

CICLO SEXUAL Y FECUNDIDAD DE LA MERLUZA, *MERLUCCIUS GAYI GAYI*, EN LA COSTA DE CHILE.

Fernando Balbontín* y Walter Fischer**

ABSTRACT. Monthly samples of Chilean hake, *Merluccius gayi gayi*, were taken during a year from the landings at three fishing ports. A total number of 3,162 females were studied.

The occurrence of partial spawning during the sexual cycle of the fish led to the elaboration of a new maturity scale that takes in consideration this stage. It was estimated that the oocytes are shed in three or four batches during the spawning season.

In the three sampling areas spawning was detected throughout the year, with a peak from July to November in the north, and from August to November in the central and southern areas. Differences in the size at first maturity were also found among the three sampling areas.

Fecundity was correlated with body weight and total length of fish. In one of the sampling areas the regression line of fecundity on body weight was significantly different from the other two areas. The spawning power of different size groups of fish was compared. It was estimated that about 5% of the yolked oocytes are not spawned and are resorbed in the ovary.

INTRODUCCION

La complejidad del proceso reproductivo de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, se hace evidente al observar las discrepancias en algunos de los estudios efectuados, en especial en lo referente a la época de desove (Delfin 1903, Poulsen 1952, De Buen 1958, Sánchez 1959, Miranda 1966). Estas diferencias pueden explicarse en parte debido al carácter migratorio de la especie (Villegas y Saetersdal 1968) y a la existencia de un desove parcelado (Fischer y Balbontín 1970). Por otra parte, la merluza tiene una amplia distribución latitudinal (Martínez 1976), encontrándose desde Antofagasta

* Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso. Casilla 13-D, Viña del Mar, Chile.

** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

(23°38') al Canal Cheap (47°08'). Se presenta como recurso explotable desde Coquimbo a Chiloé (Avilés 1977).

De acuerdo a los antecedentes señalados, se vio la necesidad de estudiar simultáneamente la merluza en diferentes localidades de la costa de Chile y durante doce meses consecutivos. Los objetivos del presente trabajo son describir el ciclo de maduración ovárica, determinar la época y tipo de desove, calcular la longitud total correspondiente a la primera madurez sexual y determinar la fecundidad.

MATERIAL Y METODOS

Muestreo

Las hembras de merluza analizadas se obtuvieron de los desembarques en los puertos de Coquimbo, San Antonio y San Vicente de los buques de pesca comercial por arrastre. El período muestreado mensualmente comprendió desde mayo 1965 a abril 1966, siendo la muestra tomada, en lo posible, entre los días 5 y 25 de cada mes. Por otra parte, sólo se consideraron las merluzas provenientes de un área de pesca que no excedió las 150 millas desde el puerto de muestreo.

Se realizó un muestreo al azar estratificado de acuerdo a la longitud total de los peces. Para este fin, la longitud se aproximó al medio centímetro y se crearon los siguientes grupos artificiales de longitud total (LT):

- I. Hasta 24,5 cm
- II. Desde 25,0 hasta 29,5 cm
- III. Desde 30,0 hasta 34,5 cm
- IV. Desde 35,0 hasta 39,5 cm
- V. Desde 40,0 hasta 44,5 cm
- VI. Desde 45,0 hasta 49,5 cm
- VII. Desde 50,0 hasta 54,5 cm
- VIII. Desde 55,0 hasta 59,5 cm
- IX. Desde 60,0 hasta 64,5 cm
- X. Desde 65,0 y mayores.

En la medida que el material desembarcado lo permitió, se muestrearon 10 ejemplares de cada grupo de longitud. El número total de ejemplares analizados fue de 1087 en Coquimbo, 1050 en San Antonio y 1025 en San Vicente. De cada ejemplar se extrajeron las gónadas y se anotó en fresco la longitud total, el peso del cuerpo

sin el contenido estomacal y el estado de madurez sexual de acuerdo a una escala macroscópica de apreciación (ver resultados).

