

FECUNDIDAD, TALLA DE LA PRIMERA MADUREZ SEXUAL Y DATOS BIOMETRICOS EN LA MERLUZA DEL SUR *Merluccius australis*.FERNANDO BALBONTIN¹ y RICARDO BRAVO¹

ABSTRACT: Fernando Balbontín¹ and Ricardo Bravo¹ : Fecundity, size at first sexual maturity and biometric data in the southern whiting *Merluccius australis*.

Reproductive aspects and biometric data of female southern whiting *Merluccius australis*, caught in commercial fishing of a trawler vessel, were studied. Samples were obtained near Guafo Island, southern Chile.

In order to characterize sexual maturity stages, a reference scale was developed, including ripening ovaries showing signs of a recent partial spawning. The analysis of ovaries put in evidence an intense reproductive activity in August, corroborated by high values of gonad indices. Taking as a reference the maximum oocyte diameter, the critical value of gonad indices for ripening ovaries was 1.5 in the case of the gonadosomatic index and 1.1 for the gonad index based on the fish length.

Batch fecundity estimates related to body weight and total length (TL) of fish were fitted to lineal and power regression line models, respectively. Relative fecundity calculation gave a mean value \pm a standard deviation of 334 ± 126 .

The size when 50% of females reached the first sexual maturity stage was 69.4 cm TL. According to the length frequency distribution, it was found that 22.2% of sampled females were under this size. The major contribution to the reproductive potential of the population corresponded to females from 80 to 91 cm TL. Equations for the relationships of TL of females and body weight with and without gonads are included.

Key words: fish reproduction; spawning; Chiloé, Chile.

RESUMEN: Fernando Balbontín¹ y Ricardo Bravo¹ : Fecundidad, talla de la primera madurez sexual y datos biométricos en la merluza del sur *Merluccius australis*.

Se estudiaron algunos aspectos reproductivos y biométricos en hembras de merluza del sur *Merluccius australis*, capturadas en pescas comerciales con red de arrastre en las cercanías de la isla Guafo, sur de Chile.

Para la caracterización de los estadios de madurez sexual, se diseñó una escala de referencia que incluye ovarios en estadio de maduración y a la vez con signos de desove parcial reciente. El análisis de los ovarios indicó que en agosto tuvo lugar una intensa actividad reproductiva, lo que fue corroborado por los altos valores de los índices gonádicos. Tomando como referencia el diámetro máximo de los ovocitos, se estimó que el valor crítico de los índices gonádicos para caracterizar ovarios en estadio de maduración es 1,5 en el caso del índice gonadosomático y 1,1 para el índice gonádico por longitud.

Se estimó la fecundidad modal en relación al peso y a la longitud total (LT) de las hembras, ajustándose los datos a un modelo de regresión lineal y de

potencia, respectivamente. El cálculo de la fecundidad relativa dió un valor promedio \pm una desviación estándar de 334 ± 126 .

La talla 50% de la primera madurez sexual en las hembras fue de 69,4 cm LT. De acuerdo a la distribución de frecuencia de longitudes, se determinó que el 22,2% de la muestra se encontraba bajo esa talla. La mayor contribución al potencial reproductivo de la población correspondió a hembras de 80 a 91 cm LT. Se incluyen las ecuaciones correspondientes a las relaciones entre la LT y el peso corporal de las hembras con y sin gónadas.

Palabras claves: reproducción de peces; desove; Chiloé, Chile.

INTRODUCCION

Los primeros antecedentes disponibles sobre los aspectos reproductivos de la merluza del sur *Merluccius australis* (Hutton 1872), corresponden a observaciones sobre estadios de madurez sexual llevados a cabo por Poulsen (1952), mucho antes que el volumen alcanzado por sus capturas fuera mencionado por primera vez en las estadísticas de pesca (SAG 1977). En los últimos años se han realizado investigaciones sobre época de maduración sexual, talla de la primera madurez (Aguayo *et al.* 1987; Arana *et al.* 1989a; Balbontín & Andrade 1990); fecundidad, por estos últimos autores y un análisis histológico de la gónada (Castillo 1988). Gran parte de esta información no se ha publicado, correspondiendo en muchos casos a informes de distribución restringida.

En la caracterización del grado de desarrollo de la gónada, se han empleado escalas de referencia, por lo general macroscópicas; la medición del diámetro máximo alcanzado por los ovocitos permite caracterizar el estadio de desarrollo ovárico con mayor objetividad (Balbontín & Fischer 1981). Los índices gonádicos aportan a su vez un dato cuantitativo, siendo de particular interés su combina-

ción con mediciones del diámetro ovocitario para calcular lo que se ha denominado su valor crítico (Cayré & Laloé 1986).

Para determinar el tipo de desove en peces, se deben tomar en cuenta diversos factores (Balbontín & Fischer 1981). En general, las especies del género *Merluccius* se caracterizarían por poseer un tipo de desove fraccionado (Foucher & Beamish 1977), que en el caso de la merluza del sur se sustenta por la observación en ovarios maduros de varias modas de tamaño de ovocitos en vitelogenénesis y por la presencia en éste de un escaso número de ovocitos hidratados, con gota oleosa y en reabsorción, que corresponderían a un desove reciente (Castillo, 1988; Balbontín & Andrade 1990).

En el presente trabajo se fijaron los siguientes objetivos: determinar el estado reproductivo de la población; determinar la fecundidad modal y la fecundidad relativa; estimar la talla 50% de la primera madurez sexual en hembras y estimar el potencial reproductivo de la población; comparar con datos previamente publicados, las relaciones entre la longitud total y el peso del cuerpo de las hembras, con el fin de detectar posibles variaciones en el tiempo en esta relación.

MATERIAL Y METODOS

El material de hembras de merluza del sur se obtuvo a bordo del buque FríoSur II, en capturas efectuadas con red de arrastre, entre los 350 y 450 m de profundidad. El área de pesca se ubicó desde la latitud 43° 50'S hasta las cercanías de la isla Guafo; la mayor parte de los lances se realizaron a la cuadra de esta isla. Las muestras se recolectaron entre el 17 y el 26 de agosto de 1991. El área señalada y que se ha denominado unidad de pesquería norte-exterior, se ubica dentro de la zona que la legislación vigente permite la extracción del recurso merluza austral en la época de reproducción.

Se efectuó un muestreo al azar de hembras para estimar la composición de longitudes totales (LT) de las capturas. Para este fin, se empleó un ictiómetro graduado en cm. El número total de hembras merluza medidas fue de 378. Esta información se complementó con los datos suministrados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) correspondientes al área de la unidad de pesquería Norte durante el tercer trimestre de 1991. Estos últimos datos correspondieron a 899 hembras, agrupadas en intervalos de 2 cm de LT y que se utilizaron para calcular el potencial reproductivo de la población.

Junto al muestreo al azar, se realizó un muestreo estratificado de acuerdo a grupos de longitud artificial de las hembras establecidos previamente:

Grupo	Longitud Total (cm)
1	Menor que 40
2	de 40 hasta 49
3	de 50 hasta 59
4	de 60 hasta 69
5	de 70 hasta 79
6	de 80 hasta 89
7	Mayor que 89

Además de la LT, se midió el peso del cuerpo con una balanza con una precisión de 10 g. Junto con ello, se estimó el estadio de madurez sexual (EMS) y se extrajeron las gónadas.

