

ESTIMACION DE LA BIOMASA DE LA POBLACION DESOVANTE
DE ANCHOVETA PERUANA *Engraulis ringens* EN 1981
POR LA APLICACION DEL "METODO DE PRODUCCION DE HUEVOS"

Haydee Santander¹, Juergen Alheit² y Paul E. Smith³

1 Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao - Perú.

2 Programa Cooperativo Peruano Alemán de Investigación Pesquera (PROCOPA), Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao, Perú.

3 NOAA, National Marine Fisheries Service Southwest Fisheries Center, P.O. Box. 271, La Jolla, California 92034 U.S.A.

RESUMEN

Un nuevo método, "Método de Producción de Huevos", fue usado para estimar la biomasa desovante de la anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, de las áreas norte y central. Este método se basa en el estimado conjunto de la producción de huevos por unidad de peces adultos por unidad de tiempo. Se describe el método en detalle. Se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Producción de huevos en el área investigada: 6.4963×10^{13} huevos
2. Fecundidad parcial: 15,401 huevos/hembra.
3. Porcentaje de hembras desovantes/día: 16.04 %
4. Proporción sexual: 56.43 % de hembras.
5. Peso promedio de hembras 25.84 g.
6. Mortalidad diaria de huevos 65 %

La biomasa desovante del stock de anchoveta de las áreas norte y central en agosto - septiembre de 1981 fue de 1.2 millones de toneladas métricas con límites de confianza a 95 % de ± 56.80 %

ABSTRACT

A new method, the "Egg Production Method", was used to estimate the spawning biomass of the central and northern stock of Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. It is based on the joint estimation of the egg production per unit sea area and the egg production per unit adult fish per unit time. The method has been described in detail. The following results were obtained:

1. Daily egg production in the surveyed area: $6,4963 \times 10^{13}$ eggs.
2. Batch fecundity: 15,401 eggs/female.
3. Percentage of females spawning/day: 16.04 %
4. Sex ratio 56.43 % females.
5. Average female weight: 25.84 g.
6. Daily egg mortality: 65 %

The spawning biomass of the central and northern anchovy stock in August/September 1981 was 1.2 million metric tons with 95 % confidence limits ± 56.80 %

INTRODUCCION

La biomasa de la anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, ha sido estimada por métodos acústicos y análisis de población virtual. Reconociendo la necesidad de un estimado independiente de la biomasa de la población de anchoveta, el Instituto del Mar decidió en noviembre de 1980, aplicar el "Método de Producción de Huevos" (MPH) para estimar la biomasa del stock norte y cen-

tral de la anchoveta peruana.

El "Método de Producción de Huevos" es un nuevo método para el estimado absoluto, instantáneo y directo de la biomasa desovante. Se basa en el estimado conjunto de la producción de huevos por unidad de área de mar, por unidad de tiempo y producción

de huevos por unidad de peces adultos por unidad de tiempo (Parker, 1980; Stauffer and Picquelle, 1980). Los parámetros del modelo (Parker, 1980) del "Método de Producción de Huevos" incluyen estimados de la producción diaria de huevos en el mar, fecundidad parcial, frecuencia de desove, proporción sexual y peso de hembras.

El MPH ya ha sido exitosamente usado tres veces por el Southwest Fisheries Center, California, para estimar la biomasa desovante de la anchoveta del norte en 1980 (Stauffer and Picquelle, 1980); en 1981 (Stauffer and Picquelle, 1981) y 1982 (Picquelle and Hewitt, 1982). Las ventajas del MPH son (Stauffer and Picquelle, 1980):

1. Gran reducción de tiempo de barco y costos asociados requeridos;
2. Cada parámetro incluido en el modelo de biomasa se basa en una interpretación biológica y no es dependiente de los estimados históricos o índices de abundancia;
3. El nivel de precisión de cada parámetro y del estimado final de biomasa puede ser determinado;
4. Provee un estimado instantáneo de producción de huevos y de biomasa desovante.

El MPH se originó en el hallazgo de Hunter and Goldberg (1980) por el que los folículos post-ovulatorios, que son estructuras que permanecen en el ovario después que la hembra ha desovado, pueden ser usados para determinar el tiempo que ha transcurrido desde el último desove.

Usando ejemplares de anchoveta vivos en el

laboratorio, que fueron inducidos a desovar artificialmente (Leong, 1971), Hunter and Goldberg (1980) y Hunter and Macewicz (1980) han podido determinar la edad de los folículos post-ovulatorios.

La incidencia de los folículos post-ovulatorios de determinada edad es usada para determinar la frecuencia del desove. La fecundidad parcial es determinada por conteo del número de ovocitos hidratados (Hunter and Goldberg, 1980, Hunter and Macewicz, 1980).

El número de muestras de huevos requerido para obtener un estimado de precisión razonable fue determinado anteriormente en base a resultados de cruceros previos de IMARPE y EUREKAS entre los años 1965 y 1979 (Santander et al., 1982). Los detalles técnicos del planeamiento del crucero son descritos en Smith et al. (1983).

El proyecto fue desarrollado por el Instituto del Mar en el marco del "Proyecto Cooperativo Peruano-Alemán de Investigación Pesquera" (PROCOPA), que parcialmente es financiado por la Agencia Alemana de Cooperación Técnica, (GTZ) y el Southwest Fisheries Center.

A fines de 1980 se inició la preparación para llevar a cabo el estimado de biomasa durante la principal estación de desove de 1981. El crucero se realizó entre agosto y setiembre de 1981. Las muestras se procesaron hasta diciembre de 1981. Los resultados finales se presentaron en enero de 1982. Esta contribución presenta los resultados del estimado de la biomasa desovante de la anchoveta peruana y describe en detalle los métodos usados.

MÉTODOS

Durante el ciclo de desarrollo desde el ovocito sin vitelo en el ovario hasta ser depositado en el mar, el huevo pasa a través de una serie de diferentes estadios. El método para el estimado de biomasa desovante de anchoveta (Parker, 1980) que aquí se describe, se basa en gran parte en la determinación de estos estadios (Hunter and Goldberg, 1980) (Fig. 1). El pequeño ovocito sin vitelo, con un diámetro menor de 0.2 mm. (1), crece en el ovario hasta alcanzar un diámetro de 0.5 a 0.7 mm, proveyéndose de vitelo (2). El ovocito es circundado por una capa folicular. De 10 a 15 horas a-

proximadamente antes del desove, el ovocito comienza a hidratarse.

El eje mayor del ovocito, el cual ahora ha adoptado la forma ovoidal típica del huevo de anchoveta se incrementa a 1.3 mm. (3), con lo que el volumen total aumenta cuatro veces Hunter et al., (1984). Este proceso es llamado hidratación. Los ovarios con ovocitos hidratados son reconocibles fácilmente a la vista, porque la dilución del vitelo hace transparente a los ovocitos. Después del desove, el folículo, ahora llamado folículo post-ovulatorio (4), se pliega pero per-

mancee en el ovario y degenera rápidamente en los 3 días siguientes. (Hunter and Goldberg, 1980).

Luego el huevo deja el folículo y el ovario y es depositado en el mar (5). Después de la fertilización en el mar, pasa por una serie continua de diferentes estadios (Fig.5) cuya duración es dependiente de la temperatura del mar donde se desarrolla.

I. Muestreo en el campo.

Se decidió estimar la biomasa desovante de la subpoblación norte-central de la anchoveta, la cual se extiende de Pisco en el sur ($14^{\circ}00'S$), a Punta Aguja en el norte ($06^{\circ}00'S$) (Fig.2). Investigaciones previas de huevos y larvas (Santander y S. de Castillo, 1979), mostraron que la subpoblación del sur tiene su límite norte en la latitud $14^{\circ}S$. Como el rango de la subpoblación del sur se extiende en aguas chilenas, las que no podrían ser incluidas en este cruceo y como la disponibilidad de tiempo del barco no fue suficiente para cubrir toda la costa peruana, el estimado de biomasa desovante se limitó a la subpoblación norte-central de la anchoveta.

1. Muestreo de la anchoveta adulta.

La anchoveta adulta fue pescada con "boliche" desde una bolichera, la "Loreto 5", la cual tiene una capacidad de 270 toneladas. El boliche tenía una profundidad de 70 m y una circunferencia de 800 m. Durante el cruceo fue reemplazado por otro con una circunferencia de 700 m.

Siguiendo la metodología del estimado de biomasa de la anchoveta de California (Stauffer and Picquelle, 1980), se estimó que se requería un mínimo de 40 calas positivas para cubrir suficientemente la subpoblación norte-central. El cruceo del 25 de agosto al 17 de setiembre se inició en el sur y prosiguió en dirección norte, de 5 a 10 días después del cruceo de muestreo de huevos con el BIC Humboldt.

Debido a las condiciones adversas del clima y la escasez de cardúmenes de anchoveta lejos de la costa, el boliche fue generalmente usado dentro de las 20 millas de la costa y los cardúmenes de anchoveta fueron detectados con

ecosonda. El número total de calas positivas para anchoveta fue de 49. La mayor parte de las muestras provienen del sur del área de investigación debido a las condiciones adversas del clima en el norte, lo que impidió el uso del boliche, (Fig.2). Todas las calas, excepto una, fueron hechas entre las 7.00 y las 23.00 horas (Tabla 4).

Una cala típica desde el lanzado de la red hasta su recuperación a bordo duró usualmente de 2 a 3 horas. Una vez en cubierta, se procedió a abrir los peces desde el ano hasta las aletas ventrales. Debido a la rápida degeneración de los folículos post-ovulatorios, solamente los ejemplares que llegaban vivos a bordo fueron seleccionados.

Los peces fueron preservados en solución de formaldehído al 4 % buferada, la que se preparó según Hunter, (1984).

La fórmula para la preparación de 10 litros de esta solución es la siguiente:

9 litros	agua destilada
1 litro	solución de formaldehído (40 %)
65 gramos	fosfato de sodio dibásico (granular Na_2HPO_4)
40 gramos	fosfato de sodio monobásico (granular $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$).

Debido a que los ejemplares debían someterse a análisis histológicos, el uso de formaldehído mezclado con agua de mar tuvo que ser evitado porque causa un precipitado blanco. Si no se dispone de agua destilada se puede usar agua fresca. Para asegurar la preservación, solamente 5 ejemplares fueron colocados en cada recipiente de 1 litro.

El número de peces colectados por muestreo fue determinado de acuerdo a un esquema sugerido por MacCall (Ms). El objetivo principal de este esquema fue obtener 25 hembras de cada cala. Con el fin de minimizar la subjetividad y maximizar la conveniencia y utilidad, MacCall propone el siguiente procedimiento:

- a. Inmediatamente después que los peces están a bordo, dos personas seleccionan anchovetas al azar, les hacen una incisión y las colocan en recipientes.
- b. Una persona llena 5 recipientes con peces no examinados (5 ejemplares por recipiente). Luego espera instrucciones de la otra.
- c. La otra persona sexa 10 anchovetas y las coloca en dos recipientes. Cuenta el número de hembras y consulta la carta de decisión (Tabla 1a) sobre el procedimiento a seguir.
- d. Ambas personas continúan preservando peces no examinados hasta que haya sido completado el número suficiente de recipientes.

Ejemplo:

Cada recipiente debe contener 5 ejemplares. Suponiendo que se encuentran 7 hembras entre los primeros 10 ejemplares sexados (Tabla 1a, columna 1), según la columna 2, tienen que ser sexados 10 ejemplares adicionales. Y si 5 ejemplares de éstos son hembras, dan un total de 12 ejemplares hembras (columna 1). Según la columna 3, 7 recipientes más tienen que ser llenados con peces. La Tabla 1b indica el número total de recipientes y el número total de peces que ellos contienen. En este ejemplo, después de examinar el segundo lote de 10 peces, se encontró un total de 12 hembras. Para la preservación de 20 peces originalmente sexados (dos lotes de 10 ejemplares), se necesitaron 4 recipientes. Se prepararon 7 recipientes adicionales (columna 2). Los 11 recipientes contienen un total de 55 ejemplares (Tabla 1b).