Además de la determinación de los estados de madurez sexual mediante el examen visual de las gónadas, se calculó el índice gonosomático (IGP) y el índice gonádico (IGL) para cada ejemplar de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$\text{IGP} = \frac{\text{Peso gónadas}}{\text{Peso corporal}} \times 100$$

$$\text{IGL} = \frac{\text{Peso gónadas}}{\text{Longitud total}^3} \times 10^7$$

Procesamiento de las gónadas

De cada par de ovarios, uno se fijó en líquido de Gilson modificado por Simpson (1951) y el otro en formol 10%. El ovario fijado en Gilson se empleó para estimar la distribución de tamaños y el número total de oocitos presentes en la gónada. El ovario en formol se usó para la detección de oocitos en proceso de reabsorción que pueden servir como indicadores de un desove previo o para realizar otras observaciones cualitativas sobre el estado de madurez de la gónada. El ovario izquierdo o el derecho fueron elegidos al azar para ser preservado en cualquiera de los dos fijadores. El análisis cuantitativo de un solo ovario se basa en el supuesto de que la distribución de tamaños como también el número total de oocitos por gramo de ovario es igual en ambos ovarios del mismo pez.

Ambos ovarios se pesaron en una balanza de precisión hasta el decígramo más cercano. Como resultado de la fijación, una reducción en el peso de 9% en relación al peso fresco se calculó para las muestras fijadas en líquido de Gilson y consecuentemente, un factor de corrección se aplicó a los datos de peso del material fijado en Gilson. Después de un período de almacenamiento que varió entre una semana y dos meses, a los ovarios fijados en Gilson se les retiró mediante disección la membrana ovárica y parte del tejido conectivo. La limpieza del ovario para liberar completamente los oocitos se realizó colocando la masa de oocitos en un set de dos tamices, el superior de 920 μm de abertura de malla y el inferior de 120 μm , utilizando finalmente un chorro de agua para arrastrar los trozos remanentes de tejido ovárico. La muestra limpia se almacenó en formol 10% para su submuestreo posterior.

Contaje y medición de los oocitos

La determinación del número y tamaño de los oocitos presentes en el ovario se realizó con un instrumental especialmente diseñado para este fin (Fischer y Balbontín 1970). El número de oocitos se determinó con un aparato submuestreador consistente en una vasija giratoria inserta en un eje que rota mediante un motor eléctrico. El fondo de la vasija está dividido en cámaras de igual tamaño. La muestra total de oocitos liberados se agregó a la vasija cuando estaba girando y llena hasta la mitad de agua. Una vez detenida la vasija, se produjo la sedimentación de oocitos en las cámaras. A continuación, el contenido de una o más cámaras se extrajo con una pipeta o con un sifón para su contaje.

La medición de los oocitos presente en la submuestra obtenida se realizó con un aparato selector de tamaños diseñado para separar los diferentes diámetros de oocitos mediante dos sets compuestos de 9 tamices. La diferencia de tamaño de la abertura de la malla de un tamiz en relación al tamiz siguiente es de 100 μm , abarcando todo el set desde 920 hasta 120 μm . El sistema funciona bajo agua y con agitación mecánica que permite la separación por tamaño de los oocitos de acuerdo al tamiz en que quedan retenidos.

Para calcular el número total de oocitos contenido en el ovario examinado, el número de oocitos contados en los tamices del aparato clasificador de tamaños se multiplicó por la fracción del ovario que se obtuvo en el aparato submuestreador. El número total de oocitos en la gónada se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ total de oocitos} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de oocitos en el ovario examinado} \times \text{Peso total de ambos ovarios}}{\text{Peso ovario examinado}}$$

RESULTADOS

Ciclo de maduración ovárica y tipo de desove

Uno de los aspectos de mayor trascendencia en el ciclo ovárico de la merluza es la existencia de un desove parcial o fraccionado. Vale decir, el total de los oocitos maduros producidos por cada hembra son expulsados por grupos o modas sucesivas durante la temporada de desove. Este tipo de desove se determinó al detectarse en ovarios en maduración la presencia de un reducido número de

ocitos maduros en proceso de reabsorción incipiente que corresponden a un desove reciente efectuado en la misma temporada de puesta y que quedaron retenidos en el interior del ovario. Estos ocitos se caracterizan por poseer gota oleosa, paredes algo colapsadas y vitelo opaco o disgregado. Al mismo tiempo, la presencia en el ovario de modas sucesivas de tamaños de ocitos en vitelogénesis, en un amplio rango de diámetros (fig. 1), ha sido considerado como otro indicador de un desove parcial (Hickling y Rutenberg 1936).

