

(SARDINOPS SAGAX)N.C.H. LO <sup>1</sup> , J. ALHEIT <sup>2</sup> y B. ALEGRE <sup>3</sup>

- <sup>1</sup> NOAA, National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Center, P.O. Box 271, La Jolla, California 92038, U.S.A.
- <sup>2</sup> Programa Cooperativo Peruano-Alemán de Investigación Pesquera (PROCOPA), Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao, Perú.
- <sup>3</sup> Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao, Perú.

Publicación N° 28 de PROCOPA

## RESUMEN

La fecundidad parcial promedio de sardina peruana (Sardinops sagax) de una colección de 91 peces de Chimbote, Perú, en setiembre-octubre 1982 fue de 55,000 (error standard = 140) y la fecundidad relativa (número de ovocitos hidratados por gramo de peso de la hembra) fue de 300 (error standard = 40). La relación entre la fecundidad parcial y el peso del pez puede ser expresada por una función lineal. Para estimar la fecundidad parcial, se recomienda tomar tres submuestras de diferentes posiciones del más grande de los dos ovarios porque se encontró que las densidades de los ovocitos hidratados dentro del ovario fueron diferentes. Se ha comparado la estimación de algunos parámetros relacionados a la fecundidad parcial entre sardina peruana y anchoveta del norte (Engraulis mordax).

---

## ABSTRACT

The average batch fecundity of Peruvian sardine (Sardinops sagax) from a collection of 91 fish off Chimbote, Peru, in September-October 1982 was 55,000 (se = 140) and the relative fecundity (number of hydrated oocytes per gram female weight) was 300 (se = 40). The batch fecundity and fish weight relationship can be expressed by a linear function. We recommended three subsamples taken at different locations from the larger of the two ovaries for estimating the batch fecundity because the egg densities were found to be different within the ovary. Estimates of some parameters related to batch fecundity were compared between Peruvian sardine and northern anchovy (Engraulis mordax).

## INTRODUCCION

Normalmente se estima la fecundidad parcial de un pez contando los huevos en submuestras de tejido ovárico porque se perdería demasiado tiempo en contar todos los huevos que se encuentran dentro del ovario (Hunter et al. 1984). Se ha investigado muchos aspectos de la fecundidad parcial de la anchoveta del norte (Engraulis mordax) (Hunter y Goldberg 1980, Hunter y Macewicz 1980, Hunter et al. 1984) y la fecundidad parcial de sardina del Pacífico (Sardinops caerulea) fue estimada por MacGregor (1957). En este trabajo, para estimar la fecundidad parcial de la sardina peruana (Sardinops sagax) hemos seguido el procedimiento desarrollado para estimar la fecundidad parcial de anchoveta del norte. Se ha examinado estadísticamente los conteos de ovocitos hidratados de submuestras de ovarios de sardina y el efecto de localización y número de estas submuestras sobre la estimación de la fecundidad parcial de la sardina peruana. También examinamos la relación funcional entre la fecundidad parcial y el peso del pez porque los peces más grandes llevan más huevos. Finalmente hemos comparado algunos parámetros relacionados a la estimación de la fecundidad parcial entre sardina peruana y anchoveta del norte.

---

## MATERIAL Y METODOS

Las sardinas procedieron de bolicheras comerciales de Chimbote, Perú, entre setiembre y octubre 1982. Para estimar la fecundidad de sardina, se usó el estado de predesove, cuando los ovarios están hidratados (Hunter y Goldberg 1980). Enseguida de sacar las sardinas de la bolichera, se abrió la cavidad del cuerpo desde el ano hasta las aletas pectorales y los ovarios se preservaron en solución de formalina buferada (Hunter *et al.* 1984).

Para determinar la fecundidad parcial se siguió el procedimiento descrito por Hunter *et al.* (1984). En el laboratorio, se secó el ovario con papel filtro y se pesó lo más próximo a 10 mg. Tres submuestras se tomaron del ovario más grande. Sus posiciones fueron: distal-dorsal (superficial), central (interior), apical-ventral (superficial) (Fig. 1). En 60 hembras se tomaron también tres submuestras del ovario más pequeño.