Con los ovarios se procedió de la siguiente manera: uno de los ovarios se fijó en formalina al 10% para su análisis microscópico en el laboratorio; el otro ovario del par se conservó en líquido de Gilson modificado por Simpson (1951) para ser utilizado en las estimaciones de fecundidad; otra parte del material se frigorizó a bordo y se envió en cajas con hielo vía aérea a Valparaíso. Estos ovarios se pesaron en fresco en el laboratorio en una balanza con una precisión de 0,05 g y se fijaron en formalina y Gilson al igual que el resto de las gónadas. Al cabo de un mes, se pesaron nuevamente y se calcularon ecuaciones de regresión para corregir el efecto de los fijadores en el peso fresco de las gónadas.

No se presentaron problemas con la fijación de las gónadas de mayor tamaño, ya que fueron fraccionadas en el momento del muestreo.

En el cálculo indicado, fue necesario fraccionar el amplio rango de pesos de los ovarios muestreados (desde 0,84 hasta 972,38 g). En el caso de los ovarios en formalina, se calculó una línea de regresión para los ovarios "pequeños" de hasta 32 g y otra para ovarios "grandes" de un peso mayor que el señalado. Para los ovarios en Gilson se fijó el límite en 35 g. En todos los casos, el mejor ajuste se obtuvo con la regresión funcional (Ricker 1973). En la Tabla 1 se resumen los parámetros de las ecuaciones.

Con los pesos corregidos de las gónadas, el peso corporal sin gónadas y la LT, se calcularon los siguientes índices

$$\text{Índice gonosomático (IGS)} = \frac{\text{Peso ovarios}}{\text{Peso cuerpo}} \times 100$$

$$\text{Índice gonádico por longitud (IGL)} = \frac{\text{Peso ovarios}}{\text{LT}^3} \times 10^4$$

Tabla 1. Parámetros de las ecuaciones funcionales para la relación peso fresco y peso en formalina o Gilson para ovarios "pequeños" (1) y ovarios "grandes" (2).

Relación	Intercepto	Pendiente	r ²	n
Formalina (1)	-1,63 x 10 ⁻³	1,018	0,998	66
Formalina (2)	-2,313	0,998	0,996	38
Gilson (1)	0,333	1,304	0,990	80
Gilson (2)	9,156	0,960	0,980	35

Para estimar el EMS de las hembras se aplicó una escala de referencia basada en caracteres macroscópicos y microscópicos (Tabla 2), la que corresponde a una modificación de la escala empleada en la merluza común, *Merluccius gayi gayi* (Balbontín & Fischer 1981).

De la escala antes mencionada, el EMS 3A es difícil de determinar a bordo y normalmente se requiere del análisis interno de la gónada para la detección de ovocitos hidratados y con gota oleosa. Asimismo, el EMS 5 presenta un cierto grado de subjetividad, ya que al no realizarse un análisis histológico, el observador debe ser capaz de distinguir ovocitos en desarrollo normal, de aquéllos que presentan atresia y lisis celular. Estas diferencias son más evidentes cuando el ovario está en su grado máximo de regresión y se van perdiendo a medida que

gonádicos que ayudaron a identificar el estado reproductivo de las hembras:

se transforma en EMS 2. Todas las determinaciones de los EMS realizados a bordo, se revisaron y complementaron con la observación microscópica de los ovarios en el laboratorio, incluyendo la medición del diámetro máximo alcanzado por los ovocitos. Este valor se relacionó con los índices gonádicos para estimar su valor crítico, utilizando una línea de regresión simple estimada con el método de los mínimos cuadrados.

El procesamiento de las gónadas para determinar la fecundidad fue el siguiente. A los ovarios en líquido de Gilson mantenidos hasta por dos meses en esta solución se les removió la membrana que envuelve el ovario mediante disección. La masa de ovocitos se colocó en un set de tres tamices, el superior de 0,90 mm de abertura de malla, el intermedio de 0,25 mm y el inferior de 0,15 mm y se procedió a su separación me-

dante un chorro de agua. El material procesado se fijó en formalina al 10%

para su posterior cuantificación y medición del diámetro ovocitario.

Tabla 2. Escala apreciativa de la madurez sexual aplicable a hembras de merluza del sur *Merluccius australis*.

ESTADIO	ASPECTO GENERAL
1 Virginal	Ovarios pequeños, filiformes; sexo difícilmente discernible macroscópicamente. El examen microscópico muestra la presencia de células germinales. En un estadio más avanzado, son de color rosado claro, de sección tubular y con un diámetro máximo de los ovocitos menor que 0,18 mm.
2 Inmaduro	Ovarios claramente diferenciados, con paredes firmes, gruesas; color rosado claro o amarillo ocre. Ovocitos no visibles al ojo desnudo, de aspecto opaco, en vitelogenénesis incipiente; diámetro máximo de los ovocitos inferior a 0,38 mm.
3 En maduración	Ovarios turgescientes, con escasa vascularización; color amarillo pálido; alcanzan un gran volumen. Ovocitos visibles a simple vista, de un amplio rango de tamaños, en vitelogenénesis avanzada; diámetro máximo de los ovocitos inferior a 0,85 mm.
4 Maduro	Ovarios turgescientes, a menudo con zonas translúcidas; color amarillo a anaranjado pálido; en una fase avanzada, los ovocitos fluyen del ovario al presionar el abdomen. Ovocitos visibles al ojo desnudo, con el proceso de hidratación iniciándose; con o sin gota oleosa; diámetro de los ovocitos más diferenciados igual o mayor que 0,85 mm.
3A En maduración, desove parcial reciente	Ovario similar al estadio 3, turgescientes o ligeramente flácidos; color amarillo pálido u oscuro. Diámetro de los ovocitos similar al estadio 3, pero además se distingue un número reducido de ovocitos hidratados con gota oleosa que corresponden al remanente de un desove parcial reciente. Estos ovarios pasan nuevamente al estadio 4.
5 En regresión	Ovario flácido, con lumen grande; color rojizo; al final de este estadio las paredes se tornan gruesas y el color pasa a rosado amarillento. Sin ovocitos visibles a simple vista o bien ovocitos en número reducido en proceso de reabsorción. Estos ovarios pasan al estadio 2.

Para la determinación del número de ovocitos presentes en el ovario originalmente conservado en líquido de Gilson, se utilizó un submuestreador consistente en una vasija rotatoria especialmente diseñada para este fin (Fischer & Balbontín 1970). En el proceso se utilizaron al menos dos submuestras, las que comúnmente debieron submuestrearse una vez más hasta obtener dos submuestras de al menos 300 ovocitos cada

una. A los ovocitos de una de ellas, se le midió el diámetro con un microscopio estereoscópico provisto de un ocular graduado, con una precisión de 0,03 mm, medida que en el caso de ovocitos de forma irregular correspondió al valor promedio del diámetro máximo y mínimo. Los ovocitos de la otra submuestra sólo se contaron, de manera que el número de ovocitos presentes en el ovario fue el promedio de las dos estimaciones,

multiplicado por la fracción del ovario a que correspondieron las submuestras. El cálculo del número total de ovocitos en la gónada, se realizó sobre la base del peso previamente establecido del par de ovarios por separado.