En las calas donde la proporción de ejemplares hembras es bajo, puede ocurrir que tienen que ser sexados varios cientos de peces hasta encontrar 25 ejemplares hembras, para lo cual se estableció la preparación de un límite arbitrario de 24 recipientes (o sexar 120 ejemplares). La base estadística para este procedimiento de muestreo se describe en Marshall (1981).

Estos peces fueron muestreados para análisis histológicos, con el fin de registrar la incidencia de folículos post-ovulatorios para la determinación de frecuencia del desove. Después que fue colectado el número señalado de peces, se hizo un intento de muestrear 25 hembras adicionales con visibles ovarios hidratados para la determinación de fecundidad. Sin embargo, como la hidratación se puede diferenciar al ojo solamente cuando está en estado muy avanzado, se chequearon solamente las calas después de 16.00 hrs. para ejemplares adicionales de hembras hidratadas.

2. Muestreo de huevos de anchoveta.

Santander et al. (1982) estudiaron la probabilidad de distribución de huevos de anchoveta, a partir del análisis estadístico de 4,000 muestras de ictioplancton, colectadas entre 1965 y 1979 en el área principal de desove de la anchoveta peruana.

Determinaron que eran necesarios alrededor de 1,000 muestras de ictioplancton en el área entre Punta Aguja y Pisco para obtener una precisión de 30% en el estimado de la producción de huevos en el mar. Este fue el objetivo del crucero de muestreo entre agosto y setiembre de 1981.

Los requisitos considerados en la planificación del crucero fueron:

1. La máxima cobertura latitudinal del área de desove, que incluye el área principal de desove de los últimos años, que se extiende de Punta Aguja a Pisco de 06°00' a 14°00'S (Santander, 1981).
2. La cobertura en distancia de la costa. Para cubrir el área de desove, se decidió abarcar hasta 90 millas de distancia de la costa, previendo una mayor expansión del desove de la anchoveta, así como cubrir además el área de desove de sardina (*Sardinops sagax*) para la planificación del muestreo de esta especie en 1982.
3. La colección vertical máxima en relación a la distribución del desove, que es de 70 metros a la super-

ficie (Santander y S. de Castillo 1973).

4. La realización del cruceo durante el pico del desove entre agosto y setiembre.

Los detalles técnicos del cruceo son descritos en Smith *et al.* (1983). Las estaciones de muestreo fueron distribuidas en 53 perfiles perpendiculares a la costa (Fig. 3), 18 perfiles de 90 millas con aproximadamente 31 estaciones en cada uno y 35 perfiles de 30 millas con 11 estaciones por perfil. La distancia entre perfiles fue de 10 millas, y la distancia entre estaciones de muestreo fue de 3 millas.

El muestreador utilizado fue la red CalVET (CALCOFI vertical egg tow) diseñado por P.E. Smith, fundamentalmente para la aplicación del "Método de Producción de Huevos" (Fig.4). Las características de este muestreador son 25.23 cm de diámetro de boca, con un área de 0.05 m², y la malla es de 333 μ . La medida de la malla esta seleccionada para la retención de los huevos de anchoveta (P.E. Smith, Ms).

El tamaño del muestreador, así como la forma de colección vertical, facilitan el manejo del equipo y reduce el volumen del agua filtrada en la columna muestreada, lo que facilita el procesamiento de la muestra en el laboratorio.

Se instaló un flujómetro tipo digital Modelo 2031 en la boca de la red para controlar la obstrucción de la malla, la que es detectada por cambios en las lecturas consecutivas.

Se usó un depresor cilíndrico de 36 kilogramos.

La colección que se hace es en la columna vertical de 70 metros de profundidad a la superficie, en un minuto con una velocidad promedio de 1.17 m/seg. En una colección la red filtra 3.5 m³ de agua (70 m x 0.05 m²). Las muestras de huevos fueron colectadas durante el cruceo BIC Humboldt, de Pisco a Punta Aguja del 21 de agosto al 13 de setiembre.

Se colectaron 925 muestras de ictio-plancton con la red CalVET. En cada

estación de muestreo se registró la temperatura en superficie y a 10 m de profundidad. Se tomaron muestras de agua con botellas Niskin a 10 m de profundidad para determinar la composición del fitoplancton.

Las muestras se preservaron con formalina al 5 % neutralizada, para lo que se procedió de la siguiente forma:

Se vació totalmente la muestra de la bolsa colectora, ayudándose con agua de mar (de una piceta) a un frasco de 500 cc. de capacidad a través de un embudo.

Se ocupa 3/4 del frasco aproximadamente con agua de mar, se agrega con una jeringa hipodérmica 25 cc de formalina concentrada (40 %) y 10 cc. de solución de borato de sodio. Se completa el frasco con agua de mar.

II. Procedimiento en el laboratorio.

1. Muestras de peces.

Para la determinación de la frecuencia del desove y la proporción sexual se requirieron por cada cala 20 hembras maduras y 800 g de peces respectivamente. Un mínimo de 25 hembras fueron submuestreadas de cada cala, para análisis histológicos, incluyendo a las hembras inmaduras. Los peces preservados de cada cala fueron procesados al azar hasta obtener los 2 mínimos requeridos (25 hembras y 800 g de peces). La longitud de cada pez fue medida con aproximación de 1 mm. y después de la remoción del exceso de fluido el peso total del cuerpo fue pesado con aproximación de 0.01 g. Se extrajeron los ovarios, se secaron con papel secante y se pesaron con aproximación de 0.001 g, luego fueron almacenados en la solución de formaldehído al 4 %, ya descrita anteriormente.

La fecundidad se determinó de acuerdo al método descrito por Hunter y Golderg (1980) y Hunter *et al.*, (1984). En Hunter *et al.* (1984) se da una descripción detallada de la teoría fundamental, de las asunciones hechas y de los procedimientos usados. La forma más rápida y precisa para

determinar la fecundidad de la anchoveta se realiza por medio de los ovarios hidratados.

Todos los ovocitos hidratados en el interior de un ovario son liberados pronto y el número reflejará el número total en la fecundidad parcial. Las ventajas de este método sobre los métodos tradicionales son:

- a. Se ahorra tiempo, ya que los ovocitos necesitan solamente ser contados y no medidos, y
- b. No surgen dudas sobre la disgregación de los modos en los diagramas de frecuencia - tamaño de los ovocitos, debido a la diferencia de tamaños de los ovocitos hidratados.

Las desventajas son:

- a. Las hembras con ovarios evidentemente hidratados que no han comenzado aún a desovar son encontradas solamente en la tarde o al anochecer, y,
- b. Según la frecuencia de desove prevaeciente, un gran número de peces tienen que ser examinados hasta encontrar el suficiente número de hembras hidratadas.

Después de la preservación en solución formaldehida, los ovarios hidratados se caracterizan por su enorme tamaño, su transparencia y su consistencia blanda.

El examen histológico prueba el estado de hidratación. Todos los ovarios que van a usarse en el estimado de fecundidad deben ser chequeados para descartar los que presentan folículos post-ovulatorios, ya que su presencia indicaría que el desove ya ha tenido lugar, en cuyo caso la fecundidad parcial sería sub-estimada. Por lo que los ovarios hidratados con folículos post-ovulatorios tienen que ser eliminados de los estimados de fecundidad.

El procedimiento técnico se inicia con la absorción de líquido superficial del ovario con papel filtro. Para evitar el recuento del total de los ovocitos hidratados en un ovario, éste es submuestreado. De la mitad más grande del ovario, se toman tres segmentos de tejido, uno del centro y dos de la parte media, entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario. Por conveniencia el peso de

estas 3 sub-muestras debería ser aproximadamente de 30 a 50 mg para asegurar una cantidad entre 100 a 200 ovocitos hidratados por sub-muestra.

Las sub-muestras son pesadas con aproximación de 0.1 mg; luego son colocadas en una lámina porta-objeto y cubiertas con unas gotas de glicerina para ser contadas bajo el microscopio, usando 10 aumentos. Son fácilmente diferenciables de otros ovocitos por su gran transparencia y mayor tamaño.

Además su superficie es arrugada debido a la preservación en formaldehido. Los ovocitos no hidratados son opacos y tienen una superficie lisa. El número promedio de los ovocitos hidratados de las tres sub-muestras está destinado a estimar el número total de ovocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial), según:

$$F = \bar{n} \cdot W_0 \quad (1)$$

Donde:

F = Fecundidad parcial (número total de ovocitos hidratados en un ovario)

W_0 = Peso húmedo del ovario en g

\bar{n} = Número promedio de ovocitos hidratados por gramo de sub-muestra

Hunter y Goldberg (1980) desarrollaron criterios para clasificar por edad los folículos post-ovulatorios en degeneración usando análisis histológicos. Esto permite la determinación del día en el cual la hembra desovó, y el cálculo de la frecuencia del desove de la población de anchoveta. Como los folículos post-ovulatorios degeneran rápidamente, su edad puede ser determinada solamente hasta 50 horas después del desove.

Métodos estándar son usados para el procesamiento histológico de los ovarios. Un pequeño cubo de alrededor de 0.5 mm de arista es cortado del centro del ovario, deshidratado en una serie de alcoholes y embebido en Paraplast. Los cortes histológicos fueron de 6μ y se tiñeron usando la técnica de hematoxylina-eosina.

La descripción detallada del método usado es dada en Alarcón (en prepara-

Los criterios para clasificar por edad los folículos post-ovulatorios se basan en los diferentes estadios de degeneración por los que ellos atraviesan (Hunter and Goldberg, 1980).

La siguiente descripción es tomada de su publicación. Los nuevos folículos post-ovulatorios, de 0 - 6 horas después del desove, presentan estructuras de forma irregular compuestas de células foliculares columnares y un tejido conectivo subyacente (theca); 24 horas después la degeneración es pronunciada. Los folículos post-ovulatorios están bastante contraídos y las paredes de las células foliculares no se distinguen mayormente. El tejido conectivo subyacente (theca) no está muy diferenciado. 48 horas después del desove, la degeneración ha progresado más aún, los folículos se han reducido de 1/2 a 1/4 más pequeños que a las 24 horas, y el lumen es pequeño o indiferenciable.

Los folículos post-ovulatorios con más de 50 hrs después del desove son difíciles de clasificar por edad porque pueden ser confundidos con ovocitos atréxicos, los cuales son sometidos a un proceso de absorción. Hunter and Goldberg (1980) definieron cinco clases de ovarios:

Hidratados

Son los ovarios con muchos ovocitos hidratados. Los primeros estadios de hidratación se caracterizan por la desaparición de la membrana nuclear, elementos nucleares esparcidos, situados en un polo del ovocito y con fusión sólo parcial de los glóbulos del vitelo en unos cuerpos grandes como placas (Hunter and Macewicz, 1980).

En los últimos estadios, los ovocitos se agrandan por la entrada de fluido y el desove se considera inminente. Los folículos post-ovulatorios no están presentes.

Edad: día-0

Los nuevos folículos post-ovulatorios no muestran signos de degeneración. Los ovocitos hidratados pueden estar presentes ocasionalmente. Después del desove han transcurrido menos de 24 horas.

Edad: día-1

Los folículos post-ovulatorios muestran la degeneración tal como la descrita para 24 horas después del desove. El tiempo transcurrido desde el desove es de más de 24 horas y menos de 48 horas.

(Maduros) no desovantes

Son los ovarios con muchos ovocitos vitelados. Ellos pueden contener folículos post-ovulatorios en estadio avanzado de degeneración, los cuales no pueden ser fácilmente diferenciados de las estructuras atréxicas. Con más de 48 horas desde el desove.

Inmaduro

Con pocos o ningún ovocito vitelado.