Las tres submuestras sacadas del tejido ovárico tuvieron un peso aproximado de 100 mg. Cada submuestra fue extendida sobre una lámina porta-objetos y se le agregó una gota de glicerina. Se contó el número de ovocitos hidratados en cada submuestra.

Para determinar la fecundidad parcial, se calculó el número de ovocitos hidratados por gramo de submuestra y luego se multiplicó por el peso total del ovario. La fecundidad parcial por hembra fue calculada como el promedio derivado de estas submuestras.

### Posición de las submuestras dentro del ovario

Las submuestras pueden ser tomadas tanto del ovario derecho como del izquierdo, de la parte superficial o interna, y de la parte posterior o anterior del ovario. Para estandarizar el procedimiento es importante fijar la posición de las submuestras. Para determinar los efectos de la posición de las submuestras dentro del ovario, en la estimación de la fecundidad parcial, analizamos los

---

conteos de ovocitos hidratados de seis submuestras ováricas (tres de cada ovario) de 60 peces. Las tres posiciones usadas son distal-dorsal (superficial), central (interior) y apical-ventral (superficial). Para cada submuestra de tejido, se obtuvo el número de ovocitos hidratados por gramo de ovario ( $y/z$ ) ( $y$  = número de ovocitos hidratados y  $z$  = peso de la submuestra). Se realizó análisis de varianza (dos ovarios y tres posiciones) con los números de ovocitos hidratados por gramo de ovario (Tabla 1). El análisis indicó que la diferencia entre las densidades de ovocitos hidratados de los dos ovarios no fue detectable. Sin embargo, las densidades de ovocitos hidratados de las tres posiciones no fueron las mismas: la densidad de los ovocitos hidratados de la posición distal-dorsal fue siempre menor que las otras dos posiciones. La menor densidad de ovocitos hidratados por unidad de peso en la posición posterior (distal-dorsal) fue probablemente causada por la hidratación avanzada de los ovocitos en esta parte del ovario. En anchovetas y sardinias, la hidratación de los ovocitos que van a ser desovados en la noche, comienza en la mañana del mismo día y continúa hasta el desove. Mientras que este proceso parece ocurrir con la misma velocidad en todas las partes del ovario de anchoveta, en la sardina parece avanzar en forma desigual en las diferentes partes del ovario. También se notó que la varianza de la densidad de los ovocitos hidratados dentro del ovario fue homogénea entre ovarios.

#### Número óptimo de submuestras (m)

El número óptimo de submuestras fue determinado de acuerdo al procedimiento desarrollado para la fecundidad parcial de anchoveta del norte (Lo Ms, Hunter *et al.* 1984). Basado en un modelo de efectos aleatorios (Scheffé 1959), el número óptimo de submuestras fue definido como el que produce la mejor estimación de la varianza ( $\sigma_A^2$ ) asociada con el modelo. Este modelo está ajustado a la fecundidad parcial ( $Y$ ) y al peso del pez ( $X$ ), cuando se han contado todos los ovocitos hidratados. El modelo general puede ser descrito como  $Y = f(X) + a$ , donde  $a$  es el término de error con promedio = 0 y varianza =  $\sigma_A^2$ . Cuando el número de los ovocitos hidratados es estimado en base de  $m$  sub-

muestras (denotado por Y), el modelo  $f(X)$  es ajustado a los datos (Y, X). La varianza ( $\sigma_{\xi}^2$ ) asociada al modelo ajustado a los datos (Y, X), tiene dos fuentes la desviación de Y respecto del valor de  $f(X)$ ,  $\sigma_A^2$ , y la desviación de  $\hat{Y}$  de Y,  $\sigma_e^2$ , en la forma de  $\sigma_{\xi}^2 = \sigma_A^2 + \sigma_e^2/m$ . La varianza ( $\sigma_{\xi}^2$ ) puede ser estimada por medio de un análisis de regresión. La varianza ( $\sigma_e^2$ ) puede ser estimada de las unidades de las submuestras. La estimación de  $\sigma_A^2$  ( $s_A^2$ ) puede ser obtenida por sustracción:  $s_A^2 = s^2 - s_e^2/m$ . El principal parámetro estadístico para el cómputo del número óptimo de submuestras es  $\theta = s_e^2/s_A^2$ . Para la sardina peruana,  $\theta = 0.35$  (Tabla 2). Según Lo (Ms), si  $\theta < 0.5$ , el número óptimo de submuestras dentro del ovario es 2. Entonces la varianza asociada con el modelo que está ajustado a la fecundidad parcial estimada de dos submuestras es, en promedio, 1.2 veces la varianza del modelo cuando son contados todos los ovocitos hidratados (Hunter et al. 1984). El número óptimo de submuestras para otros valores de  $\theta$  son indicados en Lo (Ms) y Hunter et al. (1984).

