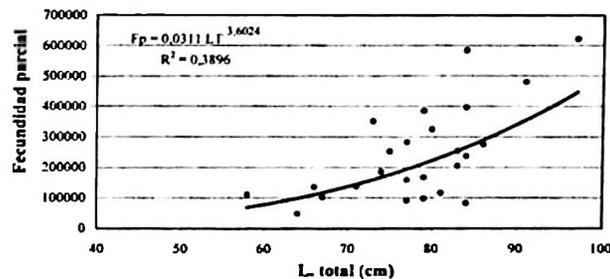


Figura 2. Relación longitud total - fecundidad parcial estimada en *M. magellanicus*.

Figure 2. Relationship between total length - partial fecundity estimated in *M. magellanicus*.

tivamente con un promedio de 243.743 ± 155.557 . Las relaciones entre la fecundidad parcial versus el peso gónada, peso total y peso corporal ajustadas mediante una función lineal entregó valores de R^2 entre 0,914 y 0,589 con un alto nivel de significancia ($p > 0,0001$) (Tabla 5, Fig. 1). En cambio, la relación entre fecundidad parcial y largo total ajustada a través de una ecuación potencial entregó un R^2 de 0,423 con un alto nivel de significancia ($p > 0,001$) (Tabla 5, Fig. 2)

La fecundidad total (Ft) se determinó a través del registro del total de ovocitos contenidos en los ovarios de 72 especímenes en estado vitelogénico avanzado y maduros, obtenidos durante los meses de agosto y septiembre de 1996.

La fecundidad total determinada en merluza de cola presentó rangos entre 82.496 y 2.108.730 ovocitos con una media de $444.798 \pm$

278.663, para ejemplares entre 485 y 4.300 g y tallas entre 56 y 110 cm, respectivamente. Las relaciones entre la fecundidad total versus el peso total y el peso corporal ajustadas mediante una función lineal entregaron valores de R^2 entre 0,84 y 0,64 con un grado alto de significancia ($p > 0,001$) (Tabla 5, Fig. 3); mientras la relación entre la fecundidad total y el largo total ajustada a una ecuación potencial entregó un R^2 de 0,51 con un grado alto de significancia ($p > 0,001$) (Tabla 5, Fig. 4).

La fecundidad relativa estimada, referida a la fecundidad parcial, entregó un promedio de 188 ± 83 , en un rango de 65 y 363 ovocitos por peso corporal de hembra; mientras que la fecundidad relativa considerando la fecundidad total fluctuó entre 148 y 614 ovocitos con un promedio de 364 ± 106 por gramo de peso corporal.

Tabla 5. Parámetros de las regresiones determinadas para las relaciones entre peso pez, peso gónada versus fecundidad parcial y total en merluza de cola.

Tabla 5. Parameters of the regressions determined for the relationships between body and ovary weights against partial and total fecundity in haketail.

Regresión	"a"	"b"	R2	Relación
Fecundidad parcial				
$Fp = a + b Pg$	15231	880,120	0,914	lineal
$Fp = a + b PT$	-161578	270,790	0,780	lineal
$Fp = a + b PC$	-152407	320,210	0,589	lineal
$Fp = a * LT b$	0,0311	3,6024	0,423	potencial
Fecundidad total				
$Ft = a * Pg b$	18417	0,4375	0,640	potencial
$Ft = a + b PT$	-193202	477,910	0,838	lineal
$Ft = a + b PC$	-194614	539,020	0,788	lineal
$Ft = a * LT b$	0,2867	3,2646	0,508	potencial

Talla de madurez sexual

La estimación de la talla de primera madurez sexual por el método de la función logística entrega una talla de 54,4 cm de longitud total al 50 % de hembras maduras para merluza de cola (Fig. 5), cuya función es:

$$P_{(l)} = \frac{1}{1 + e^{(5.757 - 0.106 \cdot l)}}$$

En cambio, el método lineal predictivo inverso determina una longitud de $L_{50} = 55,8$ cm, cuya función ajustada es $LT = 20,305 Y + 45,610$. La leve diferencia encontrada entre ambos ajustes seguramente es debida al tipo de función utilizada, presentando una mejor bondad de ajuste la función logística. Sin embargo, la presencia de todos los especímenes de merluza de cola en estado maduros a partir de la talla de 56 cm, registrados durante los meses de agosto y septiembre de 1996, podría sugerir una talla mayor de madurez. No obstante, durante julio de 1997 el ejemplar inactivo más grande registró 71 cm, en tanto que el espécimen maduro más pequeño fue de 45 cm.