El número de ovarios procesados fue de 115. Estos correspondieron a 3 ovarios en EMS 3, 6 en EMS 3A, que a su vez contenían ovocitos de un diámetro máximo superior a 0,65 mm, y 106 en EMS 4.

Para el cálculo de la fecundidad modal (F), es decir, el número de ovocitos de la moda de tamaño más avanzada susceptibles de ser desovados, se utilizó la distribución de tamaños de los ovocitos en la submuestra, la que se sometió al análisis de progresión modal de Bhattacharya (Gayanilo *et al.* 1988). Utilizando un análisis de regresión interactiva, de los 115 ovarios analizados, se eliminaron 6 datos atípicos (outliers). Estos valores se atribuyeron a error de muestreo o procesamiento de la muestra y no a la variabilidad natural de los datos.

La fecundidad relativa (f) correspondió al número de ovocitos de la moda más avanzada expresada por unidad de peso del pez (g), sin considerar el peso de las gónadas (Nikolsky 1963). Por otra parte, tomando en cuenta que los resultados de la relación entre F y el peso del pez se ajustaban adecuadamente a una función lineal que no pasaba por el origen, también se expresó la fecundidad relativa considerando en el cálculo el peso del pez menos el peso en que la fecundidad es igual a cero (Oosthuizen & Daan 1974). El peso del cuerpo en que la fecundidad es cero se obtuvo tanto de la

ecuación de regresión predictiva como de la funcional (Ricker 1973).

Para calcular la talla 50% de la primera madurez sexual, se consideraron como sexualmente activas las hembras en EMS 3, 3A y 4, además de aquellas que mostraban signos de haber desovado recientemente (EMS 5). Este criterio ha sido anteriormente utilizado en la merluza común (Poulsen 1952, Balbontín & Fischer 1981). También se incluyeron algunos ovarios en EMS 2 que contenían ovocitos en etapa de vitelogénesis, lo que se ha aplicado en otras especies de peces (Clark 1934, Hunter *et al.* 1985). Para los efectos indicados, se consideraron los ovarios con ovocitos de 0,25 mm de diámetro o mayores, lo que en otras especies de merluza también corresponde al inicio de la vitelogénesis (Foucher & Beamish 1977; Herrera *et al.* 1988). Los datos se ajustaron a un modelo logístico de la forma siguiente:

$$Y = \frac{100}{1 + e^{a + bX}}$$

donde Y = porcentaje de hembras sexualmente maduras; X = LT en cm y n = 100.

Las características del modelo utilizado permitió efectuar agrupaciones en intervalos desiguales de longitud. El total de ejemplares ingresado para el cálculo fue de 260.

Combinando los datos de composición por longitudes de la población muestreada, ponderada con la ecuación correspondiente a la talla 50% de la primera madurez sexual y la fecundidad modal, se calculó el potencial reproductivo de la población.

RESULTADOS Y DISCUSION

DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE LONGITUDES.

La distribución de frecuencias de la LT de las hembras (Fig. 1), tuvo valores extremos de 47 y 100 cm, con un promedio de 76,4 y desviación estándar de la muestra igual a 10,8. Para el área de estudio, la LT promedio de las hembras fue de 76,5 cm en 1986 (Aguayo *et al.* 1987), similar al valor determinado en el presente trabajo. La composición por tallas de las capturas de merluza del sur por la flota arrastrera hielera en el tercer tri-

mestre de 1990, mostró una talla promedio de 76,8 cm (Aguayo *et al.* 1991). Por otra parte, este mismo parámetro pero en merluza capturada con espineles en la unidad de pesquería norte-interior, en la primavera de 1987, estuvo en el rango entre 76 y 77 cm (Arana *et al.* 1989b, Fig. 2). Estos antecedentes ponen de manifiesto que LT promedio en las hembras de merluza del sur en la unidad de pesquería norte, en el período de primavera, se ha mantenido relativamente constante. No se dispone de información de otras fuentes para comparar la dispersión de los datos alrededor de la media.

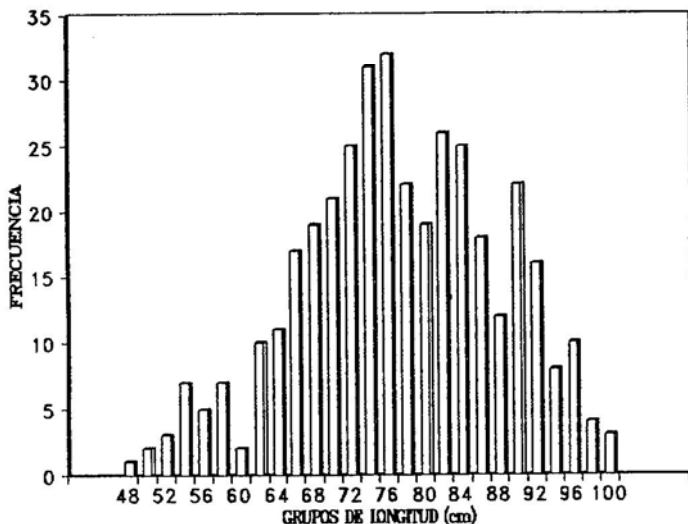


Figura 1. Distribución de frecuencia de longitudes de hembras de merluza austral *Merluccius australis*, en agosto de 1991.

ESTADO REPRODUCTIVO DEL STOCK.

El efecto de los fijadores en el peso de las gónadas fue diferente en ovarios pequeños, generalmente en estadio inmaduro o en regresión, que en ovarios grandes listos para desovar. Esta diferencia se reflejó en el hecho de no poder utilizar una sola línea de regresión para compensar el efecto de la fijación en todo el rango de pesos de los ovarios. Las correcciones realizadas permitieron un cálculo más exacto de los índices gonádicos y de las

estimaciones de fecundidad.

La distribución de los EMS de las hembras puso de manifiesto la existencia de un desove intenso en agosto (Fig. 2). Hasta el grupo de longitud 4 (60-69 cm LT), predominó el EMS 1. En los grupos de longitud 6 y 7, el EMS 4 alcanzó al 71 y 92% de los casos, respectivamente. Estos resultados fueron concordantes con el cálculo de la talla del 50% de la primera madurez sexual que se incluye más adelante.

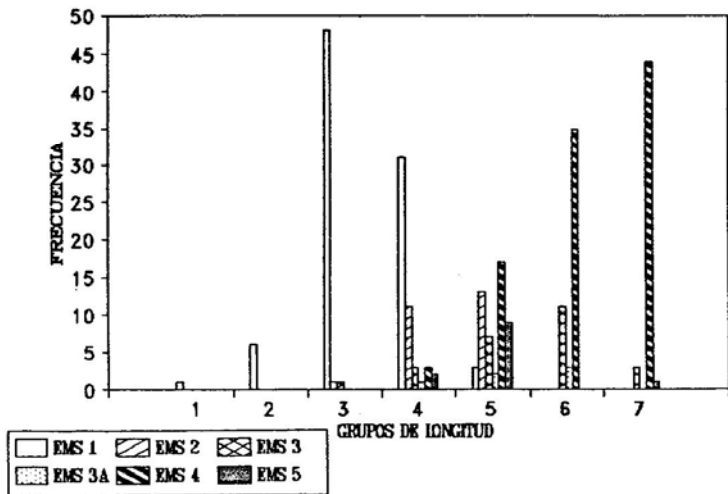


Figura 2. Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual por grupos de longitud total en hembras de merluza austral *Merluccius australis*, en agosto de 1991.