Tomando en cuenta el tipo de desove, en el ciclo gonadal de la merluza se distinguieron 6 estados de madurez sexual (EMS) basados en fases naturales definibles del desarrollo, numeradas del I al V, más el EMS IIIa. En el esquema de la fig. 2 se muestra el curso que sigue el ciclo ovárico.

Los EMS I y II corresponden a ejemplares inmaduros presentándose el EMS I sólo en ejemplares virginales, de tamaño por lo general menor de 24 cm LT. Los EMS III y IIIa agrupan a los ejemplares con ovarios en maduración, donde el IIIa es un ovario que, habiendo alcanzado la completa madurez gonadal (EMS IV), ha expulsado una fracción del total de ocitos presentes en el ovario y regresa a un estado similar a III, por lo menos en su aspecto general externo. Es probable que este pequeño ciclo se repita más de una vez en la temporada de puesta. Una vez terminado el desove, el ovario entra en regresión (EMS V), en que se produce la reabsorción de los ocitos que no fueron desovados en la temporada. El ciclo se completa al regresar el ovario al EMS II. Con estos antecedentes se propone una escala de madurez sexual aplicable a merluzas hembras (tabla 1).

La aplicabilidad de la escala de madurez sexual se evaluó durante el presente trabajo y parte de ella fue descrita anteriormente con carácter de preliminar (Avilés y Balbontín 1970). De los caracteres considerados, el aspecto general de la gónada es subjetivo y sólo se podrá utilizar adecuadamente después de cierta experiencia en la clasificación de las gónadas. En cambio, el examen interno permite determinar objetivamente el EMS. La mayor dificultad se presenta para diferenciar la gónada en EMS III de las de EMS IIIa. En este caso se recomienda enfáticamente realizar un examen interno para determinar la presencia o ausencia de ocitos residuales. Algunos aspectos histológicos incluidos en la escala de madurez corresponden a caracteres homólogos observados en otras especies de peces (Foucher and Beamish 1977, Moser 1967) pero que son aplicables a la merluza.

Época de desove

La época de desove se determinó mediante el análisis mensual del número de merluzas hembras en los diferentes estados de madurez sexual (EMS) considerados y las variaciones mensuales en el IGP y en el IGL. En la tabla 2 se resume el número de hembras muestreadas mensualmente y clasificadas de acuerdo al EMS, para los puertos de Coquimbo, San Antonio y San Vicente. Estos valores están expresados en porcentajes relativos del total mensual en las figuras 3, 4 y 5. De los EMS considerados, el IV (hembras maduras) y el IIIa (hembras que han desovado recientemente y que pasarán nuevamente a IV) son indicadores del proceso de desove. Por otra parte, un aumento en el número de ejemplares en estado V señala el término del período de puesta. Estos cuatro EMS se graficaron por separado en las figs. 6a, b y c, expresados en valores relativos para cada uno de los puertos.

En las tres áreas muestreadas se detectó un extenso período de puesta pero con una época más o menos delimitada de máxima actividad gonadal (tabla 3). En Coquimbo la época de desove principal comprende desde julio a noviembre; además, hay actividad de desove secundario en diciembre y febrero. En San Antonio la época principal de desove comprende desde agosto a noviembre, continuando en forma secundaria en diciembre. Después de cuatro meses de reposo gonadal (enero a abril), se reinicia la actividad de desove, cada vez con más intensidad desde mayo a julio, para continuar en agosto la época principal ya mencionada. En San Vicente la época de desove principal está menos delimitada que en las otras áreas muestreadas; se distingue un máximo entre agosto y noviembre. Hay desove secundario de cierta importancia desde diciembre a febrero y un período de reposo gonadal relativo desde marzo a junio, reiniciándose la actividad de desove en julio.

Con los mismos datos ya analizados, se determinó el número total de hembras maduras y en proceso de reiniciar un desove (IV + IIIa) para cada puerto. Sobre la base de este total, se calcularon las distribuciones porcentuales para cada mes de muestreo (fig. 7). Para Coquimbo se observó que el 91% del total de hembras desovantes quedaban incluidas en la época señalada como de desove principal (julio a noviembre); en San Antonio este valor es de 75% (agosto a noviembre) y en San Vicente es de 72% (agosto a noviembre).