DISCUSION

El ciclo reproductivo de *M. magellanicus* en la zona de la pesquería sur-austral, muestra un período bien definido de maduración que se inicia en mayo, alcanza su madurez plena en julio, para culminar con un período de desove corto durante los meses de agosto y septiembre. Estos resultados basados en la histología gonádica son concordantes tanto con el examen macroscópico como con el comportamiento del IGS, para igual período de estudio y a la vez

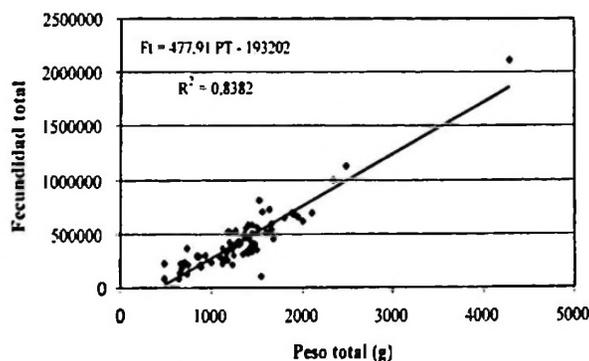


Figura 3. Relación peso total - fecundidad total estimada en *M. magellanicus*.

Figure 3. Relationship between total weight-total fecundity estimated in *M. magellanicus*.

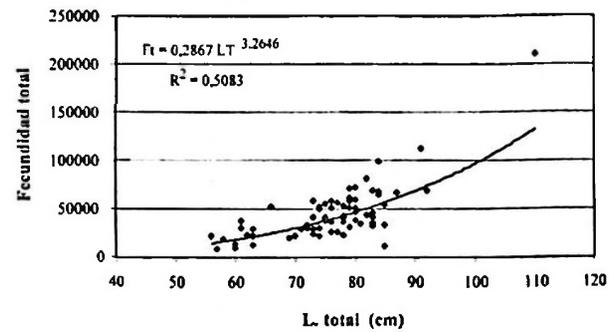


Figura 4. Relación longitud total - fecundidad total estimada para *M. magellanicus*.

Figure 4. Relationship between total length - total fecundity estimated in *M. magellanicus*.

son coincidentes con los datos publicados por Aguayo *et al.* (1987, 1990), para la especie en la misma zona de estudio. Registros previos para las mismas latitudes, indican que la merluza de cola se encuentra en reposo ovárico desde febrero a abril y entre noviembre y diciembre y que desovaría en el área norte de su distribución en el O. Pacífico a fines de invierno e inicios de primavera (Avilés *et al.*, 1979). Época semejante señalan Torno & Tomo (1980) para *M. magellanicus* de las costas atlánticas argentinas entre los 46° y 56° L.S.

La puesta durante invierno no es típico de gadoideos (Breder & Rosen, *vide* Gunn *et al.* 1989), pero también a sido reportado para otra especie congénica, *M. novaezelandiae* de las costas de Nueva Zelanda (Kuo & Tanaka, 1984; Gunn *et al.*, 1989). Para la misma especie Kuo & Tanaka (1984) en aguas alrededor de Nueva Zelanda establecen una época de desove corta desde julio a septiembre (invierno-primavera). En cambio, Gunn *et al.* (1989) informa para esta

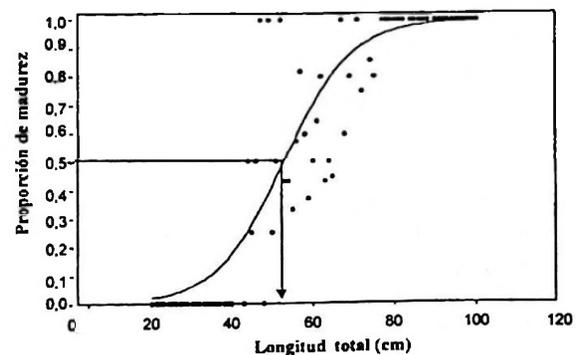


Figura 5. Talla de primera madurez sexual estimada mediante función logística, para merluza de cola ($L_{50} = 54,4$ cm).

Figure 5. Length of sexual maturity estimated for logistic function for haketail ($L_{50} = 54,4$ cm).

especie de un período reproductivo más extenso, mediados de mayo a inicios de octubre en el año 1984 y de un período más corto de desove, entre junio a agosto durante 1995, para la zona de Australia y Tasmania (41°- 44° L.S.), lo cual estaría señalando una época semejante de desove para ambas especies de *Macruronus*, presente en la costa sudamericana y neozelandesa.