Es importante anotar que por razones de conveniencia en las descripciones siguientes, los términos "edad: día - 1" y "edad: día - 2" serán usados en lugar de "edad: día - 0" y "edad: día - 1" de Hunter and Goldberg (1980)

2. Muestras de huevos.

El análisis de las muestras de ictio-plancton consistió en la separación de todos los huevos y larvas de peces, e identificación de huevos y larvas de anchoveta y sardina, los que fueron preservados separadamente. Para estudios futuros, también se separaron las larvas de "merluza" (*Merluccius gayi peruanus*), "jurci" (*Trachurus murphvi*) y "caballa" (*Scomber japonicus*). Los huevos de anchoveta se clasificaron en 11 estadios según el progreso del desarrollo embrionario, determinado de las características anatómicas de los huevos (Fig. 5) (Santander y S. de Castillo 1973). Una descripción de los 11 estadios se presenta en el Apéndice 1. Los huevos que no podrían ser asignados a ninguno de los 11 estadios debido a que estaban opacos o sus estructuras internas estaban dañadas, fueron clasificados como huevos "DIS" (desintegrados).

III. Análisis de datos

1. Parámetros de adultos

W. Peso promedio de hembras maduras.

De cada cala, las primeras 20 hembras maduras procesadas fueron utilizadas para la determinación del peso promedio del cuerpo. Se determinó el peso promedio para cada cala, \bar{W}_i . Se estimó el promedio y la varianza de acuerdo a:

$$\bar{W} = \frac{\sum \bar{W}_i}{n} \quad (2)$$

$$V_{(\bar{W})} = \frac{\sum (\bar{W}_i - \bar{W})^2}{n(n-1)} \quad (3)$$

Donde:

\bar{W}_i = Peso promedio del cuerpo de hembras maduras en la cala i .

\bar{W} = Peso promedio del cuerpo de hembras maduras en todas las calas.

n = Número de calas.

Stauffer and Picquelle (1980) corrigieron para los diferentes tamaños de muestras, cuando el número de hembras maduras por cala en la investigación de California era frecuentemente menor que 20. Para conocer el procedimiento de obtención del peso de arrastres de diferentes tamaños de muestra, ver Stauffer and Picquelle (1980).

El peso total del cuerpo de hembras hidratadas tuvo que ser ajustado en forma decreciente de acuerdo al incremento temporal del peso por la hidratación del ovario. Este ajuste se aplicó en todas las hembras cuyas secciones histológicas mostraban ovocitos hidratados, u ovocitos con el núcleo emigrando hacia el polo. El ajuste del peso total del cuerpo (\bar{W}_i) fue determinado de la relación lineal entre el peso total del cuerpo (\bar{W}_i) y el peso del cuerpo sin gonada (\bar{W}_i^*):

$$\bar{W}_i = -.3008 + 1.0639 \bar{W}_i^* \quad (4)$$

$$n = 238$$

$$r = .9945$$

Esta regresión fue derivada usando 5 hembras maduras de cada cala, las cuales fueron clasificadas histológicamente como no hidratadas (Tabla 2).

E. Fecundidad parcial por hembra madura.

La fecundidad parcial se determinó utilizando 107 hembras, las que se colectaron en toda el área de muestreo (Tabla 3). Su peso fluctuó entre 13 y 40 g (peso sin gonada). Se encontró que la fecundidad parcial se incrementa exponencialmente con el peso de hembras sin gonada. Se derivó la siguiente regresión media geométrica (Ricker, 1973).

$$\ln E = 3.7637 + 1.7913 \ln W^* \quad (5)$$

$$\frac{1}{2} s^2_{yx} = 0.0233 \quad r^2 = .7226$$

Donde:

E = Fecundidad parcial (Número de óvulos hidratados).

W^* = Peso del cuerpo de hembras sin gonada

Las 20 hembras maduras de cada cala que se procesaron inicialmente fueron seleccionadas con el fin de estimar su fecundidad por medio del modelo de regresión.

El promedio y la varianza se determinó de la siguiente manera:

$$\bar{E} = \frac{\sum E_i}{n} \quad (6)$$

$$V_{(\bar{E})} = \frac{\sum (E_i - \bar{E})^2}{n(n-1)} \quad (7)$$

Donde:

\bar{E}_i = Promedio de fecundidad parcial de las hembras maduras en la cala i .

\bar{E} = Promedio de fecundidad parcial de las hembras en todas las calas.

n = Número de calas.

R_i = Fracción de hembras en la subpoblación.

La fracción de hembras (proporción sexual) fue estimada para cada cala, de una submuestra compuesta de los primeros 800 g. de peces. Se utilizó el peso total del cuerpo debido a que el peso sin gónada de machos no había sido determinado. El peso total del cuerpo de hembras hidratadas fue ajustado en forma decreciente según la ecuación (4). Los ejemplares inmaduros fueron incluidos debido a que no fue posible distinguir entre ejemplares machos maduros e inmaduros. Para obtener exactamente 800 g de peces fue necesario usar solamente la fracción del peso del último ejemplar en la cala que completó los 800 g. El promedio de la muestra y la varianza fueron estimados según:

$$\bar{R} = \frac{\sum \bar{R}_i}{n} \quad (8)$$

$$V_{\bar{R}} = \frac{\sum (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{n(n-1)} \quad (9)$$

Donde:

\bar{R}_i = Fracción de hembras por peso en porcentaje en la cala i

\bar{R} = Fracción promedio de hembras por peso en porcentaje de todas las calas.

F_i = Fracción de hembras maduras desovantes por día.

Para la determinación de este parámetro fueron usados solamente los ovarios con folículos post-ovulatorios, los cuales fueron colectados en las muestras por lo menos 9 horas después del pico de desove (22.00) con el objeto de prevenir cualquier sesgo que pudiera surgir del muestreo de hembras durante la hora del día cuando estaban desovando. Las 49 calas positivas fueron distribuidas en un ciclo completo de 24 horas y la edad de los folículos post-ovulatorios podía ser determinada hasta 50 horas después del desove. En consecuencia

podían ser separados dos grupos independientes de folículos post-ovulatorios de 24 horas: los del día-1, edad entre 9 y 32 horas, y los del día-2 con edad entre 33 y 56 horas. Debido a su independencia, estos dos grupos podían unirse, y el número de muestras sería doblado a 98 (Alheit et al. 1984).

Suponiendo que el muestreo de hembras hidratadas o de hembras de edad de día-1 ó de día-2 no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes para la cala i es estimada por:

$$F_i = \frac{m_{hi}}{m_i} \text{ o } \frac{m_{1i}}{m_i} \text{ o } \frac{m_{2i}}{m_i} \quad (10)$$

Donde:

$$m_{hi} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}$$

Donde:

m_{hi} = Número de hembras hidratadas en la cala i

m_{1i} = Número de hembras con folículos post-ovulatorios de 9 a 32 horas de edad en la cala i .

m_{2i} = Número de hembras con folículos post-ovulatorios de 33 a 56 horas de edad en la cala i .

m_{ai} = Número de hembras que no están hidratadas y que no han desovado en las 9 a 56 horas anteriores (incluyendo hembras con folículos post-ovulatorios con una edad menor de 9 horas).

m_i = Número de hembras maduras en la cala i .

F_i = Fracción desovante en la cala i .

Los resultados mostraron que las hembras hidratadas estuvieron sobremuestreadas. Para corregir este sobremuestreo y bajo la asunción de que la verdadera fracción de las hembras hidratadas es la misma que la fracción de las hembras del día-1 ó día-2,

m_{hi} es reemplazado por $\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2}$

de tal forma que:

$$\hat{F}_i = \frac{m_{1i}}{\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}} \quad \text{ó} \quad (11)$$

$$\frac{m_{2i}}{\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}}$$

Donde:

\hat{F}_i = Fracción corregida de hembras con folículos post-ovulatorios de 9 a 32 horas de edad (hembras del día-1) ó 33 a 56 horas de edad (hembras del día-2) en la cala i .

Los estimados para promedio y varianza son dados por:

$$\bar{F} = \frac{\sum (m_{1i} + m_{2i})}{2 \sum \left(\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai} \right)} \quad (12)$$

$$= \frac{\sum (m_{1i} + m_{2i})}{2 \sum m_{yi}}$$

$$V(\bar{F}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum \left(\frac{m_{yi}}{\bar{m}} \right)^2 (\hat{F}_i - \bar{F})^2 \quad (13)$$

Donde:

\bar{F} = Fracción promedio de hembras desovantes por día de todas las calas.

m_{yi} = Número corregido de hembras maduras en cala i .

$$= \frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}$$

\bar{m} = Número promedio corregido de hembras maduras.

$$= \frac{\sum m_{yi}}{n}$$

n = Número de muestras

2. Producción diaria de huevos en el mar.

La producción diaria de huevos en el área investigada, P_i , y su varianza

pueden ser estimadas a partir de una regresión no lineal ajustada del modelo exponencial (Stauffer and Picquelle, 1981):

$$P_i = P_0 e^{-Zt_i} \frac{1 - e^{-0.5Z}}{0.5Z} \quad (14)$$

Donde:

P_i = Número de huevos de edad t_i muestreado durante el intervalo de tiempo $(t_i, t_i + 1)$ ajustado a 0.5 de día (12 horas de intervalo) en el área investigada.

$$t'_i = t_i - \frac{t_1 + t_0}{2}$$

= Tiempo transcurrido (o edad) entre el desove y el inicio del intervalo de 12 horas

Z = Tasa diaria de mortalidad instantánea de huevos.

P_0 es derivado como el intercepto del modelo de mortalidad exponencial. El modelo asume que (1) todos los huevos son desovados y fertilizados cada día al tiempo $\frac{t_1 + t_0}{2}$.

(2) los huevos tienen una tasa constante de mortalidad instantánea positiva, y (3) la intensidad del muestreo es uniforme durante cada intervalo de 12 horas (Stauffer and Picquelle, 1981).

P_0 es derivado del promedio de número de huevos (P_i) en el intervalo de 12 horas. A continuación se describe el cálculo de los valores t'_i y P_i .

Cálculo de t'_i :

El período de desove diario ocurre de las 18:00 horas (t_0) a las 02:00 horas (t_1 = inicio de intervalo de las primeras 12 horas de muestreo) (Fig. 6).

Sin embargo, el modelo de mortalidad exponencial asume que todos los huevos son desovados en el tiempo

$$\frac{t_1 + t_0}{2} = 22.00 \text{ horas. El período}$$

de desove es seguido por los intervalos de muestras de 12 horas (t_i, t_{i+1}). Los valores para t_i y t_{i+1} son dados en la Tabla 5.

Cálculo de P_i

Los intervalos de muestras de 12 horas (t_i, t_{i+1}) son denominados categoría de edad. Los huevos son agrupados en estas categorías de edad según el esquema de la Fig. 7. El intervalo de desove "S" se asume que sea el intervalo de 8 horas de 18.00 a 02.00, con el tiempo nominal "O" en el punto medio a las 22.00 horas. Los huevos con menos de 8 horas de edad colectados entre 18.00 y 02.00 no son incluidos en los estimados debido a que el desove no se ha completado durante este intervalo. Estos huevos son asignados a la categoría de edad "S" (Fig. 7). Los huevos de edades de 0 a 20 horas colectados entre 02.00 y 14.00 horas son asignados a la categoría de edad A_1 . Los huevos de edades de 12 a 32 horas colectados entre 14.00 y 02.00 horas se asignan a la categoría A_2 . Edades y categorías de edad sucesivas se asignan a los huevos con mayor desarrollo hasta que la eclosión se haga apreciable ($> 5\%$, 56 horas a 16.5°C).

Los huevos desintegrados ("Dis") se dividen en 2 grupos "Dis₁" y "Dis₂", de acuerdo a la hora de colección entre 02.00 y 14.00 horas y de 14.00 a 02.00 horas respectivamente.