Los ovarios en EMS 3A contenían un reducido número de ovocitos de 1,0 a 1,2 mm de diámetro y con gota oleosa, en reabsorción reciente. Esta última característica permite deducir que corresponden

a remanentes de un desove efectuado durante la misma temporada de desove. Las medidas de los ovocitos son comparables a la de los huevos planctónicos de la especie (Patchell *et al.* 1987).

Los dos índices gonádicos utilizados reflejaron adecuadamente el grado de maduración de la gónada de acuerdo al tamaño de los peces. Los grupos de longitud 2 y 3 presentaron valores bajos

y similares de los índices. El grupo 4 presentó niveles mayores, los que continuaron aumentando progresivamente con el incremento de la talla de las hembras (Fig. 3).

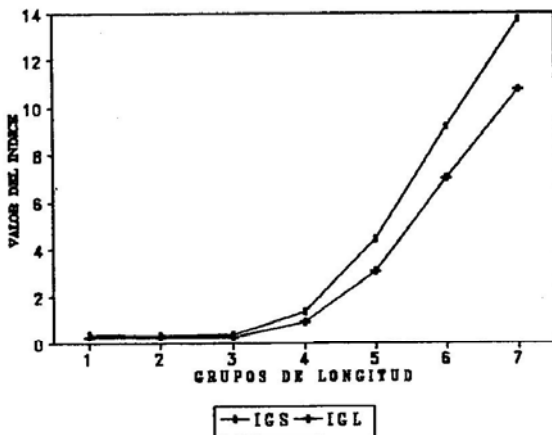


Figura 3. Valores de los índices gonádicos por grupos de longitud total en hembras de merluza austral *Merluccius australis*. IGS, índice gonosomático; IGL, índice gonádico sobre la base de la longitud total.

Al relacionar los valores de los índices gonádicos con los EMS, se observó que los ovarios en proceso reproductivo activo (EMS 3A y 4) mostraron

un IGS sobre 5,4; el IGL alcanzó sólo a 3,91 en el EMS 3A, pero a 9,4 en el EMS 4 (Tabla 3).

Tabla 3. Valores promedio del índice gonosomático (IGS) y del índice gonádico por longitud (IGL) y sus desviaciones estándar según el estado de madurez sexual (EMS) de hembras de merluza del sur, *Merluccius australis*.

EMS	PROMEDIO IGS	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO IGL	DESVIACION ESTANDAR
1	0,37	0,11	0,26	0,08
2	0,65	0,16	0,46	0,10
3	4,25	3,60	3,20	2,85
3A	5,45	1,97	3,91	1,44
4	12,39	4,88	9,39	4,05
5	0,83	0,51	0,60	0,43

Los promedios de los índices gonádicos \pm sus desviaciones estándares, incluyendo todos los EMS, fueron $5,6 \pm 6,5$ para el IGS y $4,2 \pm 5,0$ para el IGL. Otros trabajos realizados en la merluza del sur incluyen información sobre el IGL, el que recalculado según la ecuación aplicada en el presente estudio, da valores cercanos a 7 para agosto (Aguayo *et al.* 1987); para el IGS se entrega un valor promedio de 9,2 para el mismo mes (Castillo 1988). Estas cifras son comparables a los promedios calculados para el grupo de longitud 6 pero inferiores a los alcanzados por el grupo 7.

El desove masivo observado en agosto en la merluza austral coincidió con las épocas señaladas por otros autores: junio a agosto (Ojeda & Aguayo 1986); julio a agosto (Castillo 1988); junio a septiembre (Balbontín & Andrade 1990); también se indica como referencia que el índice gonádico alcanza su valor más alto en agosto (Aguayo *et al.* 1987). Para Aguayo *et al.* (1991) el desove probablemente tal ocurriría en septiembre, ya que recién en este mes se observa una caída en el IGS. Sin embargo, el estudio del material correspondiente al presente trabajo, permiten suponer que el desove fraccionado y la consecuente recuperación del ovario en EMS 3A sería aparentemente muy rápida, por lo que el IGS promedio de la población no disminuiría en agosto, a pesar de haberse iniciado el proceso de desove. La presencia de larvas de merluza austral en el plancton entre agosto y diciembre (Zama & Cárdenas 1984, Cárdenas 1985), confirman las conclusiones del análisis gonádico.

VALOR CRÍTICO DE LOS ÍNDICES GONADICOS (IGS E IGL).

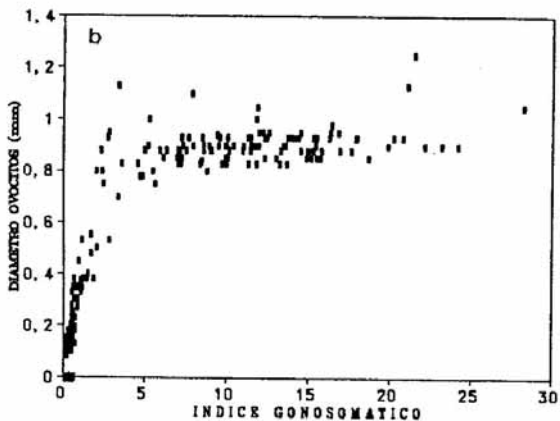
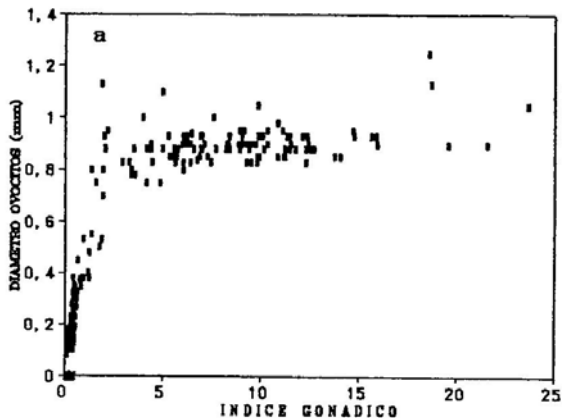
El valor del IGS y del IGL adquirió un

significado mayor al relacionarlo con el diámetro máximo de los ovocitos presentes en cada gónada. La distribución de los puntos correspondientes a esta relación mostró que los índices gonádicos y el diámetro ovocitario presentaron una relación lineal hasta un diámetro cercano a 0,7 mm (Figs. 4a y 4b). Más allá de este valor, la relación alcanzó un plató. Utilizando la ecuación de la línea de regresión, se pudo obtener una primera aproximación a los valores críticos de los índices gonádicos correspondientes al diámetro ovocitario de 0,25 mm, empleado en el presente trabajo para distinguir individuos sexualmente inmaduros de los maduros; éstos fueron 0,9 para el IGS y 0,6 para el IGL; de la misma forma se estimó el valor crítico para ovocitos de 0,38 mm, correspondiente a ovarios en EMS 3 (en maduración). En este caso, el IGS fue 1,5 y el IGL 1,1.