La presencia de una moda amplia que crece en forma sincrónica durante el proceso de maduración, junto a la existencia de ovocitos inactivos durante todo el período de desarrollo permite señalar para esta especie un desove de tipo grupo sincrónico. Al respecto Gunn *et al.* (1989) señalan que la data de frecuencia de tamaños de ovocitos para los estados de maduración (II, III y IV) en *M. novaezalandiae* indican que la hembra desarrolla una sola tanda o grupo de ovocitos en cada estación, proceso asociado normalmente con isocronía o desove total. Este tipo de desove podría esperarse en especies adaptadas a un habitat de altas latitudes, donde la oferta ambiental y condiciones abióticas son favorables durante un corto período asociado a la época estival (Cushing, 1980).

La marcada diferencia de los promedios de IGS entre agosto y septiembre de 1996 y 1997, están relacionados a la presencia de un grupo importante de hembras con ovocitos vitelogénicos y maduros en 1996, lo que no sucedió el año siguiente, donde agosto fue la época final de desove con el 100 % de hembras totalmente desovadas y el 80 % con atresia total, correspondiendo el mes de septiembre a un proceso de recuperación con un 60 % de hembras en estado inactivo y sólo un 35 % en desove y atresia total, lo que señala con toda probabilidad que en 1997 el proceso de maduración y desove fue corto, respecto a 1996. Hecho similar informa Gunn *et al.* (1989) para el hoki de Nueva Zelanda entre los años 1984 y 1985, indicando que en 1984 el período reproductivo se extendió desde mediados de mayo hasta inicios de octubre y en 1985 desde mediados de junio a mitad de septiembre, lo que relacionan con diferencias significativas en la hidrografía de las aguas costeras fuera del sureste de Australia caracterizado por temperaturas más altas durante 1985 (> 4°C), respecto a 1984.

Las relaciones entre el peso gónada versus la fecundidad parcial, el peso total versus la fecundidad parcial y el peso corporal versus la fecundidad parcial mostró que el mejor ajuste es de tipo lineal con coeficientes de correlación altamente significativos ($p > 0,001$), lo que estaría

relacionado con el tipo de desove sincrónico de la merluza de cola. Además, la modalidad de desove determinada y las estimaciones de fecundidad total, permite indicar que la especie citada presenta un período corto de desove, proceso que lo efectuaría en dos tandas. Por otro lado, los valores obtenidos del exponente b cercano a 3 para la relación entre la fecundidad y la longitud total indicaría que la fecundidad aumentaría al cubo de la longitud; sin embargo, Wootton (1979) en un examen de 62 especies encuentra que el valor de b fluctúa entre aproximadamente 1 a 7 y presenta una moda entre 3,25 y 3,75, con valores superiores en las especies marinas y en aquellas de vida más larga.

Gunn *et al.* (1989) entrega estimaciones de fecundidad para *M. novaezalandiae* de 321.000 ovocitos para hembras de 81 cm y 2,0 kg de peso y de 1.592.000 ovocitos para ejemplares de 3,7 kg y 92 cm (fecundidad media de 994.000, para $n=5$). Dichos valores aunque puntuales, se asemejan a los estimados en el presente trabajo mediante la relación Ft-PT que entrega para un ejemplar de 3.700 g una fecundidad de 1.575.065. En cambio, la misma función entrega una valor de 762.618 ovocitos para un individuo de 2.000 g, valor muy superior al encontrado por dichos autores.

En Chile, sólo existen antecedentes sobre fecundidad de Gadiformes para *Merluccius gayi* la que presenta una modalidad de desove parcial y un período más extenso de desove, desde julio a noviembre (Balbontín & Fisher, 1981). Los valores de fecundidad absoluta estimados por estos autores, para merluza común del área de pesca Golfo de Arauco fluctúan entre 150.585 y 1.501.417 ovocitos para hembras de 500 y 4.300 g, respectivamente, frente a fecundidades entre 45.783 y 1.861.811 para hembras de *M. magellanicus* de iguales pesos. Sin embargo, la fecundidad relativa es muy semejante en ambas especies, donde merluza común tiene un promedio de 322 ovocitos por g de peso corporal, para hembras entre 300 y 5.100 g, mientras que merluza de cola presenta una media de 364 ovocitos, para ejemplares entre 480 y 4.300 g.