Zwiefel and Smith (Ms) desarrollaron un sistema gráfico para determinar la edad de los huevos de anchoveta y les asignaron las categorías de edad (S, A_1, A_2 , etc.) por medio de: (1) el desarrollo embrionario, (2) temperatura del mar a 10 m de profundidad en la estación de la colección y (3) hora de la colección (Fig. 8). Se usó el siguiente procedimiento:

Se clasificaron hasta 200 huevos de cada muestra por estadio de desarrollo (asignando 11 estadios de desarrollo embrionario). Se da un ejemplo en la Tabla 6. Se encontraron huevos de los estadios: II, III, V, VI, VII, IX, X, XI, Dis. Para asignarles las categorías de edad de las curvas de los

estadios de la Fig. 8, tiene que encontrarse el punto donde ellos cortan la temperatura del mar respectiva (eje de la Y) en la estación de la colección. Desde este punto se traza una línea recta hacia el eje de la X (hora del día) para encontrar la hora más próxima de colección de la muestra, sobre el eje de la X, hacia la derecha o hacia la izquierda. A los huevos bajo investigación se les asignó la categoría de edad (S, A, B, C) en la que es encontrada la hora más próxima de colección de la muestra.

Ejemplo. En el caso del estadio V, de la Tabla 6, los huevos fueron colectados a las 11.05 horas y la temperatura del mar a 10 m fue de 15.8°C. Siguiendo la curva del estadio V se encuentra el punto donde corta la temperatura 15.8°C del eje de la Y. Desde este punto se traza una recta al eje de la X, la que corta este eje a las 04.45 horas. Este punto (04.45 horas) está más próximo a la hora de colección de la muestra (11:05) hacia el lado derecho, que hacia la 11:05 del lado izquierdo. Por lo que se usa la del lado derecho. Esta hora 11.05, del lado derecho, cae en la categoría de edad B. Como la muestra fue colectada entre las 02.00 y las 14.00 horas (11.05) debe ser considerado en la categoría B₁ (Figura 7). En las muestras, donde se clasificaron solamente 200 huevos, el número de huevos en cada categoría es ponderado de acuerdo al número total de huevos de la muestra.

El área investigada fue dividida en 9 regiones. Solamente en 4 de ellas se encontraron huevos de anchoveta: 11, 21, 31, 22 (Fig. 3, Tabla 7). El número de unidades de muestreo (red CalVET: 0.05m²) de cada región se presenta en la Tabla 7. Las millas cuadradas son el producto de las dimensiones lineales, a lo largo de la costa, por la distancia de la costa del área respectiva. El área en millas cuadradas es multiplicada por el cuadrado del número de metros en una milla (1 milla = 1852 metros, 1 m² = 3.430 x 10⁶ m²). Como la red CalVET es 1/20 de m² (0.05 m²) hay 6.860 x 10⁷ unidades de muestreo en una milla náutica cuadrada. Por lo que en el caso de la región 11, hay

3.8484×10^{11} unidades de muestreo en el área de 5610 km^2 (Tabla 7). El número total de huevos en cada categoría de edad y en las dos categorías "Dis" fue calculado en la siguiente forma. (Tabla 8). El número total de huevos en cada región (Tabla 8, columna 4) fue dividido por el número total de estaciones (columna 3) para conseguir el número promedio de huevos por estación en la columna 5 (es decir por unidad de muestreo = 0.05 m^2). Este valor fue multiplicado por el número total de unidades de muestreo en cada región (columna 6) derivado de la Tabla 7 para obtener el número total de huevos por región (columna 7). Estos valores fueron sumados para cada categoría de edad para obtener el número de huevos de cada categoría de edad (columna 8). Luego los huevos "Dis" deben ser agrupados en categorías de edad según los siguientes procedimientos (Tabla 9). El número de huevos de la categoría de edad A_1 , B_1 y C_1 , los que fueron colectados entre 02.00 y 14.00 horas, fueron sumados y el porcentaje para cada categoría de edad calculado (Tabla 9, columna 3). Todos los huevos "Dis₁" (Tabla 8) colectados entre 02.00 y 14.00 horas, también fueron distribuidos entre las categorías A_1 , B_1 y C_1 , según los porcentajes de la columna 3 (columna 4). Los valores de las columnas 2 y 4 fueron agregados para dar el número total de huevos para cada categoría de edad (columna 5). El mismo procedimiento fue seguido para los huevos "Dis₂". En este caso debían ser incluidos los huevos de la categoría de edad "S" que fueron colectados entre las 14.00 y 02.00 horas.

La primera estación de cada perfil estuvo ubicada a 7 millas de la costa. Sin embargo, los análisis de muestras denotaron que habían algunos huevos más próximos a la costa y que podían no ser considerados. El número de estos huevos próximos a la costa se estimó en base a la abundancia de huevos de aquellas estaciones que estuvieron localizados a 12, 9 y 6 millas de distancia de la costa. Se asumió que la tasa de decrecimiento de la abundancia de 12 a 3 millas fue la misma que la tasa de 12 a 6 millas.

No se da una descripción detallada de este procedimiento porque no forma parte del "Método de Producción de Huevos". Sin embargo, se debe enfatizar que se pueden evitar estas complicaciones, cubriendo el área de desove total cuando se muestrean los huevos. El número total de los huevos "próximos a la costa" fue 9.9956×10^{12} . Estos fueron distribuidos proporcionalmente en 7 categorías de edad (Tabla 10, columna 1 - 4). El número final de huevos en cada categoría de edad, P_i (columna 5), fue obtenida por compilación de los números de huevos de la columna 2 y 4.

Cálculo de P_0 :

Solamente 4 de los 7 valores de P_i pueden ser considerados estimados no sesgados de la población de huevos de las edades establecidas. Los huevos en categoría de edad "S" son obtenidos de las muestras colectadas durante el desove. Por esta razón el número de huevos "S" es usualmente un subestimado del número de huevos con menos de 8 horas de edad. A las temperaturas encontradas durante la exploración en agosto/septiembre de 1981, es probable que en los huevos " C_1 " y " C_2 " de tres días de edad ya se hubiera producido alguna eclosión, y debido a esto, los valores estarían también subestimados.

Por consiguiente 4 valores P_i (A_1 , A_2 , B_1 y B_2) son considerados en la regresión (Ecuación 14) para estimar el número de huevos, P_0 , en el tiempo $\frac{t_1 + t_0}{2}$ (= 22.00 horas), el punto

medio del período de desove de 18.00 a 02.00 horas (Fig. 6). Los valores de P_i y sus respectivos valores de t_i son dados en la Tabla 11. P_0 y Z pueden ser estimados iterativamente por una regresión no lineal ajustada al modelo de mortalidad (ecuación 14). U. Dammm preparó un programa de computación para aplicar esta regresión (Anexo II). Z tiene que ser dado inicialmente, como un estimado razonable; derivado de la literatura.

3. Estimado de la biomasa desovante.

La biomasa desovante fue estimada

según el modelo desarrollado por Parker (1980) y modificado por Stauffer and Picquelle (1980)

$$B = K \frac{P_o \cdot W}{R \cdot F \cdot E} \quad (15)$$

Donde:

- B = Biomasa desovante en toneladas métricas.
 P_o = Producción de huevos diaria en el mar, en el área explorada.
 W = Peso promedio de hembras maduras (g)
 R = Fracción de hembras en la población (Proporción sexual).
 F = Fracción de hembras desovantes maduras por día.
 E = Fecundidad parcial por hembra madura, en huevos por hembra.
 K = Factor de conversión, de gramos a toneladas métricas (= 10^{-6})

La varianza de la proporción de huevos del estimado de la biomasa desovante puede ser calculada aproximadamente por el método delta (Stauffer and Picquelle, 1980). La varianza del estimado de la biomasa es una función de la varianza y covarianza de los parámetros.

$$V_{(B)} \approx \left(K \frac{P_o W}{R \cdot F \cdot E} \right)^2 \left(\frac{V(P_o)}{P_o^2} + \frac{V(W)}{W^2} + \frac{V(R)}{R^2} + \frac{V(E)}{E^2} + \frac{V(F)}{F^2} + \frac{Cov(P_o \cdot W)}{P_o \cdot W} - \frac{Cov(P_o \cdot R)}{P_o \cdot R} - \frac{Cov(P_o \cdot E)}{P_o \cdot E} - \frac{Cov(R \cdot F)}{R \cdot F} - \frac{Cov(W \cdot R)}{W \cdot R} - \frac{Cov(W \cdot E)}{W \cdot E} - \frac{Cov(W \cdot F)}{W \cdot F} + \frac{Cov(R \cdot E)}{R \cdot E} + \right)$$

$$\frac{Cov(R \cdot F)}{R \cdot F} + \frac{Cov(F \cdot E)}{F \cdot E}$$

RESULTADOS

Todos los datos originales serán dados en un informe de datos, el que será publicado separadamente.

Peso promedio de hembras maduras.

Hunter (1984) reportó que la preservación en formalina causa un incremento en el peso húmedo del cuerpo del 4%. Por lo que se ha sustraído el 4% del peso promedio de cuerpo obtenido de cada colección. El peso promedio de cuerpo de hembras de 49 colecciones varió de 12.29 g. a 36.78 g. (Tabla 4). El peso promedio de cuerpo de hembras del área investigada fue de 25.84 g. con una varianza de 0.4494, una desviación estándar de 0.6704 y un coeficiente de variación de 0.0259 (Tabla 14).

Fecundidad parcial por hembra madura.

La fecundidad parcial promedio en las 49 colecciones varió de 4,154 a 27,408 huevos por hembra (Tabla 4). La fecundidad parcial promedio de todo el área investigada fue de 15,401 huevos por hembra con una varianza de 432,092.9182, una desviación estándar de 657.2898 y un coeficiente de variación de 0.0427 (Tabla 14). Un recuento más detallado de la fecundidad parcial de la anchoveta peruana es dada en Alheit et al., (1983).

Fracción de hembras en la subpoblación.

La proporción sexual de las 49 colecciones mostró grandes variaciones que van desde 12.62 a 90.50% hembras (Tabla 4). Variabilidad similar en proporción sexual ha sido reportada por Klingbeil (1978), Hunter and Goldberg (1980) y Stauffer and Picquelle (1980). Hunter and Goldberg (1980) demostraron que la proporción sexual promedio (porcentaje de hembras) sobre una base de peso de la anchoveta peruana fue de 56.43% con una varianza de 0.0007, una desviación estándar de 0.0259 y un coeficiente de variación de 0.0459 (Tabla 14).

Fracción de hembras maduras desovantes por día.

Teóricamente se pueden obtener tres estimados independientes de este parámetro: 1) Porcentaje de hembras con ovocitos hidratados, 2) Porcentaje de hembras con folículos post-ovulatorios del día-1, y 3) Porcentaje de hembras con folículos post-ovulatorios del día-2. Como las hembras con ovocitos hidratados tienden a ser sobremuestreadas (Stauffer and Picquelle, 1980; Alheit et al., 1984) no deben ser usadas en este análisis. Por otro lado, la edad de los folículos post-ovulatorios puede ser determinada solamente hasta alrededor de 50 horas después del desove. Los folículos post-ovulatorios de mayor tiempo pueden ser confundidos fácilmente con otras estructuras, tales como folículos atrécicos (Hunter and Goldberg, 1980; Hunter and Macewicz, 1980).