En cuanto a la tendencia de IGP e IGL (figs. 8, 9 y 10) ésta concuerda con el análisis de los EMS. En Coquimbo se observan variaciones mensuales en los valores de estos índices para los grupos de longitud total V al X, que reflejan el proceso de evolución

del desove. Los altos índices del grupo IX en abril y grupo VII en julio corresponden en total a sólo 3 ejemplares y por lo tanto, no son significativos. El IGP y el IGL de las merluzas de San Antonio alcanzan sus máximos valores en los meses señalados como de desove en esa área. A medida que transcurre la época de puesta, estos índices presentan un descenso a partir del grupo de longitud VIII (55 cm LT y mayores). Esto podría corresponder a ovarios en que ha ocurrido un desove parcial y por lo tanto, tienen menos peso que se refleja en los valores relativos menores de IGP e IGL comparados con los valores que presentan los grupos de longitud intermedia. En cuanto a San Vicente, si bien se observan valores altos en los índices correspondientes a la época señalada como de desove principal (según el análisis de los EMS), en los meses restantes hay grandes fluctuaciones de estos valores en los grupos de longitud establecidos.

Las fluctuaciones señaladas indicarían un comportamiento reproductivo diferente en el tiempo de acuerdo con las tallas de los peces o con procesos migratorios. Para dilucidar este punto, el número de hembras desovantes (ver párrafo anterior) se analizó por grupos de longitudes. Las longitudes totales de estas hembras están comprendidas en los grupos IV al X en Coquimbo y V al X en los dos puertos restantes. En la fig. 11 se grafican mensualmente el conjunto de hembras de los grupos (IV + V + VI), (VII + VIII) y (IX + X), expresadas en porcentajes para cada puerto de muestreo. En general, no hay una tendencia clara en los peses anteriores a la época de desove principal. Con ligeras variaciones entre mes y mes, en la época principal están representados todos los grupos de longitud. Sin embargo, en Coquimbo y San Antonio se observa que el desove secundario posterior a la época principal mencionada, corresponde casi exclusivamente a los grupos VII y mayores (50 cm LT y mayores). En el caso de San Vicente, las hembras de la época de desove secundario no difieren mayormente en su distribución por longitudes de las de la época principal. Por lo tanto, en este último puerto el desove secundario no puede atribuirse únicamente a los ejemplares de mayor longitud.

Longitud total a la primera madurez sexual en hembras

Para calcular la talla a la primera madurez sexual, Poulsen (1952) toma en cuenta los EMS indicadores de actividad gonadal y de un desove reciente. Por otra parte, Clark (1934) y MacGregor (1957) incluyen para este cálculo en la sardina de California, a las hembras con ovarios que presentan tamaños de oocitos con una moda

entre 220 y 260 μm o más desarrollados. Este criterio se consideró ajustado ya que ese diámetro de oocitos corresponde a un límite natural, que es el comienzo del proceso de vitelogénesis y también es reconocido por muchos autores como el tamaño mínimo de los oocitos a contabilizar en los cálculos de fecundidad. Por lo tanto, para determinar la longitud total a la primera madurez sexual se tomaron en cuenta las hembras en estados III, IIIa, IV, V y en estado II que presentaban oocitos de por lo menos 220 μm .

Se incluyeron en el cálculo solamente las hembras capturadas en la época principal de desove señalada anteriormente para cada puerto de desembarque (tabla 4). El nivel del 50% de LT (figs. 12a, b y c) fue estimado mediante un modelo logístico de acuerdo con la siguiente expresión:

$$P_i = \frac{e^{a+bx_i}}{1+e^{a+bx_i}}$$

donde x_i es el i -ésimo tramo de longitud total en centímetros; P_i es la proporción de peces sexualmente maduros en el i -ésimo tramo de longitud total.

Los valores estimados para cada puerto de muestreo fueron los siguientes:

Coquimbo	:	32,3 cm LT
San Antonio	:	36,2 cm LT
San Vicente	:	39,4 cm LT

Saetersdal y Villegas (1968) señalan la composición por longitudes (tabla 2 de estos autores) de las merluzas hembras muestreadas mensualmente en San Antonio y San Vicente. Las muestras fueron obtenidas simultáneamente con las del presente trabajo, utilizando los mismos muestreadores. Al aplicar los valores calculados para la LT 50% a la primera madurez sexual a los datos señalados, se determina que en San Antonio el 41% de las merluzas hembras capturadas por los barcos de pesca por arrastre están bajo esa longitud. En San Vicente ese mismo cálculo da 33%. No se dispone de datos comparables para Coquimbo.