Hoar (1969), informa para muchas especies de peces la degradación de ovocitos intraováricos antes y después del desove, fenómeno que también se ha detectado durante este trabajo en *M. magellanicus*, pero con gran incidencia al término del proceso reproductivo. La función de reabsorción de ovocitos residuales es reciclar material para ser utilizado como fuente energética, aunque también se ha indicado un papel

hormonal del folículo atrésico (Hoar, 1969). En *Engraulis mordax* se ha informado que el porcentaje de atresia aumenta posterior al pico de desove y es máxima al término de él (Hunter & Macewicz, 1980; Hunter & Macewicz, 1985), comportamiento que también se ha presentado en merluza de cola, donde el término de la estación de puesta está marcada con un I.A del 86 %. De esta forma puede resultar una sobrestimación de la fecundidad si un número grande de ovocitos son reabsorvidos al final de la estación de desove (Macer, 1974), como podría ser el presente caso, hecho que habría que considerar en futuros estudios de merluza de cola.

La talla de primera madurez estimada en 54,4 cm, podría estar limitada por la cantidad de muestras en relación al amplio rango de talla que presenta merluza de cola y posiblemente al mes (julio) en que se hizo la estimación. Sin embargo, llama la atención que durante agosto y septiembre, período de desove de 1996, donde el rango de talla estuvo entre 56 cm y 110 cm, todas las hembras de merluza de cola se encontraron maduras, lo que no aconteció en el período de desove 1997, donde el ejemplar más pequeño maduro correspondió a 45 cm y el mayor inmaduro fue de 71 cm, factores que habría que considerar en futuras estimaciones de talla de madurez para la especie. Esta talla de primera madurez es muy cercana a la informada por Avilés *et al.* (1979) que señala hembras en actividad reproductiva de 55 cm y 63 cm.

Kuo & Tanaka (1984) estiman para hembras de *M. novaezelandiae* del mar de Tasmania, tallas de madurez de 55 cm en el área este, 68 cm para el noroeste y 64 cm para la región sur. Estos autores señalan que dichas tallas corresponderían a 4,3, 5,5 y 4,9 años, respectivamente para hembras de las respectivas localidades, por lo cual ambas especies presentan una talla de madurez muy cercana, la cual fluctuaría dentro de ciertos rangos de acuerdo a condiciones oceanográficas particulares.

De acuerdo a la determinación de edad sobre merluza de cola entregada por Aguayo & Gili, (1984), las hembras de esta especie alcanzarían la talla de madurez a la edad de 4 años, longitud muy semejante a la citada para el hoki en el área este de Tasmania (Kuo & Tanaka, 1984), grupo de edad que en el año 1982 representó el 19,2 % de las capturas en la pesquería sur-austral de Chile y cuya presencia disminuyó a 6,1 % el año 1986 (Aguayo *et al.*, 1987), hecho que tendría que ser considerado por su importancia en la tasa de renovación del recurso.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis agradecimientos al Fondo de Investigación Pesquera en la persona de su Secretaria Ejecutiva, que han autorizado la utilización parcial de los datos y antecedentes sobre reproducción obtenidos en el proyecto FIP 96-37 "Análisis de la Pesquería de la Merluza de Cola en la Zona Sur-Austral", para la elaboración del presente trabajo. También hago extensivos mis agradecimientos al Instituto de Fomento Pesquero por haber subcontratado nuestros servicios para desarrollar el objetivo sobre biología reproductiva de esta especie. Además, me es grato expresar mi reconocimiento al Licenciado Nelson Cortés M. por su colaboración en la estimación de la talla de primera madurez sexual mediante la aplicación de la función logística.