Como se usó una red de arrastre para el muestreo de la anchoveta de California y porque las muestras sólo se obtenían de noche, Hunter and Goldberg (1980), Hunter and Macewicz (1980) y Stauffer and Picquelle (1980) podían usar solamente folículos post-ovulatorios de día-1 para la determinación de la fracción desovante. El uso de boliche para el muestreo de la anchoveta peruana permitió la colección de muestras en cualquier hora del día. Por lo que se obtuvieron 2 conjuntos de datos independientes para la determinación de la frecuencia del desove, hembras de día-1 y hembras de día-2. La forma de obtención de estas dos series de datos se muestra en la Tabla 12. El pico del desove se ha fijado a las 22.00 horas. Como la muestra colectada más temprano fue a las 07.00 horas, esta hora ha sido considerada como el inicio del período del día-1 y del día-2, respectivamente. Los folículos post-ovulatorios encontrados a esta hora, según su estructura, fueron asignados a uno de los tres grupos siguientes: folículos post-ovulatorios del día-1, del día-2 o de mayor edad. A las hembras se dieron edades de 9 a 32, 33 a 55 horas de 0 a 5 horas, respectivamente. La Tabla 13 contiene un resumen de todos los datos: (1) número de colecciones, (2) hora de colección, (3) número de hembras colectadas del día-1 y día-2, (4) número de horas posterior al desove de cada colección, (5) los valores corregidos de hembras hidratadas sobremuestreadas, (6) porcentaje de hembras hidratadas, (7) porcentaje de hembras del día-1 y (8) del día-2 sobremuestreadas, (9) número de hembras colectadas por colección (no ajustado) va-

ría de 0 a 95%, número de hembras del día-1 de 0 a 39.13% y número de hembras del día-2 de 0 a 40.00%. Como fue demostrado que el conjunto de datos de hembras del día-1, y de hembras del día-2 fueron independientes entre sí (Alheit et al., 1984), los dos conjuntos de datos fueron combinados. El conjunto de datos combinados da una fracción de desove de 0.1604, con una varianza de 1.02×10^{-4} , una desviación estándar de 0.0101 y un coeficiente de variación de 0.0629 (Tabla 14). Esto significa que durante el tiempo de la exploración, 16.04% de las hembras maduras desovaron cada día o que cada hembra madura desovó, en promedio, cada 6.2 días. Mayores detalles referentes a la fracción de hembras maduras desovantes se da en Alarcón et al. (en prensa) y Alheit et al. (1984).

Producción diaria de huevos en el mar. La computación iterativa de la producción diaria de huevos en el área investigada (P_0) y el coeficiente de mortalidad diaria de huevos (Z) fue desarrollado por medio de un programa de computadora desarrollada por U. Damm. La Z fue de 1.04. Esto implica una mortalidad de 65% por día. La producción diaria de huevos en el área investigada fue de 6.4963×10^{11} huevos, con una varianza de 3.0496×10^{20} , una desviación estándar de 1.7463×10^{10} y un coeficiente de variación de 0.2688 (Tabla 14).

Estimado de biomasa desovante.

Los estimados de los cinco parámetros son listados en la Tabla 14. Usando la ecuación (15), la biomasa desovante fue estimada en la siguiente forma:

$$B = \frac{W}{1 - e^{-Z}} = \frac{6.4963 \times 10^{11}}{1 - e^{-1.04}} = \frac{6.4963 \times 10^{11}}{0.5643} = 1.1401 \times 10^{12} = 1,140,191 \text{ (toneladas métricas)}$$

La biomasa desovante de la subpoblación norte-central de la anchoveta peruana en agosto-setiembre de 1981 fue de 1,140,191 toneladas métricas (Tabla 14). Asumiendo que todos los términos de covarianza en la ecuación (16) son cero, la varianza aproximada de B es 1.17×10^{21} . La desviación estándar y el coeficiente de variación son 341,485 toneladas y 0.2840, respectivamente.

te (Tabla 14). Bajo la asunción que la varianza de B es simétrica, los límites de confianza aproximados a 95 % de B son ± 56.80 % de 1'204,191 toneladas métricas.

DISCUSION

Son evidentes las ventajas de la aplicación del "Método de Producción de Huevos" para estimar la biomasa desovante de peces pelágicos.

Una gran ventaja es el relativo bajo costo que requiere toda la aplicación del método por el tiempo relativamente corto de barco necesario para la toma de muestras.

Un factor muy importante es la posibilidad de conocer la precisión, siendo posible estimar el error independiente para cada uno de los 5 parámetros biológicos tratados, y la posibilidad de mejorar la precisión del estimado de la biomasa en forma efectiva, de acuerdo a los requerimientos y posibilidades económicas. Un aspecto importante es que se pueden calcular también los límites de confianza para el estimado de la biomasa. Los límites de confianza de 95 % de ± 57 % dan una precisión relativamente buena.

Otros métodos como el hidroacústico no rinden esta precisión. La dificultad más seria de los estimados de biomasa por el método hidroacústico en el sistema de afloramiento peruano es la co-ocurrencia de varias especies pelágicas en el mismo cardumen, por lo que es bastante difícil discriminar por especies por el método hidroacústico si no se hace pesca de comprobación. Además la alta variación de la composición por especies de estos cardúmenes pelágicos requiere de una gran pesca de comprobación, la que a su vez incrementa los costos de barco considerablemente.

Otra de las grandes ventajas del "Método de Producción de Huevos" es que puede ser incorporada más de una especie en la investigación de la biomasa, por ejemplo anchoveta y sardina pueden hacerse juntamente sin aumentar más el tiempo de barco.

Una cuarta ventaja es que la investigación de la biomasa da la oportunidad de coleccionar además otros tipos de muestras biológicas sin mayor incremento de tiempo de barco, muestras como: fitoplacton, zooplacton, ictioplacton, contenido estomacal, otolitos etc., que permite estudios paralelos.

Una de las desventajas del "Método de Producción de Huevos" es que el procesamiento de las muestras en el laboratorio requiere de un número de horas/hombre de trabajo, relativamente alto lo que significa alrededor de 2 meses. La persona o personas que tienen que interpretar los cortes histológicos necesitan un entrenamiento especial.

El estimado final de biomasa de anchoveta para 1981, estuvo disponible después de 4 meses; sin embargo, esta fue la primera vez que este método fue aplicado en el Perú. En el futuro se espera que el tiempo entre el término del crucero de toma de muestras y el estimado final de la biomasa pueda ser reducido a 2 meses. Este es un período razonablemente breve que permite rápidas decisiones de manejo de las pesquerías.

De la Tabla 14 es evidente que los coeficientes de variación de los 4 parámetros para adultos son muy bajos y no necesitan ser mejorados. Una mayor intensidad de muestreo para adultos significaría pérdida de tiempo de barco y dinero. Sin embargo, la parte débil en el "Método de Producción de Huevos" parece ser el parámetro de producción diaria de huevos en el mar, (P_0). Este parámetro da la mayor contribución al coeficiente de variación del estimado de la biomasa. Lo que es causado por el tipo de distribución del desove de anchoveta (Santander et al. 1982). Mejoras futuras del estimado de error de los estimados de biomasa deben ser concentrados en este parámetro. Una posibilidad podría ser incrementar el número de muestras CALVET. Sin embargo, duplicar la precisión requiere cuatriplicar el número de muestras de huevos (Santander et al., 1982). En 1981, 925 muestras CALVET se coleccionaron para las que se necesitaron 23 días de tiempo de barco. Si se incrementara el número de muestras CALVET deberá tomarse en cuenta el incremento en costos de tiempo de barco.

En el futuro sería ideal poder combinar el "Método de Producción de Huevos" para estimado de la biomasa desovante con los estimados hidroacústicos para obtener dos estimados independientes. Actualmente el "Método de Producción de Huevos" puede ser también aplicado a la sardina, *Sardinops sagax*. Alarcon et al. (1984) han obtenido por primera vez la clasificación y edad de los folículos post-ovulatorios de la sardina.

El más grande stock comercial en el mundo ahora está en el más bajo nivel registrado, de un décimo o menos que un décimo del tamaño del stock original de esta área. Según Tsukayama (1982) los puertos en las áreas norte y central del Perú desembarcaron un promedio de 8.1 millones de toneladas de anchoveta por año (rango de 6 - 11 millones de 1962 a 1971). En los 4 años más recientes (1978 - 81) con los datos disponibles los puertos en la misma área desembarcaron un promedio de 0.5 millones de toneladas (rango de 0.2 a 1.0). Considerando el estimado de la biomasa obtenida en setiembre de 1981 la captura de 0.5 millones de toneladas resulta ser una de las más grandes proporciones del stock desovante que se han capturado. Según Tsukayama (1982) en 1981 no se ha observado reclutamiento en esta área por lo que el stock desovante es también el stock total. El tamaño grande de algunas hembras in-

dica que el stock remanente puede ser también viejo y en consecuencia entrar en un período de alta mortalidad natural como es común para clupeidos de más edad.

Los desembarques de 900,000 toneladas de anchoveta hasta setiembre de 1982 sin evidencia de reclutamiento (Tsukayama, comunicación personal) podrían significar una seria depauperización del stock. Esto es reminiscente de la situación de la sardina de California; una población de 4 millones de toneladas reducida a menos de 10,000 toneladas en 1965, sin que se haya percibido recuperación hasta 1981. Una pesquería adicional en el agotado stock de anchoveta de las áreas norte y central del Perú probablemente causaría mayor dilación en la recuperación de un stock del que se capturaba varios millones de toneladas por año en este habitat.

REFERENCIAS

- ALARCON, V.H., S.R. GOLDBERG and J. ALHEIT. 1984. Histología de folículos postovulatorios de la sardina, *Sardinops sagax*, del Perú. Bol. Inst. Mar Perú - Callao 8 (1): 1 - 16.
- ALHEIT, J., B. ALEGRE, V.H. ALARCON and B. MACEWICZ. 1983. Batch fecundity and spawning frequency of various anchovy (genus: *Engraulis*) populations from upwelling areas and their use for spawning biomass estimates. *FAO Fish. Rep.*, 291 : 977-985.
- ALHEIT, J., V.H. ALARCON and B.J. MACEWICZ. 1984. Spawning frequency and sex ratio in the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep., 25:43-52
- HUNTER, J.R. 1984. Preservation of northern anchovy in formaldehyde solution. In: An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy. (Ed. R. LASKER). Southwest Fisheries Center, Adm. Rep. LJ-84-37, 192-203.
- 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.
- HUNTER, J.R., 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. (Ed. R. LASKER). Southwest Fisheries Center. Adm. Rep. L.J-84-37, 204-246.
- HUNTER, J.R. and B.J. MACEWICZ. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency, and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. *Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep.* 21: 139 - 149.
- KLINGBEIL, R.A. 1978. Sex ratios of the northern anchovy, *Engraulis mordax*, off Southern California. *Calif. Fish. Game* 64: 200 - 209.
- LEONG, R. 1971. Induced spawning of the northern anchovy, *Engraulis mordax* Girard. *Fish Bull U. S.* 69: 357 - 360.
- PARKER, K. 1980. A direct method for estimating northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning biomass. *Fish. Bull U.S.* 78: 541 - 544.
- PICQUELLE, S.J. and R.P. HEWITT. 1982. The northern anchovy spawning biomass for the 1982-83 California fishing season. Southwest Fisheries Center, Adm. Rep. LJ - 82 - 16.
- RICKER, W.E. 1973. Linear regression in fishery research. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30 409 - 434.
- SANTANDER, H. 1981. Patrones de distribución y fluctuaciones de desoves de anchoveta y sardina. Bol. Inst. Mar Perú, Callao. Vol. Extraordinario. ICANE.
- — — y O. S. de CASTILLO. 1979. El ictioplancton de la costa peruana Bol. Inst. Mar Perú - Callao 4(3) 69-112.
- — — P.E. SMITH and J. ALHEIT. 1982. Determination of sampling effort required for estimating egg production of anchoveta, *Engraulis ringens*, off Perú. Bol. Inst. Mar Perú - Callao 7 (1): 5 - 18.
- SMITH, P.E., H. SANTANDER and J. ALHEIT. 1983. Technical detail of a cruise plan for the anchoveta spawning biomass estimate. Bol. Inst. Mar Perú - Callao 7(2): 23 - 47.
- STAUFFER, G.D. and S.J. PICQUELLE. 1980. Estimates of the 1980 spawning biomass of the central subpopulation of northern anchovy. Southwest Fisheries Center. Adm. Rep. LJ 80 - 09.
- — — 1981. The 1981 egg production estimates of anchovy spawning biomass (MS).
- TSUKAYAMA, I. 1982. Recursos pelágicos y sus pesquerías en Perú. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur*, (13) : 25 - 63, 1983.