El modelo matemático adoptado por Cayré & Laloë (1986) explica adecuadamente la relación correspondiente a las variables señaladas. Nuestra estimación del punto de quiebre de la línea de regresión fue visual y consideró además el coeficiente de determinación obtenido para las líneas de regresión ($r^2 = 0,78$ para el caso del IGS y 0,81 para el caso del IGL). Considerando la variabilidad natural de los datos analizados, los valores críticos calculados representarían una primera aproximación de orden práctico.

FECUNDIDAD MODAL (F).

La relación entre la fecundidad modal (F) y el peso corporal de las hembras menos el peso de las gónadas (P), se ajustó a un modelo de regresión lineal. Se calculó tanto la línea de regresión predictiva



Figuras 4a y 4b. Relación entre el diámetro máximo de los ovocitos y los índices gonádicos en la merluza austral *Merluccius australis*.

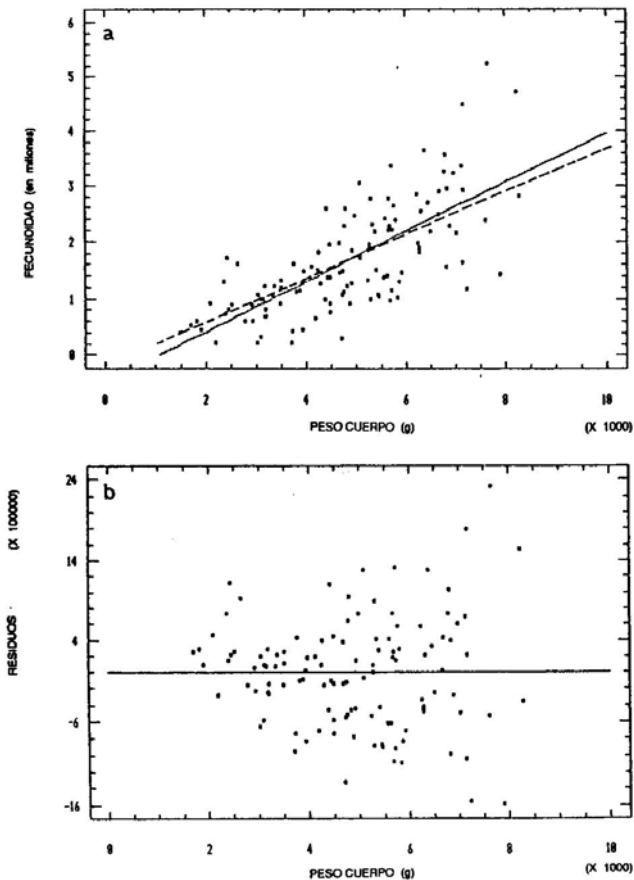


Figura 5. Relación entre la fecundidad modal y el peso del cuerpo en la merluza austral *Merluccius australis*. (a), regresión predictiva, línea continua; regresión funcional, línea segmentada. (b), valores de los residuos correspondientes al modelo lineal de regresión predictiva.

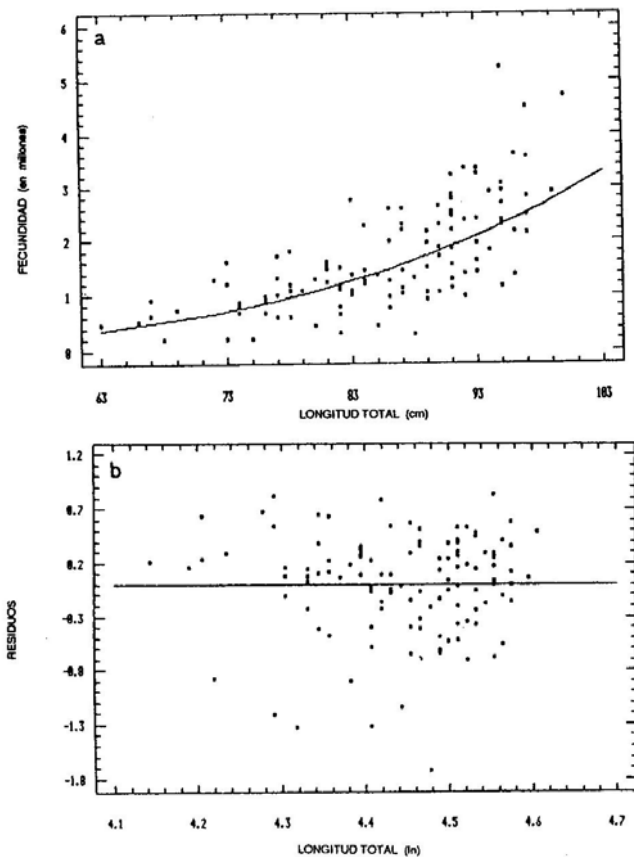


Figura 6. Relación entre la fecundidad modal y la longitud total en la merluza austral *Merluccius australis*. (a) curva de regresión correspondiente a un modelo multiplicativo. (b) valores de los residuos correspondientes al modelo multiplicativo.

como la funcional (Fig. 5a). En el primer caso, los parámetros fueron los siguientes:

$$F = -335804 + 411,13 \cdot P \quad r^2 = 53,3 \quad (p > 0,001)$$

En el segundo caso, se obtuvo

$$F = -118515 + 365,38 \cdot P$$

Los valores de los residuos de la regresión predictiva se muestran en la Fig. 5b.

La relación entre F y la longitud total de las hembras (LT) correspondió a un modelo multiplicativo (Fig. 6a), con los siguientes parámetros:

$$F = -5,27558 \cdot LT^{4,37378} \quad r^2 = 49,6 \quad (p > 0,001)$$

El intercepto es igual al \ln de a . Los valores de los residuos para la relación arriba señalada, se graficaron en la Fig. 6b, donde los datos de la LT se han transformado a logaritmos naturales.

Se encontró un dato publicado sobre estimaciones de fecundidad en *Merluccius australis* (Inada 1981). La cifra de alrededor de 5 millones de ovocitos en una hembra de 105 cm LT , concuerda con los datos del presente estudio. Tomando en cuenta las diferencias específicas y de tamaño, los altos valores de fecundidad de *M. australis* son comparables con las estimaciones realizadas en otras especies del mismo género, como en *M. hubbsi* (Ciechomski 1967, Grunwaldt 1986) y *M. gayi* (Balbontín & Fischer 1981).

No presentó problemas la separación de la moda más avanzada de tamaño de ovocitos. En algunas ocasiones, la distribución de tamaños mostró una

clara separación entre la camada de ovocitos que iban a ser desovados y el resto de los ovocitos de diámetro menor. El 92% de los ovarios analizados estaban en EMS 4.

Al utilizar gónadas hidratadas en las determinaciones de fecundidad, se puede producir un error debido a la inclusión de ejemplares que en el momento de su captura o por efecto de la manipulación han expulsado parte de los ovocitos (Hunter *et al.* 1985). Los ovarios en EMS 4 que se utilizaron en las estimaciones de fecundidad estaban en una etapa inicial de hidratación y no mostraban signos de haber iniciado el desove.