#### Relación funcional entre la fecundidad parcial y el peso del pez sin ovario

La fecundidad parcial (Y) de un pez varía con su peso (X). Es necesario la selección de un modelo apropiado para describir la relación entre la fecundidad parcial y el peso del pez. Para determinar esta relación, hemos agregado 31 peces más a la colección original de 60 ejemplares. Para cada uno de los 91 peces se usaron tres submuestras tomadas del ovario más grande y la estimación de la fecundidad parcial (Y) se computó como el número promedio de ovocitos hidratados por gramo de ovario ( $y/z$ ) de las submuestras, multiplicado por el peso total (Z) del ovario ( $Y = Z (\Sigma(y/z)/3)$ ). Se ajustaron 5 modelos a los datos de sardina (Y, X) (Tabla 3). Entre estos 5 modelos  $Y = a + b/n(X)$  tuvo el promedio más bajo. Los 5 mínimos cuadrados no fueron estadísticamente diferentes.

## DISCUSION

Como se ha detectado una diferencia significativa entre las densidades de los ovocitos hidratados del ovario derecho e izquierdo, las submuestras pueden ser tomadas de cualquier lado. El número mínimo de submuestras de un ovario debería ser de dos. Por conveniencia se recomienda tomar tres submuestras porque el tiempo que se necesita para procesar una submuestra adicional es alrededor de 10-15 minutos. Sin embargo, si los costos de procesamiento de las submuestras son altos, una sola submuestra por hembra tomada de la parte central del más grande de los dos ovarios debe ser suficiente, porque la varianza en la estimación de la fecundidad parcial dentro de las submuestras es pequeña comparada con la varianza de la fecundidad parcial asociada con el modelo (Fig. 2, Tabla 2).

La fecundidad parcial de la anchoveta del norte fue estimada primeramente en 1950 (MacGregor 1968) y para cada año desde 1978. La fecundidad parcial por gramo de hembra de anchoveta varió entre años. El promedio (1978-83) de la fecundidad relativa (fecundidad parcial por gramo de hembra) es 614 (error standard = 0.19) y la fecundidad parcial es 8,435 (error standard = 213). La fecundidad relativa de sardina es 283 (error standard = 40) y el promedio de la fecundidad parcial es 54,567 (error standard = 136). El tamaño promedio de sardinias hembras (160 grs) muestreadas frente al Perú fue más grande que las anchovetas hembras (15 grs) muestreadas en California ya que la fecundidad relativa de las sardinias fue sólo la mitad que la fecundidad de las anchovetas (Tabla 4). La posición de las submuestras usadas para estimar la fecundidad parcial no es tan importante para las anchovetas como para las sardinias posiblemente debido también a la heterogeneidad en la hidratación. En sardinias, la densidad de los huevos de la posición posterior del ovario parece ser siempre menor que en otras partes del ovario. Las densidades de los huevos del ovario derecho e izquierdo fueron similares para ambas, sardina y anchoveta.

La relación entre fecundidad parcial y el peso de la hembra (sin ovario) puede ser expresada por una función lineal para ambas, anchoveta y sardina. Para la anchoveta del norte anteriormente se usó un modelo exponencial y un modelo lineal. Ahora se aplica el lineal. Para una comparación directa de estas dos especies, se escogió el modelo lineal porque el coeficiente de regresión es la fecundidad parcial por gramo de hembra.