ANEXO I
DESCRIPCION DEL DESARROLLO
EMBRIONARIO DE ANCHOVETA EN
ESTADIOS

- Estadío I En este estadío están incluidos los huevos de anchoveta recientemente desovados, en los que no se ha iniciado la división celular. Hay una acumulación conspicua de citoplasma en el polo animal que forma una capa, el BLASTODISCO.
- Estadío II Es el período de desarrollo de la capa blastodérmica y la iniciación de la división celular, en 2, 4, 8 células, hasta la agregación de células que toman apariencia de mórula. Se considera este estadío hasta que se produce la segmentación de la cavidad (i.e. Gastrulación) la que es difícilmente observable en huevos preservados por ser una estructura interna.
- Estadío III Este estadío comprende el período de desarrollo, desde la primera aparición de la segmentación de la cavidad hasta el establecimiento definitivo de la cubierta embrionaria. El blastodermo comienza encerrando el vitelo por EPIBOLIA. Al final de este estadío, el blastodermo se extiende hacia abajo, cerca de 1/3 de la longitud del vitelo.
- Estadío IV Este estadío es más fácilmente identificado por la extensión de la cubierta del vitelo por el blastodermo. Se inicia cuando la cubierta blastodérmica está cerca de 1/3 del vitelo y finaliza cuando la cubierta blastodérmica está cerca de 2/3 del vitelo. Ya se puede notar la zona de desarrollo del embrión, pero no hay rasgos distintivos semejantes como los ojos, que están aún en desarrollo.
- Estadío V Este estadío comienza cuando el blastodermo ha cubierto aproximadamente 2/3 del vitelo y finaliza con el cierre del BLASTOPORO. El desarrollo de los ojos puede ser visto en la cabeza al final de este estadío, y los MIOMEROS están comenzando a formarse a lo largo del cuerpo del embrión.
- Estadío VI Comienza con el movimiento del cierre del blastoporo y termina en el momento que la porción de la cola del embrión empieza a separarse del vitelo. Estadíos posteriores, de VII a XI, están separados principalmente por el grado de desarrollo de la cola libre, que ofrece una mejor señal para la separación de los estadíos.
- Estadío VII Este estadío se inicia cuando la cola principia a separarse de la masa vitelina; e incluye el crecimiento inicial de la cola hasta que la porción libre es de alrededor de 1/2 de la longitud de la cabeza del embrión. La porción libre de la cola permanece en el mismo plano que el cuerpo.
- Estadío VIII Al principio de este estadío, la cola en desarrollo comienza a doblarse hacia afuera del eje del cuerpo y concluye con una tendencia hacia 180° con esta porción posterior creciendo hacia la cabeza. Al final de este estadío, la porción libre de la cola es cerca de 1/5 de la longitud del saco vitelino.
- Estadío IX La torsión de la cola, algo arbitraria, comienza cuando la separación de la cola es igual a la longitud de la cabeza y de 1/4 a 1/2 del vitelo. La torsión se produce fuera del plano del embrión.
- Estadío X La cola se aproxima a la cabeza por encima del tronco. Al comienzo, es de 2 veces la longitud de la cabeza y la longitud de la cola libre es igual a 1/2 del vitelo.

Estadío XI La longitud de la cola libre es mayor que $3/4$ la longitud del vitelo. Se asume que la longi-

tud de la cabeza es aproximadamente igual a $1/4$ de la longitud del vitelo.

ANEXO II

Hay varias alternativas para ajustar curvas no lineales. Los métodos dependen de la asunción de los datos básicos y de la calidad de las proyecciones e interpolaciones. Después de considerar la magnitud del problema del trabajo especializado sobre una curva apropiada, los autores decidieron usar un programa simple escrito por U. Damm, comparando los resultados con los resultados publicados de otras aproximaciones y adaptándolos para su uso en este trabajo. Se decidió publicar el programa con este manuscrito con la esperanza que el proceso iterativo de ajuste de la curva no lineal será especificado más completamente en relación a la sensibilidad de cambios en varianza a través del período de la curva y de las distorsiones en la ponderación de observaciones por transformación a logaritmos y aplicando una regresión lineal. Una característica de este conjunto de datos es que los huevos son depositados en parches intensos y son rápidamente dispersos fuera de los centros. Puesto que el principal objetivo de este trabajo es encontrar el intercepto de una curva de mortalidad exponencial, hemos preferido usar los datos originales más que arriesgar una subestimación usando una regresión logarítmica lineal.

El programa está trazado para ser introducido en una microcomputadora Tandy TRS-80 Modelo III con 16 K de memoria y de lenguaje BASIC. El programa original escrito por Damm usó solamente precisión aritmética. Este programa ha sido convertido a precisión doble (17 dígitos significativos) porque 7 dígitos significativos pueden no ser suficientes para exponenciación y potenciación de los valores de las muestras y errores derivados.

Las dimensiones del programa, el número de pares de observaciones en la línea 200 y la sección de entrada es desde la instrucción 210 a la 240. En la línea 250 la relación entre el intervalo escogido y la unidad de la salida es seleccionada. Por ejemplo, el muestreo cada 8 horas con una tasa expresada en número por día requerirá la respuesta 0.33333. Si el resultado fuera en decrecimiento en unidades por hora y el intervalo de muestreo fuera 8 horas, la respuesta al intervalo relativo de unidad de tiempo sería 8.

Los valores iniciales se han establecido para dar una pendiente de prueba "Z" en la instrucción 270 e instrucciones 280-290. El procedimiento iterativo se inicia en la línea 300, haciendo un cambio fraccional en "Z" y comparando la diferencia, siguiendo la llamada a la subrutina, de desviación que se inicia en la línea 500.

En la línea 335 el cambio de valores es comparado y si éste es menor que una parte en 100,000, los parámetros finales son seleccionados. Si la diferencia es mayor que 100,000, la iteración es ejecutada nuevamente. Siguiendo la aceptación eventual de un cambio insignificativo, los cálculos del error final son determinados en las instrucciones 370 a 490 e impresos en las instrucciones 492 para el valor y error del intercepto, y 494 para el valor y error de la pendiente exponencial.

El programa ha sido comparado favorablemente con procedimientos más complicados usando la misma clase de datos. Estos programas toman pocos minutos para ser ejecutados.

Tabla 1a. "Tabla de Decisión" para determinar a bordo cuántos peces deben ser colectados de cada captura. Dependiendo del número de hembras entre los primeros 10 ejemplares, 10 ó 20 ejemplares deben ser sexados. Todos los peces de los frascos adicionales no son sexados a bordo. Cada recipiente contiene 5 ejemplares.

No. DE HEMBRAS ENCONTRADO	DECISION DESPUES DE SEXAR 10 EJEMPLARES		DECISION DESPUES DE SEXAR 20 JEMPLARES	
	Sexar 10 ejemplares más		20 recipientes adicionales son necesarios	
1				
2	"		20	"
3	"		20	"
4	"		20	"
5	"		20	"
6	"		20	"
7	"		20	"
8		8 recipientes adicionales son necesarios	18	"
9		6	14	"
10		5	11	"
11			9	"
12			7	"
13			6	"
14			5	"

Tabla 1b. Número total de recipientes necesarios y número total de ejemplares a preservar, de acuerdo al número de hembras encontradas entre los primeros 10 ó 20 ejemplares sexados.

	No. DE HEMBRAS ENCONTRADOS	No. TOTAL DE RECIPIENTES	No. TÓTAL DE EJEMPLARES PRESERVADOS
Después de sexar	8	8 + 2	50
10 ejemplares	9	6 + 2	40
	10	5 + 2	35
	1 - 7	20 + 4	120
	8	18 + 4	110
	9	14 + 4	90
Después de sexar	10	11 + 4	75
20 ejemplares	11	9 + 4	65
	12	7 + 4	55
	13	6 + 4	50
	≥ 14	5 + 4	45

Tabla 2. Peso total y peso sin gonada de 238 hembras. Esta serie de datos fue usada para establecer la regresión lineal entre peso total y peso de hembra sin gonada.

PESO TOTAL	PESO SIN GONADA	PESO TOTAL	PESO SIN GONADA	PESO TOTAL	PESO SIN GONADA
16.06	15.51	23.11	21.97	32.07	30.72
12.90	12.27	29.33	26.99	24.33	23.31
19.79	19.10	25.37	23.07	20.71	19.66
25.24	24.50	40.37	37.98	34.22	31.68
30.40	28.45	23.69	22.41	21.94	21.06
44.48	40.47	40.94	37.70	21.81	20.96
30.77	29.02	28.96	26.99	32.83	31.02
31.13	28.99	27.79	25.90	42.57	39.80
34.79	33.03	26.99	25.73	31.89	30.79
28.91	26.49	21.71	20.60	20.57	19.49
37.97	35.81	28.50	26.32	31.89	30.28
38.62	36.38	42.49	38.49	19.39	18.79
26.53	25.56	25.40	24.12	21.47	20.30
43.13	40.01	35.89	34.61	30.29	28.78
35.86	34.17	30.33	28.09	29.55	27.69
25.87	24.19	31.16	29.78	34.71	33.07
22.01	21.07	35.65	34.23	37.55	35.61
23.14	22.03	30.74	28.56	33.63	31.62
18.22	16.89	31.24	29.34	43.80	41.42
21.78	20.71	25.50	24.44	37.39	35.20
23.76	22.36	25.61	24.16	32.92	31.21
25.12	23.59	23.52	23.28	36.14	33.91
19.77	19.41	27.57	24.99	41.73	39.10
19.07	17.57	17.22	15.95	27.70	26.39
17.65	16.88	27.61	26.40	20.64	18.95
23.30	22.16	28.65	27.11	22.45	21.11
21.47	19.98	30.86	28.81	25.63	24.53
32.10	30.46	44.56	41.11	21.33	20.32
35.45	33.99	24.17	22.75	35.00	33.45
32.25	30.55	31.79	29.95	44.35	41.97
32.48	30.98	23.70	22.79	21.73	20.19
35.26	33.64	26.16	24.55	32.09	31.11
32.05	30.96	26.10	24.91	16.25	15.40
45.39	42.61	43.84	41.75	16.60	15.90
27.96	26.53	40.80	38.47	16.89	16.25
33.87	32.45	41.30	39.20	19.88	19.34
22.31	21.36	25.86	24.35	17.04	16.43
22.73	21.52	27.49	26.24	18.79	18.22
26.75	25.69	35.77	34.30	19.65	19.24
24.01	22.77	32.94	31.20	18.65	18.05
40.16	38.23	32.26	30.24	17.20	16.95
30.08	28.04	30.03	28.34	19.82	19.46
25.87	24.85	31.88	30.35	19.94	19.25
47.88	45.83	28.95	27.73	27.02	25.34
28.76	27.24	23.53	22.67	34.01	32.84
32.44	30.28	22.39	21.35	38.21	36.38
34.83	32.82	36.55	33.89	35.62	33.59
34.61	32.36	34.71	32.86	29.40	27.94

Tabla 2. (Continuación)

29.42	27.47	27.86	26.13	17.64	16.84
34.32	32.68	20.26	19.50	20.45	19.73
20.57	19.79	23.77	22.95	19.45	18.58
17.46	17.15	22.20	21.16	17.59	16.63
18.50	17.78	20.29	18.89	17.30	16.89
36.38	34.30	20.30	19.53	15.00	14.53
26.32	25.32	18.66	18.01	20.80	20.08
23.27	22.05	20.76	20.28	23.34	22.04
31.28	29.81	27.66	26.76	32.35	31.20
31.67	30.54	15.53	14.74	21.90	20.97
24.37	23.03	11.39	10.96	24.26	23.17
36.05	34.18	8.46	8.01	17.17	16.33
32.65	30.78	9.57	9.34	36.50	34.81
28.05	27.08	10.95	10.71	38.66	35.24
29.12	27.47	17.49	16.92	33.97	31.38
37.21	35.87	20.25	19.38	18.65	17.93
40.88	38.47	20.17	19.05	30.11	28.83
27.59	36.38	32.01	30.33	21.21	20.11
21.60	21.04	15.71	15.02	19.97	18.77
26.55	25.18	20.69	20.20	25.41	24.32
32.59	31.31	35.45	33.51	24.81	23.85
21.32	20.14	31.08	30.14	19.57	18.77
16.80	16.21	20.00	19.09	32.37	30.62
29.76	28.58	20.86	19.76	38.28	36.52
31.53	29.82	21.33	20.61	35.67	34.07
44.80	41.72	24.13	23.40	19.47	18.36
32.07	31.27	21.89	21.11	20.72	19.81
18.66	18.13	20.73	19.79	21.43	20.20
16.00	14.61	20.25	19.43	21.10	20.03
19.51	18.83	24.35	22.60	28.75	27.03
30.40	28.99	32.06	30.64		
21.04	20.57	35.97	34.36		

Tabla 3. Fecundidad parcial y peso sin gonada de 105 ejemplares hembras. Esta serie de datos fue usada para establecer la regresión logarítmica doble entre fecundidad parcial y peso de hembras sin gonada.

FECUNDIDAD PARCIAL	PESO DE HEMBRAS	FECUNDIDAD PARCIAL	PESO DE HEMBRAS	FECUNDIDAD PARCIAL	PESO DE HEMBRAS
14372	26.62	7524	18.59	7257	15.57
13483	22.24	12488	24.49	5977	16.84
20479	29.33	19884	34.48	10161	25.56
19055	29.79	9003	21.35	9921	21.13
15718	27.82	10379	23.83	14209	26.72
18077	24.24	6272	17.73	11937	32.28
25122	30.52	9410	21.23	10808	26.82
17863	24.93	7838	20.35	18090	34.02
17110	25.82	11336	25.82	9330	23.18
15460	22.38	11379	21.94	21954	29.56
10963	26.68	19567	28.99	16357	21.66
29621	35.04	8601	20.50	22138	26.33
17937	27.92	11528	29.59	20434	30.16
18707	24.97	17324	25.71	13797	24.44
14142	24.97	6651	18.32	12748	20.78
19191	25.02	12956	21.44	10415	24.16
15106	30.20	15812	30.09	13032	26.06
14893	22.49	20550	30.80	18077	25.58
12297	21.94	17720	28.31	13836	26.78
10600	19.54	20962	34.09	23268	34.15
16232	28.51	17959	27.21	9034	20.02
10926	23.04	17710	27.07	14243	24.36
22255	28.52	15272	28.73	24479	31.14
25814	33.23	22469	40.26	9130	22.71
16650	26.59	17620	29.44	5613	17.39
16771	27.09	20934	27.55	8811	18.27
10025	24.20	13120	34.27	14089	24.70
17973	24.77	16071	28.10	3847	12.69
12538	27.27	19789	35.66	7936	17.87
18179	26.10	15340	28.08	6147	13.88
21390	30.59	20267	34.93	22386	36.39
29013	37.38	21738	33.15	7251	16.45
17122	21.73	22288	31.90	6518	15.77
17421	21.96	19941	35.46		
16883	24.30	15816	33.75		
20834	25.81	26251	28.50		
20721	28.96	6380	14.88		

Tabla 4. Resumen de 1) Número 2) Fecha 3) Hora 4) Posición de colección 5) Peso promedio de hembras maduras en gramos 6) Fecundidad parcial en huevos por hembra y 7) Proporción de hembras en la población basado en el peso (Proporción sexual).

NÚMERO DE COLECCIÓN	FECHA	HORA	POSICION		PESO PROMEDIO DE HEMBRAS	PROMEDIO DE FECUNDIDAD PARCIAL	PROPORCIÓN SEXUAL
			LATITUD S	LONGITUD W			
1	25.8	03.15	13°03'	76°35'	19.75	9 511	.5142
2	25.8	12.00	13°38'	76°38'	30.29	19 347	.6895
3	25.8	16.30	13°28'	76°39'	31.05	20 763	.7442
4	25.8	19.30	13°26'	76°19'	25.59	14 625	.5533
5	26.8	09.00	13°10'	76°29'	23.63	12 752	.4496
6	26.8	15.30	12°44'	77°04'	26.16	15 054	.8127
7	26.8	19.30	12°20'	76°56'	30.94	20 426	.5828
8	27.8	18.00	12°01'	77°21'	25.33	14 314	.4521
10	28.8	09.00	12°55'	77°52'	30.10	20 340	.3151
11	28.8	14.15	12°38'	76°50'	29.13	18 289	.4743
12	28.8	19.30	12°50'	76°42'	25.98	14 866	.1262
15	29.8	16.00	12°32'	76°54'	30.12	19 424	.3257
16	29.8	19.30	12°38'	76°51'	26.58	15 496	.4393
17	30.8	09.30	12°18'	77°14'	32.43	22 101	.5444
18	30.8	13.00	12°14'	77°07'	27.31	16 531	.5532
19	30.8	19.15	12°08'	77°13'	27.76	17 273	.4613
20	31.8	16.15	12°06'	77°22'	26.52	15 597	.2636
21	31.8	22.45	11°50'	77°18'	30.14	20 447	.7968
22	1.9	10.00	11°34'	77°28'	30.68	20 152	.6733
23	1.9	16.45	11°34'	77°37'	26.99	16 199	.7873
24	1.9	19.00	11°27'	77°38'	24.33	13 624	.6038
25	1.9	21.00	11°32'	77°22'	25.18	14 726	.7868
26	2.9	08.30	11°39'	77°18'	24.41	14 105	.6874
27	2.9	12.30	11°45'	77°17'	30.83	20 277	.4989
28	5.9	07.15	11°14'	77°48'	36.78	27 408	.5276
29	5.9	09.15	11°15'	77°54'	25.65	14 891	.9050
31	5.9	18.15	10°56'	78°00'	25.83	15 558	.6715
32	5.9	21.15	10°43'	77°54'	18.29	8 180	.6418
33	6.9	08.00	10°56'	77°46'	18.68	8 822	.8301
34	7.9	12.10	10°35'	78°07'	32.14	21 714	.7096
35	7.9	14.45	10°26'	78°01'	18.59	8 435	.7051
36	7.9	18.00	10°27'	78°12'	25.83	15 044	.3611
37	7.9	22.55	10°11'	78°10'	26.07	15 294	.6436
38	8.9	07.25	10°06'	78°12'	26.90	16 387	.5530
40	8.9	16.10	09°52'	78°16'	26.39	16 180	.6038
41	8.9	20.15	09°42'	78°22'	32.38	22 124	.1586
42	9.9	09.00	09°37'	78°28'	23.69	13 317	.3338
44	9.9	17.10	09°22'	78°29'	18.75	8 711	.6212
45	9.9	20.10	09°06'	78°43'	25.35	14 848	.7393
46	11.9	18.00	08°34'	78°59'	22.05	11 947	.2990
47	11.9	21.00	08°27'	79°02'	22.46	11 908	.7920
48	12.9	08.45	07°37'	79°37'	21.18	10 461	.4532
49	12.9	13.15	07°25'	79°43'	19.80	9 515	.5929
52	16.9	10.10	08°07'	79°12'	12.29	4 154	.4580
53	16.9	13.10	07°55'	79°26'	23.42	12 955	.6204
54	16.9	17.35	07°48'	79°35'	25.83	15 441	.7194
55	16.9	19.40	07°43'	79°39'	23.24	12 605	.6552
57	17.9	12.00	08°11'	79°30'	32.50	22 451	.6362
58	17.9	14.15	08°19'	79°19'	20.65	10 060	.2818

Tabla 5. Valores de t_i y t'_i ($= t_i - \frac{t_1 + t_0}{2}$)

(a)		(b)		
HORA	t_i EN HORAS	t'_i	EN HORAS	EN FRACCION DE DIA
18.00	$t_0 = 0$			
02.00	$t_1 = 8$	t'_1	4	0.1667
14.00	$t_2 = 20$	t'_2	16	0.6667
02.00	$t_3 = 32$	t'_3	28	1.1667
14.00	$t_4 = 44$	t'_4	40	1.6667

Tabla 6. Ejemplo de uso de datos para determinación de edad en huevos.

ESTADIO	NUMERO DE HUEVOS	CATEGORIA DE EDAD ASIGNADA	No. TOTAL EN CATEGORIA DE EDAD
I	0		
II	14	A	A 45
III	31	A	
IV	0		
V	6	B	
VI	22	B	B 36
VII	8	B	
VIII	0		
IX	1	C	
X	3	C	C 5
XI	1	C	
Dis	11		Dis 11
TOTAL			97

Tabla 7. Dimensiones de regiones exploradas y número de unidades de muestreo (0.05 m^2) en cada región.

REGION	DIMENSIONES (mm)		MILLAS CUADRADAS	AREA
	A LO LARGO DE LA COSTA	DISTANTE DE LA COSTA		UNIDADES DE MUESTREO
11	170	33	5610	3.8484×10^{11}
11 (costera)	170	5	850	5.8308×10^{10}
21	180	33	5940	4.0747×10^{11}
21 (Costera)	180	5	900	6.1738×10^{10}
31	180	33	5940	4.0747×10^{11}
31 (Costera)	180	5	900	6.1738×10^{10}
12	170	30	5100	3.4985×10^{11}
22	180	30	5400	3.7043×10^{11}
32	180	30	5400	3.7043×10^{11}
13	170	30	5100	3.4985×10^{11}
23	180	30	5400	3.7043×10^{11}
33	180	30	5400	3.7043×10^{11}
TOTAL			52240	

Tabla 8. Resumen de datos de huevos

1	2	3	4	5	6	7	8
CATEGORIAS DE EDAD	REGION	No. DE ESTACIONES	No. TOTAL DE HUEVOS COLECTADOS POR REGION	No. PROMEDIO DE HUEVOS POR ESTACION	No. DE UNIDADES DE MUESTREO (x 10 ¹¹)	No. TOTAL DE HUEVOS POR REGION (x 10 ¹²)	No. TOTAL DE HUEVOS POR CATEGORIA DE EDAD
S	11	83	20	0.24	3.8484	0.0924	12.5365 x 10 ¹²
	21	89	1114	12.52	4.0747	5.1015	
	22	23	5	0.22	3.7043	0.0815	
	31	105	1871	17.82	4.0747	7.2611	
A ₁	11	104	2625	25.24	3.8484	9.7134	38.9720 x 10 ¹²
	21	108	4432	41.04	4.0747	16.7226	
	22	37	6	0.16	3.7043	0.0593	
	31	86	2633	30.62	4.0747	12.4767	
A ₂	11	83	106	4.89	3.8484	1.8819	15.3988 x 10 ¹²
	21	89	1744	19.60	4.0747	7.9864	
	22	23	17	0.74	3.7043	0.2741	
	31	105	1354	12.90	4.0747	5.2564	
B ₁	11	104	779	7.49	3.8484	2.8825	19.4554 x 10 ¹²
	21	108	2555	23.66	4.0747	2.6407	
	22	37	7	0.19	3.7043	0.0704	
	31	86	1448	16.84	4.0747	6.8618	
B ₂	11	83	177	2.13	3.8484	0.8197	6.0638 x 10 ¹²
	21	89	535	6.01	4.0747	2.4489	
	22	23	0	0.00	3.7043	0.0000	
	31	105	720	6.86	4.0747	2.7952	
C ₁	11	104	35	0.34	3.8484	0.1308	3.2979 x 10 ¹²
	21	108	342	3.17	4.0747	1.2917	
	22	37	3	0.08	3.7043	0.0296	
	31	86	390	4.53	4.0747	1.8458	
C ₂	11	83	2	0.02	3.8484	0.0077	0.0811 x 10 ¹²
	21	89	8	0.09	4.0747	0.0367	
	22	23	0	0.00	3.7043	0.0000	
	31	105	9	0.09	4.0747	0.0367	
D _{1a1}	11	104	155	1.49	3.8484	0.5734	2.3825 x 10 ¹²
	21	108	131	1.21	4.0747	0.4930	
	22	37	0	0.00	3.7043	0.0000	
	31	86	278	3.23	4.0747	1.3161	
D _{1a2}	11	83	41	0.49	3.8484	0.1886	3.2228 x 10 ¹²
	21	89	176	1.98	4.0747	0.8068	
	22	23	1	0.04	3.7043	0.0148	
	31	105	570	5.43	4.0747	2.2126	

Tabla 9. Distribución de huevos "Dis" en categorías de edad. Número total de huevos "Dis 1": 2.3825×10^{12} (Tabla 8). Número total de huevos "Dis 2": 3.2228×10^{12}

1 CATEGORIA DE EDAD	2 No. DE HUEVOS ($\times 10^{12}$)	3 PROPORCION (%)	4 No. DE HUEVOS "Dis" ($\times 10^{12}$)	5 No. TOTAL DE HUEVOS ($\times 10^{12}$)
A ₁	38.9720	63.14	1.5043	40.4763
B ₁	19.4554	31.52	0.7510	20.2064
C ₁	3.2979	5.34	0.1272	3.4251
S	12.5365	36.79	1.1857	13.7222
A ₂	15.3988	45.18	1.4561	16.8549
B ₂	6.0638	17.79	0.5733	6.6371
C ₂	0.0811	0.24	0.0077	0.0888

Tabla 10. Distribución de huevos "ceranos a la costa" y número total de huevos por categorías de edad.