FECUNDIDAD RELATIVA (F).

Las tres formas en que se calculó la f son coincidentes en que ésta es independiente del peso del pez. El ajuste de los datos de f y del peso corporal a una regresión lineal simple dio valores de r^2 inferiores a 0,05.

Tomando en cuenta los resultados señalados, los valores de f se expresaron como número promedio de ovocitos con su respectiva desviación estándar. El cálculo basado en el peso corporal menos el peso de las gónadas dio un f_1 de 334 ± 126 ; el mismo cálculo pero restándole además el peso corporal en que la fecundidad modal sería igual a cero (P_0) según la línea de regresión funcional correspondiente, dio un f_2 igual a 362 ± 137 ; utilizando la línea de regresión predictiva, dio un valor de f_3 de 418 ± 166 . La relación señalada como f_1 es la utilizada más frecuentemente en este tipo de cálculos, pero f_2 puede utilizarse como un índice de la fecundidad de la población

conociendo el peso total de la población sexualmente madura, menos el número de hembras maduras multiplicado por el peso mínimo corporal necesario para la producción de huevos (Oosthuizen & Daan 1974).

La presencia de ovocitos maduros aumenta considerablemente el peso de la gónada, en especial cuando están hidratados. Se recomienda en estos casos, para disminuir los sesgos en la estimación de la fecundidad relativa, utilizar el peso corporal menos el peso de la gónada (Laroche & Richardson 1980).

TALLA 50% DE LA PRIMERA MADUREZ SEXUAL.

La LT en que el 50% de las hembras presentaban actividad reproductiva fue de 69,4 cm, con un r^2 correspondiente a la correlación de los datos en porcentajes y de los porcentajes ajustados igual a 96,8 (Fig. 7). Los residuos de los porcentajes ajustados se muestran en la Fig. 8. Los parámetros de la ecuación fueron los siguientes:

$$Y = 100 / (1 + \exp(18,848 - 0,2717 * X))$$

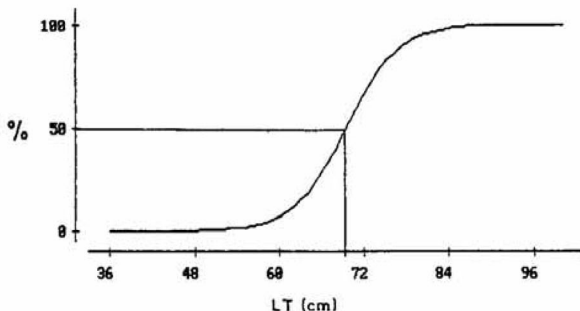


Figura 7. Curva logística ajustada para la relación entre el porcentaje de hembras inmaduras y en actividad sexual de merluza austral *Merluccius australis*, en agosto de 1991. La línea vertical marca la talla correspondiente al 50% de madurez sexual.

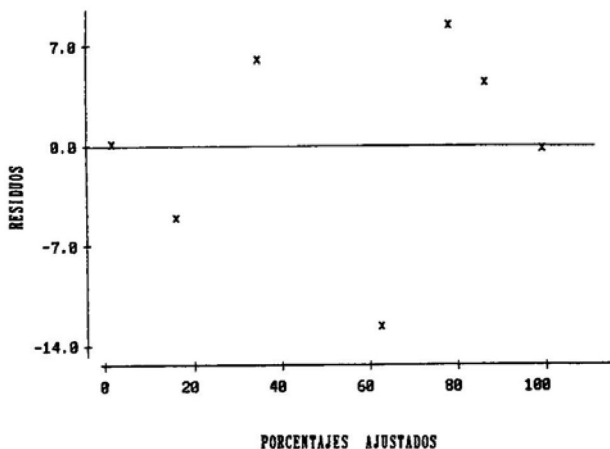


Figura 8. Distribución de los residuos de los porcentajes ajustados del número de hembras de merluza austral *Merluccius australis* en actividad sexual, utilizados en el cálculo de la talla del 50% de madurez sexual.

Otras estimaciones de la talla de la primera madurez sexual señalan la existencia de madurez gonádica a partir de los 70 cm LT (Avilés & Aguayo 1979); se ha mencionado la presencia de los primeros signos de evacuación en las tallas entre los 45 y 49 cm (Ojeda & Aguayo 1986); una tercera estimación fija esta longitud en 80 cm, aunque se observaron hembras maduras de 61 cm (Castillo 1988). Con un método similar al del presente trabajo, se estimó la talla en 73,4 cm en hembras recolectadas en 1989 (Balbontín & Andrade 1990). La diferencia en el valor estimado se pudo deber a la inclusión en el cálculo de peces mues-

treados a fines de junio junto con muestras de agosto, ya que en junio la actividad reproductiva de las hembras sería porcentualmente menor.

De acuerdo a la distribución de frecuencia de longitudes de las hembras calculada con los muestreos realizados en agosto, el 22,2% de las hembras capturadas estuvo bajo la talla 50% de la primera madurez. Respecto del muestreo realizado por IFOP en el tercer trimestre de 1991, el mismo cálculo dió 26,4%. En aguas interiores, este valor en 1987 fue de 40% (Arana *et al.* 1989b; valor corregido por el autor en comunicación personal).

POTENCIAL REPRODUCTIVO.

Para determinar la contribución porcentual al total del desove por las hembras de acuerdo a su talla, se utilizó la distribución de frecuencia de longitudes obtenida en este estudio y la suministrada por IFOP. Las frecuencias observadas se ponderaron con la ecuación correspondiente a la talla del 50% de la primera madurez sexual; a estos datos se les

aplicó la ecuación de regresión de fecundidad modal versus peso corporal. En la Tabla 4 se entregan los resultados del muestreo del presente estudio, con las longitudes agrupadas cada 6 cm. La Tabla 5 corresponde a los cálculos efectuados sobre la base del muestreo de IFOP, que corresponde al área de faenas de pesca de arrastre en la zona de aguas exteriores.

Tabla 4. Potencial de desove por grupos arbitrarios de talla en un rango de 6 cm de longitud total en *Merluccius australis*. El porcentaje promedio de peces se ajustó con la ecuación de la talla de 50% de la primera madurez sexual.

Grupo de Longitud	Porcentaje promedio de peces *	Fecundidad modal promedio	Potencial de desove	Porcentaje de aporte al desove
56-61	0,35	275880	102174	0,08
62-67	3,41	422380	1525226	1,26
68-73	15,34	622723	9779735	8,10
74-79	26,25	889530	22979939	19,03
80-85	24,72	1236986	30379936	25,16
86-91	19,39	1680889	32662835	27,05
92-97	9,74	2238696	21270463	17,61
98 y >	0,75	2677810	2052889	1,70

* Muestreo de peces realizado en las cercanías de isla Guafó en agosto de 1991.

Tabla 5. Potencial de desove por grupos arbitrarios de talla en un rango de 6 cm de longitud total en *Merluccius australis*. El porcentaje promedio de peces se ajustó con la ecuación de la talla de 50% de la primera madurez sexual.