LITERATURA CITADA

- AGUAYO, M. & R. GILI. 1984. Edad y Crecimiento de Merluza de Cola (*Macruronus magellanicus*, Lonnberg) (Gadiformes-Gadidae). Investigación Pesquera, 31:47-57.
- AGUAYO, M., Z. YOUNG, R. BUSTOS, V. OJEDA, T. PEÑAILILLO, R. GILI, C. VERA & H. ROBOT-HAM. 1986. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur-austral. 1985. Estado de situación del recurso. Instituto de Fomento Pesquero AP 86/55. 143 p.
- AGUAYO, M., Z. YOUNG, R. BUSTOS, T. PEÑAILILLO, V. OJEDA, C. VERA, H. HIDALGO & I. CÉSPEDES. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur-austral. 1986. Estado de situación del recurso. Instituto de Fomento Pesquero AP 87/3, 209 p.
- AGUAYO, M., I. PAYA, R. BUSTOS, V. OJEDA, R. GILI, C. VERA, I. CÉSPEDES & L. CID. 1990. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur-austral. 1988. Estado de situación del recurso. Instituto de Fomento Pesquero AP 89/17a, 161 p.
- ARANA, P. 1970. Nota sobre la presencia de ejemplares de merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lonnberg) frente a la costa de Valparaíso. Investigaciones Marinas, 1 (3):50-60.
- AVILÉS, S., M. AGUAYO, F. INOSTROZA & J. CAÑÓN. 1979. Merluza de cola, En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Peces. CORFO/IFOP, AP79-18.
- BALBONTÍN, F. & W. FISCHER. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. Revista de Biología Marina, Valparaíso 17(3): 285-334.
- BAGENAL, T. B. 1973. Fish fecundity and its relations with stock and recruitment. Rapp. P.V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer 164: 186-198.
- CUSHING, D.H. 1980. Marine Ecology and Fisheries.

- Cambridge University Press. 277 pp.
- DE VLAMING, V., G. GROSSMAN & F. CHAPMAN. 1982. On the use of Gonosomatic Index. Comparative Biochemistry and Physiology, 73 A(1):31-39.
- DI FIORE, M. 1969. Diagnóstico Histológico. Edit. El Ateneo, B. Aires. Tomo 1, 612 p.
- GUNN J.S, B.D.BRUCE, D.M.FURLANE, R.E. THRESHER & S.J. BLABER. 1989. Timing and Location of Spawning of Blue Grenadier *Macruronus novaezelandiae* (Teleostei: Merlucciidae), in Australian Coastal Waters. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 40: 97-112.
- HERNANDEZ, J. & H. CORDO. 1986. Metodología aplicada a la estimación de primera madurez sexual de la pescadilla de red y la pescadilla real. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, 1 (1):230-232.
- HERRERA G., G. CLARAMUNT & P. PIZARRO. 1994 Dinámica ovárica de la sardina española (*Sardinops sagax*) del Norte de Chile, periodo abril 1992-marzo 1993. Análisis por estrato de talla. Revista de Biología Marina, Valparaíso, 29(2):147-166.
- HOAR, W.S. 1969. Reproduction. En: W.Hoar & D. Randall (ed.) Fish Physiology, vol. 3: 1-72. Academic Press, N, York
- HOLDEN, M. J. & D. F. RAITT. 1975. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2: Métodos para Investigar los Recursos y su Aplicación. Doc. Tec. FAO. Pesca (115), Rev.1, 211 p.
- HOSMER, D.W.& S. LEMESHOWS. 1989. Applied logistic regression. John Wiley and Sons, New. York.
- HUNTER, J. R. & S. R. GOLDBERG. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin, 77 (3): 641-652.
- HUNTER, J. R. & J. B. MACEWIZ. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency, and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. Calif.Coop.Oceanic fish Invest. Rep., 21:139-149.
- HUNTER, J. R. & B. J. MACEWICZ. 1985. Rates of atresia in ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin, U.S., 83(2):119-136.
- KUO, C. & S. TANAKA. 1984. Maturation and spawning of the hoki, *Macruronus novaezelandiae* (Hector) in water around New Zealand. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 50 (3): 397-402.
- MACER, C.T. 1974. The reproductive biology of the horse mackerel *Trachurus trachurus* (L.) in the North Sea and English Channel. Journal Fish Biology, 6: 415-438.
- NIKOLSKY, G. V. 1963. The Ecology of Fishes. Academic Press, London. 352 pp.
- OLIVA, J., W. CARVAJAL & A. TRESIERRA. 1986. Biología reproductiva e Histología de gónadas en peces. Depto. Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. 151 pp.
- ROA R. & F. TAPIA. 1998. Spatial differences in growth and sexual maturity between branches of a large population of the squat lobster *Pleuroncodes monodon*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 167: 185-196.
- SERNAPESCA. 1998. Anuario Estadístico de Pesca 1998. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, 286 p.
- TORNO, A. & A. TOMO. 1980. Nuevos aportes al conocimiento de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) del mar Argentino. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" Zoología 12 (14):177-187.
- WALLACE, R. & K. SELMAN. 1981. Cellular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleosts. American Zoology, 21:325-343.
- WOOTTON, R. J. 1979. Energy Costs of Egg Production and Environmental Determinants of Fecundity in Teleost Fishes. Symp. Zool. Soc. Lond., 44:

