

Fecundidad

Fecundidad absoluta

Se define fecundidad absoluta o total como el número de oocitos susceptibles de ser desovados por un pez en la temporada de puesta. Esta cantidad se estimó sobre la base de recuentos de oocitos provenientes de ovarios en EMS III. No se incluyeron los datos correspondientes a los ejemplares en EMS IIIa y IV debido a la posibilidad de que éstos hubieran efectuado un desove parcial previo. Por otra parte, se incluyeron en el cómputo los oocitos de 220 μm de diámetro o mayores, coincidiendo en este límite con el criterio aplicado por diversos autores (con ligeras variaciones en el diámetro elegido) en otras especies de peces (Clark 1934, Ciechowski 1967, Foucher and Beamish 1980). El diámetro señalado correspondería aproximadamente al inicio del proceso de vitelogénesis de los oocitos en especies del género *Merluccius* (Foucher and Beamish 1977). Al mismo tiempo, sólo se consideraron los ovarios que presentaban la moda de tamaño de oocitos más avanzada igual a 520 μm de diámetro o mayores. Se estimó que, una vez alcanzado este grado de desarrollo de los oocitos, no hay incorporación futura en la época de puesta de nuevos grupos de oocitos del stock de reserva (menores de 220 μm) a la masa de oocitos en vitelogénesis (Voighth y Balbontín, en prensa).

La fecundidad se relacionó con el peso corporal y la longitud total de las hembras. Para los tres puertos muestreados, el mejor ajuste para la relación entre la fecundidad y el peso corporal (figs. 13a, b y c) correspondió a una recta de la forma:

$$F = a + bP$$

Para la relación entre la fecundidad y la longitud total (figs. 14a, b y c) el mejor ajuste correspondió a una curva de potencia de la forma:

$$F = a L^b$$

en que F es fecundidad absoluta; P es el peso corporal en gramos; L es la longitud total expresada en cm; a y b son constantes.

La relación entre la fecundidad y el peso corporal se ha expresado en la forma común de una línea de regresión predictiva. Sin embargo Ricker (1973), considera la regresión funcional (o media geométrica) como la manera más adecuada de calcular esta relación. Las estimaciones así obtenidas tienen un sesgo menor. Esta línea de regresión funcional también se calculó y se trazó junto a la

línea de regresión predictiva en las figuras 13a, b, c. Los valores correspondientes a todas las ecuaciones de las regresiones se resumen en las tablas 5 y 6.

A las rectas de regresión predictivas estimadas para la relación entre la fecundidad y el peso corporal de los ejemplares de las tres áreas muestreadas se les calculó la banda con los extremos de los intervalos de confianza del 95% para una observación futura. Sea X_* el valor de la variable regresora para una observación futura; \hat{Y}_* es la predicción para la respuesta que entrega para ese punto el modelo estimado $\beta_0 + \beta_1 X$, donde β_0 y β_1 son los estimadores mínimo-cuadráticos. Un intervalo de confianza del 100 $(1 - \alpha)\%$ para la respuesta Y_* está dado por

$$\hat{Y}_* \pm t_{n-2}(\alpha/2) \cdot S \cdot (1 + V_*)^{1/2}$$

$$\text{donde } S = \sqrt{\frac{1}{n-2} (\Sigma(Y_i - \bar{Y})^2 - \hat{\beta}^2 \Sigma(X_i - \bar{X})^2)}$$

$$V_* = \frac{1}{n} + \frac{(X_* - \bar{X})^2}{\Sigma(X_i - \bar{X})^2}$$

$t_{n-2}(\alpha/2)$ es el percentil $1 - \alpha/2$ de la distribución t de Student con n-2 grados de libertad.

La utilidad de esta banda es que dado el valor de un predictor X se puede determinar gráficamente, mediante una vertical en X, los extremos del intervalo de confianza para una respuesta en Y.

Por otra parte, se compararon las pendientes de las tres rectas de regresión para determinar si eran iguales ($H_1: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$). La dódima de paralelismo está dada por:

$$F = \frac{(SCE_{H_1} - SCE) / (k - 1)}{SCE / (N - 2k)}$$

donde k es el número de rectas (en este caso $k = 3$); SCE, suma de la suma de los cuadrados del error en cada una de las regresiones; SCE_{H_1} , suma de los cuadrados del error bajo la hipótesis de pendientes iguales.

En el caso presente se obtuvo $F = 0,705$, con 2 grados de libertad en el numerador y 564 en el denominador. El valor obtenido implica que las pendientes no son significativamente distintas. A modo de comparación, a un nivel de significación del 10% la tabla entrega un valor 2,30.

No habiendo rechazado la hipótesis de paralelismo H_1 , se procedió a realizar la décima de coincidencia condicionada en H_1 , cuya estadística F está dada por la expresión

$$F = \frac{(SCE_{H_2} - SCE_{H_1}) / (k-1)}{SCE_{H_1} / (N-k-1)}$$

SCE_{H_2} es la suma de cuadrados del error bajo la hipótesis H_2 de coincidencia de las rectas correspondientes a cada puerto. Se obtuvo $F = 13,92$, que sobrepasa el valor de tabla para un $\alpha = 0,001$ ($F_{2,\infty} = 6,91$), lo que lleva a rechazar la hipótesis de coincidencia. No obstante este resultado, se realizó un análisis de covarianza bajo las mismas condiciones. Se obtuvo un valor $F = 13,92$ igual al valor calculado por el otro método, confirmando el rechazo a la hipótesis de coincidencia (tabla 7).

A continuación se llevó a cabo una décima de comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni que permite realizar todas las comparaciones pareadas de interés.

Al comparar Coquimbo con San Antonio la estadística pertinente da un valor -2,558 lo que indica que son significativamente distintos. Cuando se compara Coquimbo versus San Vicente la estadística da 2,096, valor que no es significativamente distinto. En la comparación de San Antonio con San Vicente la estadística da 5,240 lo que es significativamente diferente. El nivel de confianza es de 95% (Seber 1977: 402-403). El signo del valor calculado no se considera en el valor tabulado. Por lo tanto, el método permite detectar diferencias significativas entre los pares. Parecería apropiado realizar un análisis de regresión robusta para manejar apropiadamente la influencia de peces marcadamente discrepantes con el valor predicho por la recta estimada y que se encuentran en el extremo inferior del recorrido de la variable peso corporal (caso de San Antonio).

Fecundidad relativa y fecundidad promedio

La fecundidad relativa se define como el número de oocitos intraováricos por unidad de peso o de longitud del pez. Basándose en los datos de fecundidad absoluta de la merluza, se ha calculado para cada hembra el número de oocitos por gramo de peso corporal y por centímetro de longitud total. En las tablas 8, 9 y 10 se presentan los datos de fecundidad absoluta promedio para grupos de peso corporal y de longitud total de las hembras y la fecundidad relativa de los peces incluidos en cada grupo, expresada en las tablas como promedio del grupo. Se observa que para cada puerto, el número de oocitos/g de peso es independiente del peso corporal del pez. En cambio, el número de oocitos/cm de longitud se incrementa con el aumento de la longitud total del pez, coincidiendo con la forma de potencia de la curva de regresión calculada previamente para la relación fecundidad absoluta y longitud total de las hembras. En cuanto a la fecundidad absoluta promedio para los grupos de peso corporal y longitud total de las hembras, los datos concuerdan con los resultados obtenidos en el cálculo de las regresiones respectivas sobre la base de los datos de las observaciones individuales y que se han graficado en las figuras 13 y 14.

El valor promedio de la fecundidad relativa del total de peces agrupados por peso es 367/g para Coquimbo; 372/g para San Antonio y 322/g para San Vicente. Si se comparan estos resultados con los valores de fecundidad absoluta, se comprueba que las ecuaciones de las rectas estimadas para los mismos puertos mencionados (tabla 5), reflejan diferencias semejantes a las señaladas entre las fecundidades relativas.

Fecundidad modal

En la anchoveta de California (*Engraulis mordax*), Hunter y Goldberg (1980) determinaron la fecundidad modal ("batch fecundity"), es decir, el número de oocitos de la moda más avanzada que serán desovados. Para este fin, seleccionaron gónadas maduras que contenían oocitos hidratados pero que no presentaban folículos postovulatorios.

En el caso de la merluza, fue posible detectar claramente la moda más avanzada sólo en ovarios en EMS IV (hembras maduras). En cambio, en ovarios en EMS III y IIIa no se ubicaron con certeza los límites de la moda más avanzada. En estos dos últimos estados, los oocitos de mayor diámetro tienen alrededor de 620 μm . Este parece ser un límite de tamaño natural que separaría la masa de oocitos en vitelogénesis de aquellos que posteriormente experimentan un proceso rápido de hidratación que culmina con el desove (Foucher and

Beamish 1977). De esta manera se detectó con facilidad una moda que, para estos efectos, se le fijó un límite inferior igual a 720 μm . Además, los ovarios seleccionados debían tener oocitos de 920 μm de diámetro o mayores. El peligro de utilizar ovarios en EMS IV es la incertidumbre de que estos ovarios correspondan a peces que hayan sido capturados en proceso de desove o que la presión de las redes de pesca sobre los peces haya provocado la pérdida de oocitos maduros, a menos que se demuestre la ausencia de folículos postovulatorios. Por lo tanto, se deben tener presente estas consideraciones al analizar los resultados, los que necesariamente tienen carácter de preliminares.

Los datos correspondientes a número de oocitos de 720 μm y mayores se relacionaron con el peso corporal y la longitud total de los peces. De los tres puertos muestreados, sólo en San Antonio se contó con un número suficiente de observaciones como para efectuar un cálculo de regresión. Tanto con el peso como con la longitud de las hembras el mejor ajuste correspondió a una recta de regresión. Para las líneas de regresión predictiva común los valores estimados de las ecuaciones son:

Para peso corporal (fig. 15):

$$N = -57.016,11 + 206,87 P$$

en que N es el número de oocitos de 720 μm de diámetro y mayores; P es el peso corporal en gramos; $r = 0,88$ es el coeficiente de correlación y el número de ejemplares es 24.

Para longitud total (fig. 16):

$$N = -513.764,09 + 12.073,21 L$$

siendo en este caso L la longitud total en centímetros y $r = 0,83$.

Para el caso del peso corporal se calculó la línea de regresión funcional, en que la ecuación de la recta es la siguiente:

$$N = -20.299,16 + 171,86 P$$

Potencial de desove

Para determinar en qué proporción contribuyen al desove las merluzas de acuerdo con su talla, se calculó la fecundidad absoluta promedio de las hembras por grupos de longitud. Con los datos ya comentados de Saetersdal y Villegas (1968) sobre frecuencia de tallas de las hembras capturadas en San Antonio y San Vicente, se calculó el porcentaje de peces correspondiente a cada uno de los cinco grupos de longitud total señalados por estos autores. Con los

datos de fecundidad promedio se obtuvo el potencial de desove y finalmente el porcentaje en que cada grupo de longitud contribuye en el desove total de la población (tablas 14 y 15).

En San Antonio, las hembras que contribuyen en mayor medida en el desove son las de los grupos que comprenden a los ejemplares de las tallas menores. Los ejemplares mayores de 60 cm LT, si bien poseen la fecundidad promedio más alta, contribuyen sólo con un 3% en el desove. En San Vicente los resultados obtenidos difieren notablemente de los de San Antonio. Se observa que los peces de las tallas menores son los que menos influencia tienen en el potencial del desove. En cambio, los grupos de longitud intermedia y más grandes contribuyen en forma importante en el total del desove, destacándose entre ellos el grupo de 48 a 53 cm LT. A diferencia de San Antonio, la contribución al desove de acuerdo con la longitud de las hembras en San Vicente correspondería a la de una población subexplotada o sujeta a inmigraciones de ejemplares de tallas grandes provenientes de otras áreas. No se dispone de datos comparables para la merluza del puerto de Coquimbo.

Reabsorción de oocitos intraováricos

Con los datos correspondientes a los recuentos de oocitos en regresión (hembras en EMS V), se obtuvo una aproximación respecto al número de oocitos intraováricos que son reabsorbidos después del desove. Esta estimación permite ajustar los valores de fecundidad calculados para la merluza. La selección de las muestras a considerar en este cálculo presentó algunas dificultades. En efecto, los ovarios en EMS V avanzada no entregan valores confiables ya que probablemente muchos de los oocitos ya han sido reabsorbidos. Las muestras seleccionadas provinieron en su mayoría del período inmediatamente posterior a la época principal de desove. Se eligieron los ovarios que presentaban oocitos en regresión en un amplio rango de diámetros. Se constató que el proceso de reabsorción afecta a los oocitos de hasta 220 μm .

Los recuentos totales de oocitos en regresión se promediaron en los ejemplares agrupados por peso corporal en forma similar a la señalada en las tablas 8, 9 y 10. El valor promediado se expresó en porcentaje de la fecundidad promedio del grupo de peso corporal correspondiente. Se descartaron los porcentajes menores de 1,5 por considerarse datos no representativos. Se concluyó que alrededor del 5% del total de oocitos en vitelogénesis presentes en un ovario no llegan a ser desovados y son reabsorbidos. Este porcentaje es independiente del peso del pez. En un ejemplar proveniente de San

Vicente el porcentaje de oocitos en regresión alcanzó a 10%.