Grupo de Longitud	Porcentaje promedio de peces *	Fecundidad modal promedio	Potencial de desove	Porcentaje de aporte al desove
56-61	0,57	265598	164501	0,13
62-67	3,86	408095	1648890	1,27
68-73	11,16	603447	6882878	5,30
74-79	26,37	864147	23232829	17,90
80-85	21,97	1204247	26591872	20,49
86-91	21,18	1639409	34918174	26,90
92-97	10,33	2186950	21962305	16,92
98-103	3,45	2865889	9377125	7,22
104 y >	1,10	4769142	5012946	3,86

* Muestreo realizado por IFOP en la unidad de pesquería Norte en el tercer trimestre de 1991.

Los mayores aportes al desove potencial de la población lo realizaron las hembras de 80 hasta 91 cm LT. Se observó una mayor contribución porcentual de los peces grandes en el muestreo de IFOP ya que incluyó peces de hasta 121 cm LT. En el muestreo analizado en este trabajo, el ejemplar de mayor talla tenía 100 cm LT.

RELACION LONGITUD-PESO.

Se calcularon dos líneas de regresión para la relación longitud-peso: una con el peso total del cuerpo y la otra con el peso del cuerpo menos el peso de las gónadas (Figs. 9a y 9b). Los datos se ajustaron a

un modelo de la forma $P = a * L^b$; los parámetros correspondientes a las dos ecuaciones se resumen en la Tabla 6. Los datos de Aguayo *et al.* (1991) señalan para esta relación un valor de $1,38 \times 10^{-3}$ para el intercepto y de 3,28 para la pendiente, sin especificar si el cálculo incluye o no el peso de los ovarios. Incluso considerando el peso corporal con gónadas, la ecuación calculada en el presente trabajo entrega un peso más elevado, para una misma LT, lo que sugiere un cambio importante en esta relación, o bien esta diferencia pudiera reflejar el alto factor de condición que alcanzaría la merluza del sur en la época de máximo desove.

Tabla 6. Parámetros de las ecuaciones para la relación longitud versus peso en hembras de la merluza austral, *Merluccius australis*. (1) Peso cuerpo total; (2) Peso cuerpo menos el peso de las gónadas.

Relación	Intercepto	Pendiente	r ²	n
1	$1,3355 \times 10^{-3}$	3,4067	96,68	256
2	$3,1038 \times 10^{-3}$	3,1968	96,67	256

CONCLUSIONES

1. La distribución de frecuencia de longitudes de las hembras determinada mediante muestreos al azar, presentó una media y desviación estándar de $76,4 \pm 10,8$, con un rango de 47 y 100 cm LT.
2. Se calcularon las líneas de regresión funcional que permitieron corregir el efecto de la formalina y del líquido de Gilson en el peso en fresco de los ovarios.
3. Los EMS que presentaron las hembras y los tres índices gonádicos calculados, indicaron que en agosto tuvo lugar una intensa actividad reproductiva. En los

grupos de longitud mayores de 80 cm LT, los EMS característicos de un proceso de desove (EMS 3A y 4) se observaron en un 85% de las hembras.

4. Los promedios de los índices gonádicos \pm sus desviaciones estándares, incluyendo hembras inmaduras y sexualmente maduras, fueron $5,6 \pm 6,5$ para el IGS y $4,2 \pm 5,0$ para el IGL.

5. Se estimaron los valores críticos del IGS y del IGL para diámetros máximos ovocitarios representativos de dos estadios reproductivos importantes de la merluza. Para ovocitos de 0,25 mm de diámetro, que corresponde al alcanzado

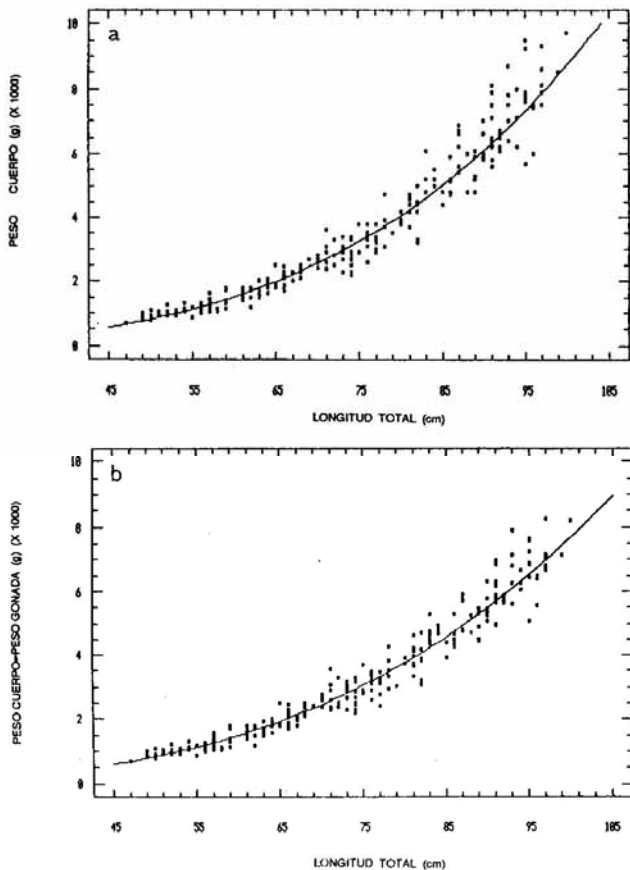


Figura 9. Relación entre la longitud total y el peso del cuerpo en hembras de merluza austral *Merluccius australis*, en agosto de 1991. (a), peso corporal incluido el peso de la gónada; (b), peso corporal menos el peso de la gónada.

en peces considerados sexualmente maduros en el cálculo de la talla de la primera madurez, el IGS fue 0,9 y el IGL 0,6. Para ovocitos de 0,38 mm, que caracterizan microscópicamente a los ovarios en EMS 3, el IGS fue 1,5 y el IGL 1,1.

6. Las estimaciones de fecundidad modal se relacionaron con el peso del cuerpo y la LT de las hembras. En el primer caso, el mejor ajuste correspondió a un modelo de regresión lineal, y en el segundo a un modelo multiplicativo o de potencia. El 92% de los ovarios utilizados en las estimaciones de fecundidad estaban en EMS 4 (maduros).

7. La fecundidad relativa calculada sobre la base del peso corporal menos el peso de la gónada dió un valor promedio, \pm su desviación estándar, de 334 ± 126 ; el mismo cálculo pero restándole el peso del cuerpo en que la fecundidad modal sería igual a 0 según la línea de regresión funcional, fue de 362 ± 137 ; y utilizando

la línea de regresión predictiva, 418 ± 166 .

8. La talla 50% de la primera madurez sexual en las hembras fue 69,4 cm LT, con un r^2 de los porcentajes ajustados igual a 96,8.

9. Sobre la base de la distribución de frecuencia de longitudes y la talla 50% de la primera madurez, se determinó que el 22,2% de la muestra se encontraba bajo esa talla. Sobre la base del muestreo realizado por IFOP el valor calculado fue de 26,4%.

10. La mayor contribución al potencial reproductivo de la población la realizarían las hembras de 80 a 91 cm LT.

11. Se calcularon las ecuaciones de potencia para las relaciones correspondientes a la longitud total y peso corporal de las hembras con y sin gónadas.

AGRADECIMIENTOS.

Se agradecen las facilidades otorgadas por Pesquera FrioSur Ltda. para la realización del muestreo. Igualmente se agradece el apoyo en algunas etapas del análisis estadístico al Sr. Jorge Galbiati del Instituto de Matemáticas de la Universidad Católica de Valparaíso, y al Sr. Mario Aguayo de IFOP por facilitar la información sobre la distribución de frecuencias de longitudes de las hembras. Durante la etapa de procesamiento de las muestras colaboraron el técnico de laboratorio Sr. Luis Rodríguez y las alumnas egresadas de Biología Marina Srtas. Vivian Valenzuela y Paulina Santiz.

El presente estudio fue financiado por la Subsecretaría de Pesca a través de un convenio suscrito con la Universidad de Valparaíso.

LITERATURA CITADA

- Aguayo, M.; Young, Z.; Bustos, R.; Peñailillo, T.; Ojeda, V.; Vera, C.; Hidalgo, H. & I. Céspedes. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (AP 87/3). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 209 p. + 1 anexo.

- Aguayo, M.; Payá, I.; Vera, C.; Ojeda, V.; Céspedes, I. & J. Donoso. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1990. Pesquerías demersales "peces" zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (SGI-IFOP 91/6). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 83 p. + 60 tablas.
- Arana, P.; Ziller, S. & S. Gutiérrez. 1989 a. Estudio biológico pesquero del recurso merluza austral (*Merluccius australis*) capturado con espineles en el canal Moraleda (septiembre 1987 - julio 1988). Informe Técnico Pesca Chile, 14, 110 p.
- Arana, P.; Neuling, K. & C. Henríquez. 1989b. Prospección de recursos ícticos con espineles de profundidad en los canales del sur de Chile (Enero de 1987 - Enero de 1988). En: Simposio Internacional sobre Recursos Vivos y Pesquerías en el Pacífico Sudeste. Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur, Número Especial, :555-563.
- Avilés, S. & M. Aguayo. 1979. Merluza española *Merluccius polylepsis* Ginsburg 1954. Teleostomi, Gadiformes, Merlucciidae. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. I. Peces. Corporación de Fomento de la Producción (AP 79-18). Instituto de Fomento Pesquero. Chile, 29 p.
- Balbontín, F. & W. Fischer. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. Revista de Biología Marina, 17(3): 285-334.
- Balbontín, F. & H. Andrade. 1990. Fecundidad y ciclo reproductivo de la merluza, *Merluccius australis*, de la pesquería sur austral de Chile. Informe Técnico Pesca Chile, 28, 27 p.
- Cárdenas, E. 1985. Estudios sobre huevos de larvas de peces colectados con red Motoda en el fiordo Aysén entre agosto 1982 y julio 1983. Informational Brief, 18. Introduction into Aysen Chile of Pacific salmon. Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) / Japan International Cooperation Agency (JICA), 11 p.
- Castillo, A. A. 1988. Determinación de la madurez sexual de la merluza *Merluccius australis* (Hutton) 1872 en la pesquería sur austral. Informe Final de Práctica para optar al Título de Técnico Marino, Departamento de Biología y Tecnología del Mar, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano.
- Cayré, P. & F. Laloë. 1986. Review of the gonad index (GI) and an introduction to the concept of its "critical value" : application to the skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* in the Atlantic ocean. Marine Biology, 90: 345-351.
- Ciechowski, J. 1967. Carácter del desove y fecundidad de la merluza argentina, *Merluccius Merluccius hubbsi*, del sector bonaerense. Boletín Instituto de Biología Marina, Mar del Plata 13: 1-30.
- Clark, F.N. 1934. Maturity of the California sardine (*Sardinops caerulea*), determined by ova diameter measurements. Fish Bulletin, California Department of Fish & Game, 42: 1-49.
- Fischer, W. & F. Balbontín. 1970. On the investigation of ovarian cycle and fecundity of fish with special reference to partial spawners. Berichte der deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung, 21: 56-77.
- Foucher, R.P. & R.J. Beamish. 1977. A review of oocyte development in fishes with special reference to Pacific hake (*Merluccius productus*). Fisheries & Marine Service, Technical Report No. 755: I-IV + 1-16 p.

- Gayanilo, F.R.; Soriano, M. & D. Pauly. 1988. A draft guide to the compleat ELEFAN. ICLARM, Software 2, 65 p. International Center for Living Resources Management, Manila, Philippines.
- Grunwaldt, P. 1986. Contribución al conocimiento de la fecundidad y el carácter del desove de la merluza (*Merluccius hubbsi*). Publicación Comisión Técnica Mixta Frente Marino 1(1): 66-74.
- Herrera, G.; Bustos-Obregón, E. & F. Balbontín. 1988. Morphological aspects of gonadal maturation in the hake, *Merluccius gayi gayi*. Revista de Biología Marina, 24(1): 55-71.
- Hunter, J.R.; Lo, N.C.H. & R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax* (R. Lasker, Ed.) NOAA Technical Report, National Marine Fisheries Service 36: 67-77.
- Inada, T. 1981. Studies on the merlucciid fishes. Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory, 18: 1-172.
- Laroche, J.L. & S.L. Richardson. 1980. Reproduction of northern anchovy, *Engraulis mordax*, off Oregon and Washington. Fishery Bulletin, U.S. 78(3): 603-618.
- Nikolsky, G.V. 1963. The Ecology of Fishes. Academic Press, New York, 352 p.
- Ojeda, V. & M. Aguayo. 1986. Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*). Investigación Pesquera (Chile), 33: 47-59.
- Oosthuizen, E. & N. Daan. 1974. Egg fecundity and maturity of North Sea cod, *Gadus morhua*. Netherlands Journal of Sea Research, 8(4): 378-397.
- Patchell, G. J., Allen, M. & D. Dreadon. 1987. Egg and larval development of the New Zealand hoki *Macruronus novaezelandiae*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 21: 301-313.
- Poulsen, E. M. 1952. Informe al Gobierno de Chile sobre investigaciones biológicas acerca de los peces alimenticios de Chile, con referencia especial a la merluza. Informe FAO/ETAP N° 45, TA 253/S/2 Grupo II, FAO/52/11/6870, Roma, 78 p. + 12 figs. y 9 fotos.
- Ricker, W. 1973. Linear regressions in fishery research. Journal Fisheries Research Board of Canada, 30(3): 409-434.
- SAG. 1977. Anuario estadístico de pesca, Servicio Agrícola y Ganadero, División de Pesca y Caza, 68 p.
- Simpson, A.C. 1951. The fecundity of the plaice. Fishery Investigations, London, Serie 2, 17(5): 1-27.
- Zama, A. & E. Cárdenas. 1984. Illustrations of planktonic animals found in Aysen fiord and Moraleda Channel, the XI Región, Chile. Informational Brief, 6. Introduction into Aysen Chile of Pacific salmon. Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) / Japan International Cooperation Agency (JICA), 20 p.