## REFERENCIAS

- MacGregor, J.S. 1957. Fecundity of Pacific sardine (Sardinops caerulea). Fish. Bull., U.S. 57:427-449.
- 1968. Fecundity of northern anchovy, Engraulis mordax Girard. Calif. Fish. Game. 54:281-288.
- Hunter, J.R. and S.R. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, Engraulis mordax. Fish. Bull., U.S. 77:641-652.
- and B.J. Macewicz. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency, and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, Engraulis mordax, during the 1970 spawning season. Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep. 21: 139-149.
- , N.C.H. Lo and R.J.H. Leong. 1984. 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. (Ed. R. Lasker). Southwest Fisheries Center. Adm. Rep. LJ-84-37: 204-246.
- Lo, N.C.H. Ms. Application of random-effects model to estimation of batch fecundity of northern anchovy - sample size determination.
- Scheffé. 1959. The analysis of variance. John Wiley and Sons, New York, 477 pp.
-

TABLA 1. Análisis de varianza de dos vías para verificar el efecto de la posición de la submuestra en el ovario de la sardina, sobre el número de huevos hidratados por gramo de ovario, en base a los datos tomados de 60 hembras. Las tres posiciones son I = distal-dorsal (superficie), II = central (interior), y III = apical-central (superficie) para el ovario derecho (R) y el izquierdo (L).

Número promedio de huevos por gramo de ovario

		Posiciones			
		I	II	III	TOTAL
R	y/z	2055	2265	2310	2210
	s	349	380	445	407
	n	60	60	60	180
L	y/z	2060	2366	2324	2250
	s	359	400	343	391
	n	60	60	60	180
TOTAL	y/z	2058	2316	2317	2230
	s	352	392	396	399
	n	120	120	120	360

Análisis de varianza de dos vías del número de huevos por gramo de ovario

<u>SS debido a</u>	<u>D.F.</u>	<u>SS</u>	<u>MS</u>	<u>F</u>
Derecho versus Izquierdo	1	145563	145563	1
Posición dentro del Ovario	2	5352096	2676048	18.45
Interacción	2	169191	84596	0.58
Error	354	51355044	145071	
Total	359	57021891		



TABLA 2. Estimación del parámetro  $\theta = \sigma_e^2 / \sigma_A^2$  para la determinación del número óptimo de submuestras dentro del ovario. Un modelo lineal ( $Y = 5514 + 281X$ ) fue usado el que está basado en 60 sardinas peruanas ( $n = 60$ ) con seis submuestras.

Fuente de Variación	Fórmula	Estimación
Dentro del Ovario: ( $s_e^2$ )	$\frac{\sum_{i=1}^{60} \sum_{j=1}^6 (Y_{ij} - \bar{Y})^2}{60 (6 - 1)}$	25 450 500
Valor Residual de	Sumas Residuales de Cuadrados	75 973 952
$\hat{Y} = f(X) + \xi$ ( $s^2$ )	(60 - 2)	
Valor Residual de		71 732 202
$Y = f(X) + a$ ( $s_A^2$ )	$s^2 = s_e^2 / 6$	
Coeficiente de Varianza:	$s_e^2 / s_A^2$	35

TABLA 3. Cinco modelos usados para expresar la relación entre la fecundidad parcial de la sardina (y) y el peso de la hembra (sin ovario) (x), en base a 91 hembras con tres submuestras.

MODELO	P A R A M E T R O S				
	a (se)	b (se)	c (se)	MSE( $s_e^2$ ) X $10^{-7}$	$r^2$
$y=a+bx$	9435 (5801)	283 (36)		9.986	0.41
$y=ax^b$	851 (452)	0.82 (0.10)		9.943	
$y=ae^{bx}$	25361 (2064)	0.005 (.0006)		10.281	
$y=a(b/a)e^{-c(x-100)}$	82145 (16576)	33586 (4350)	0.014 (0.007)	9.894	
$y=a+b\ln(x)$	-179523 (29012)	46300 (5735)		9.817	0.42

TABLA 4. Parametros relacionados a la fecundidad parcial de la sardina peruana y la anchoveta del norte (x = promedio, SE = error estandard).

	Sardina peruana			Anchoveta del norte (1978-83)		
	$\bar{x}$	SE	n	$\bar{x}$	SE	n
Peso de Hembra (g) (sin ovario)	160	3	91	15	0.28	419
Peso del Ovario (g)	28	0.93	91	3	0.07	419
Regresión de la Fecundidad relativa	283	36	91	614	0.19	419
Mejor Modelo :	$Y=a+b\ln(x)$			$y=a+bx$		

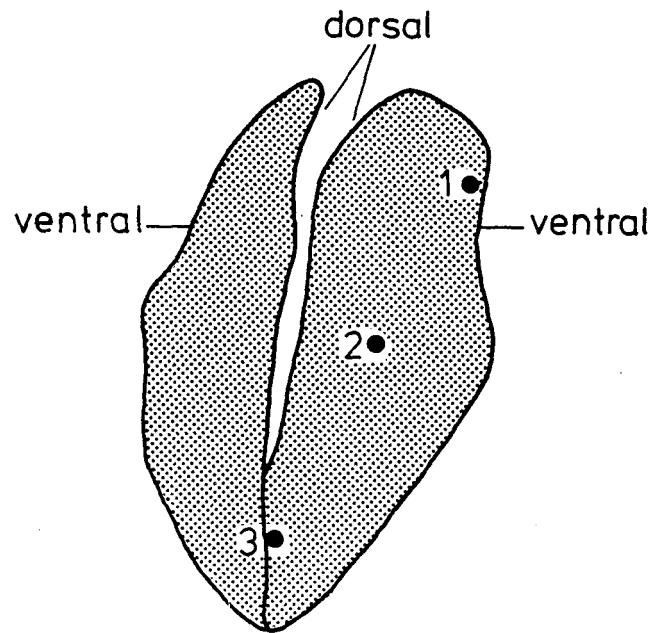


Figura 1. Posiciones de las tres submuestras tomadas del ovario de la sardina peruana. 1. apical-ventral (superficie), 2. central (interior), 3. distal-dorsal (superficie).

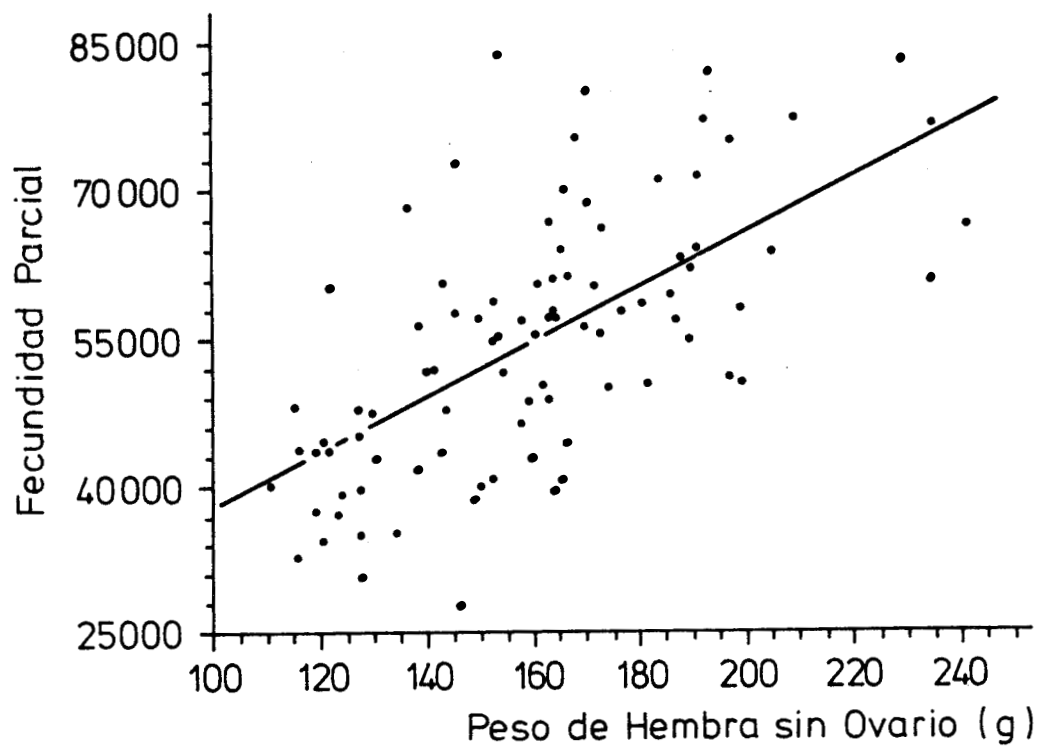


Figura 2. Diagrama de puntos de la fecundidad parcial y del peso de hembra (sin ovario) y un modelo ajustado a los datos ( $y = a + bx$ ).