Número de desoves en la temporada de puesta

El análisis previo del ciclo ovárico y tipo de desove de la merluza demostró la existencia de un desove parcelado. Para determinar el número de veces que grupos de oocitos son expulsados en la temporada de puesta se siguió el criterio de Clark (1934) y MacGregor (1957). Algunos reparos a este método han sido señalados por Hunter y Goldberg (1980).

El cociente entre el número total de oocitos en vitelogénesis (de 220 μm de diámetro y mayores) y el número de oocitos en la moda de tamaño más avanzada (720 μm y mayores) se consideró como el número de desoves en la temporada.

Entre los cocientes calculados para cada puerto, aparecen algunos valores excesivamente altos (12,1 y 16,4 en Coquimbo; 11,5 en San Vicente) los que reflejarían justamente el caso de ejemplares que ya habrían iniciado el proceso de expulsión de algunos de los oocitos pertenecientes a la moda de 720-920 μm y mayores. Estos valores no se consideraron en los cálculos posteriores.

Tomando en cuenta la existencia de un desove parcial y que en el curso de la temporada de puesta debería ir disminuyendo el número total de oocitos intraováricos como resultado de la expulsión de grupos de oocitos maduros, se tabularon separadamente los datos de los ejemplares capturados en el inicio de la época de desove y los de la época de máximo desove (tablas 11, 12 y 13). En números enteros, se observa que los valores centrales (medianas) fluctúan entre 3 y 4. Tanto en Coquimbo como en San Antonio los valores correspondientes a la época de inicio del desove se aproximan a 4. En cambio, en la época de máximo desove señalada para cada puerto, el cociente se aproxima a 3. En San Vicente la diferencia entre los cocientes calculados para las dos épocas señaladas es menor de 1, manteniéndose éste cercano a 4.

Los cocientes obtenidos de cada pez se graficaron con la longitud total respectiva (fig. 17). Se observa que no hay correlación ($r = 0,05$; $n = 47$). Por lo tanto, se infiere que el número de desoves que puede realizar una merluza es independiente de la longitud total.

DISCUSION

Al comparar los resultados sobre la época de desove de la merluza con los datos entregados por otros autores (tabla 3), se constata que las épocas señaladas no coinciden completamente. Sin embargo, prácticamente todos señalan los meses de octubre y noviembre como de desove principal. En general, los meses señalados como de puesta en el presente trabajo concuerdan con las observaciones de De Buen (1958) y Fischer (1959). Balbontín *et al.* (1978) en un estudio de las variaciones de calcio sérico en merluza de Valparaíso, encontraron tanto hembras como machos en todos los EMS en cada mes del año. Resultados similares obtuvo Sánchez (1959) en Concepción. Guerra (1970) determinó extracto etéreo en músculo de merluza desembarcada en San Antonio durante un período de 13 meses, detectando un aumento en las curvas de engrasamiento a partir de abril para disminuir bruscamente en agosto. El descenso en agosto coincide con el inicio de la época principal de desove señalada en el presente estudio para San Antonio. Por otra parte, la inclusión de observaciones correspondientes a machos en la determinación de la época de puesta señalada por algunos autores y el no considerar la modalidad de desove parcial, puede ser en parte la causa de las discrepancias en los resultados obtenidos.

Con respecto a la longitud total de la primera madurez gonadal, se observa que el nivel correspondiente al 50% aumenta de norte a sur. Comparando estos resultados con los de Poulsen (1952) se constata que el valor de 35 cm LT calculado por este autor para la merluza hembra del área de Valparaíso-Papudo se ajusta perfectamente, al intercalarlo, a la tendencia señalada en el presente trabajo (entre los 32,2 cm de Coquimbo y los 36,2 cm de San Antonio). Poulsen señala para Concepción la talla de 40 cm LT para la primera madurez, coincidente con los datos presentes para San Vicente (39,4 cm LT).

Los datos conocidos sobre determinaciones de fecundidad en merluza de la costa de Chile son los de Delfin (1903) realizados en tres ejemplares y los de Sánchez (1959) presentados con carácter preliminar. Estudios efectuados sobre el ciclo sexual y fecundidad de otras especies de merluza, como *Merluccius merluccius hubbsi* de la costa argentina Ciechowski (1967) y *Merluccius productus* de California (MacGregor 1966) y del Estrecho de Georgia (Foucher and Beamish 1980) destacan la importancia del desove parcial y de la reabsorción de oocitos intraováricos.

Ciechowski (1967) concluye tentativamente que la merluza de la