1 CATEGORIA DE EDAD	2 No. DE HUEVOS* ($\times 10^{12}$)	3 PROPORCION (%)	4 No. DE HUEVOS CERCANOS A LA COSTA ($\times 10^{12}$)	5 No. TOTAL DE HUEVOS ($\times 10^{12}$)	P _i
S	13.7222	13.53	1.3524	15.0746	
A ₁	40.4763	39.91	3.9892	44.4655	
A ₂	16.8549	16.62	1.6613	18.5162	
B ₁	20.2064	19.93	1.9921	22.1985	
B ₂	6.6371	6.54	0.6537	7.2908	
C ₁	3.4251	3.38	0.3379	3.7630	
C ₂	0.0888	0.09	0.0090	0.0978	
TOTAL	101.4108	100.00	9.9956	111.4064	

* De la Tabla 9.

Tabla 11. Valores de t_i^* y P_i^*

t_i^*	CATEGORIA DE EDAD	P_i^*
0.1667	A ₁	44.4655 $\times 10^{12}$
0.6667	A ₂	18.5162 $\times 10^{12}$
1.1667	B ₁	22.1985 $\times 10^{12}$
1.6667	B ₂	7.2908 $\times 10^{12}$

* De la Tabla 10.

Tabla 12. Edad de folículos post-ovulatorios.

	HORA	EDAD DE FOLICULOS POST-OVULATORIOS (Horas después de desove)	
		HEMBRAS	HEMBRAS
		Día-1	Día-2
NOCHE DE DESOVE	22.00 PICO DE DESOVE	0	0
	07.00 - 07.59	9	33
Día siguiente al de desove	08.00 - 08.59	10	34
	09.00 - 09.59	11	35
	10.00 - 10.59	12	36
	11.00 - 11.59	13	37
	12.00 - 12.59	14	38
	13.00 - 13.59	15	39
	14.00 - 14.59	16	40
	15.00 - 15.59	17	41
	16.00 - 16.59	18	42
	17.00 - 17.59	19	43
	18.00 - 18.59	20	44
	19.00 - 19.59	21	45
	20.00 - 20.59	22	46
	21.00 - 21.59	23	47
	22.00 - 22.59	24	48
23.00 - 23.59	25	49	
2do. día siguiente al de desove	00.00 - 00.59	26	50
	01.00 - 01.59	27	51
	02.00 - 02.59	28	52
	03.00 - 03.59	29	53
	04.00 - 04.59	30	54
	05.00 - 05.59	31	55
	06.00 - 06.59	32	56

Tabla 13. Fracción de hembras desovantes por día.

No. De COLECCION	HORA	HEMBRAS HIDRATADAS		HEMBRAS DIA-1		HEMBRAS DIA-2		$\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2}$	m_{ai}	m_{yi}	\hat{F} (m_{yi}/m_{yi})	\hat{F} (m_{yi}/m_{yi})	\hat{F} (m_{yi}/m_{yi})	$\left(\frac{m_{yi}}{m}\right)^2 \times (\hat{F} - \bar{F})^2$	Dia-1	Dia-2	Dia-1	Dia-2
		No. (m_{h1})	%	Horas después del desove	No. (m_{1i})	Horas después del desove	No. (m_{2i})											
38	07.15	11	55	9	0	33	0	0	9	9.0	0	0	0	.0062	.0062	.0062	.0062	
38	07.25	3	15	3	3	33	3	3.0	11	20.0	.1500	.1500	.1500	.0001	.0001	.0001	.0001	
33	08.00	0	0	10	2	34	1	1.5	17	21.5	.0930	.0930	.0930	.0062	.0062	.0062	.0062	
26	08.30	0	0	10	2	34	4	3.0	14	23.0	.0870	.0870	.0870	.0085	.0085	.0085	.0085	
48	08.45	5	25	10	6	34	3	4.5	6	19.5	.3077	.3077	.3077	.0246	.0246	.0246	.0246	
5	09.00	11	55	11	2	35	1	1.5	6	10.5	.1905	.1905	.1905	.0003	.0003	.0003	.0003	
10	09.00	7	35	11	6	35	1	1.5	6	10.5	.1905	.1905	.1905	.0003	.0003	.0003	.0003	
42	09.00	2	10	11	0	35	0	0	18	18.0	0	0	0	.0248	.0248	.0248	.0248	
29	09.15	2	10	11	2	35	3	2.5	13	20.5	.0976	.0976	.0976	.0049	.0049	.0049	.0049	
17	09.30	10	50	11	2	35	0	1.0	8	11.0	.1818	.1818	.1818	.0002	.0002	.0002	.0002	
22	10.00	0	0	12	2	36	1	1.5	17	21.5	.0930	.0930	.0930	.0062	.0062	.0062	.0062	
52	10.10	3	15	12	6	36	3	4.5	8	21.5	.2791	.2791	.2791	.0194	.0194	.0194	.0194	
2	12.00	2	10	14	5	38	3	4.0	10	22.0	.2273	.2273	.2273	.0064	.0064	.0064	.0064	
57	12.00	2	10	14	6	38	5	5.5	7	23.5	.2553	.2553	.2553	.0148	.0148	.0148	.0148	
34	12.10	10	50	14	3	38	0	1.5	7	11.5	.2609	.2609	.2609	.0040	.0040	.0040	.0040	
27	12.30	6	30	14	1	38	2	1.5	11	15.5	.0645	.0645	.0645	.0066	.0066	.0066	.0066	
18	13.00	3	15	15	2	39	2	2.0	13	19.0	.1053	.1053	.1053	.0033	.0033	.0033	.0033	
53	13.10	4	20	15	6	39	3	4.5	7	20.5	.2927	.2927	.2927	.0219	.0219	.0219	.0219	
49	13.15	2	10	15	4	39	2	3.0	12	21.0	.1905	.1905	.1905	.0002	.0002	.0002	.0002	
11	14.15	3	15	16	4	40	4	4.0	9	21.0	.1905	.1905	.1905	.0012	.0012	.0012	.0012	
58	14.15	11	55	16	1	40	1	4.0	7	10.0	.1000	.1000	.1000	.0011	.0011	.0011	.0011	
35	14.45	3	15	16	0	40	6	3.0	11	20.0	0	0	0	.0300	.0300	.0300	.0300	
6	15.30	2	10	17	9	41	1	5.0	8	23.0	.3913	.3913	.3913	.0435	.0435	.0435	.0435	
15	16.00	5	25	18	1	42	3	2.0	11	17.0	.0588	.0588	.0588	.0089	.0089	.0089	.0089	
40	16.10	1	5	18	3	42	5	4.0	11	23.0	.1304	.1304	.1304	.0014	.0014	.0014	.0014	
20	16.15	3	15	18	4	42	6	5.0	7	22.0	.1818	.1818	.1818	.0007	.0007	.0007	.0007	
3	16.30	0	0	18	4	42	7	5.0	9	25.5	.1569	.1569	.1569	0	0	0	0	
23	16.45	0	0	18	4	42	4	5.0	10	25.0	.2400	.2400	.2400	.0118	.0118	.0118	.0118	
44	17.10	2	10	18	6	43	3	2.0	14	20.0	.0500	.0500	.0500	.0145	.0145	.0145	.0145	
54	17.35	6	30	19	7	43	4	5.0	3	19.5	.3590	.3590	.3590	.0251	.0251	.0251	.0251	
8	18.00	1	5	20	1	44	1	1.0	17	20.0	.0500	.0500	.0500	.0145	.0145	.0145	.0145	
36	18.00	13	65	20	2	44	4	3.0	1	10.0	.2000	.2000	.2000	.0005	.0005	.0005	.0005	
46	18.00	16	80	20	1	44	0	0.5	3	4.5	.2222	.2222	.2222	.0002	.0002	.0002	.0002	

31	18.15	2	10	20	5	44	1	3.0	12	21.0	.2381	.0476	.0079	.0167
24	19.00	3	15	21	1	45	2	1.5	14	18.5	.0541	.1081	.0115	.0028
19	19.15	4	20	21	4	45	7	5.5	5	21.5	.1860	.3256	.0009	.0375
4	19.30	13	65	21	3	45	0	1.5	4	8.5	.3529	0	.0080	.0065
7	19.30	2	10	21	2	45	4	3.0	12	21.0	.0952	.1905	.0056	.0012
12	19.30	17	85	21	0	45	0	3.0	3	3.0	0	0	.0007	.0007
16	19.30	8	40	21	3	45	3	3.0	6	15.0	.2000	.2000	.0011	.0011
55	19.40	2	10	21	1	45	5	3.0	12	21.0	.0476	.2381	.0167	.0079
45	20.10	1	5	22	5	46	6	5.5	8	24.5	.2041	.2449	.0034	.0128
41	20.15	19	95	22	0	46	0	0	1	1.0	0	0	.0001	.0001
25	21.00	2	10	23	4	47	7	5.5	7	23.5	.1702	.2979	.0002	.0311
47	21.00	0	0	23	4	47	4	4.0	12	24.0	.1667	.1667	.0001	.0001
32	21.15	0	0	23	2	47	2	2.0	16	22.0	.0909	.0909	.0070	.0070
21	22.30	1	5	24	3	48	4	3.5	12	22.5	.1333	.1778	.0011	.0005
37	22.55	1	5	24	9	48	1	5.0	9	24.0	.3750	.0417	.0790	.0242
1	03.15	2	10	29	5	53	1	3.0	12	21.0	.2381	.0476	.0079	.0167

Tabla 1.4. Parámetros estimados y estimado de la biomasa desovante con varianzas asociadas ($V_{\bar{x}}$), desviaciones estándar ($SD_{\bar{x}}$), coeficiente de variación ($CV_{\bar{x}}$).

SÍMBOLO	PARAMETRO	\bar{x}	$V_{\bar{x}}$	$SD_{\bar{x}}$	$CV_{\bar{x}}$
P _o	Producción diaria de huevos en área investigada	6.4963×10^{13}	3.0496×10^{26}	1.7463×10^{13}	0.2688
W	Peso promedio de hembras	25.84 g	0.4494	0.6704	0.0259
R	Fracción de hembras	0.5643	0.0007	0.0259	0.0459
E	Fecundidad parcial (huevos/hembra)	15 401	4.32×10^5	657.3	0.0427
F	Fracción de hembras que desova por día	0.1604	1.02×10^{-4}	0.0101	0.0629
B	Biomasa desovante (ton. métricas)	1 204 191	1.17×10^{11}	3.42×10^5	0.2840

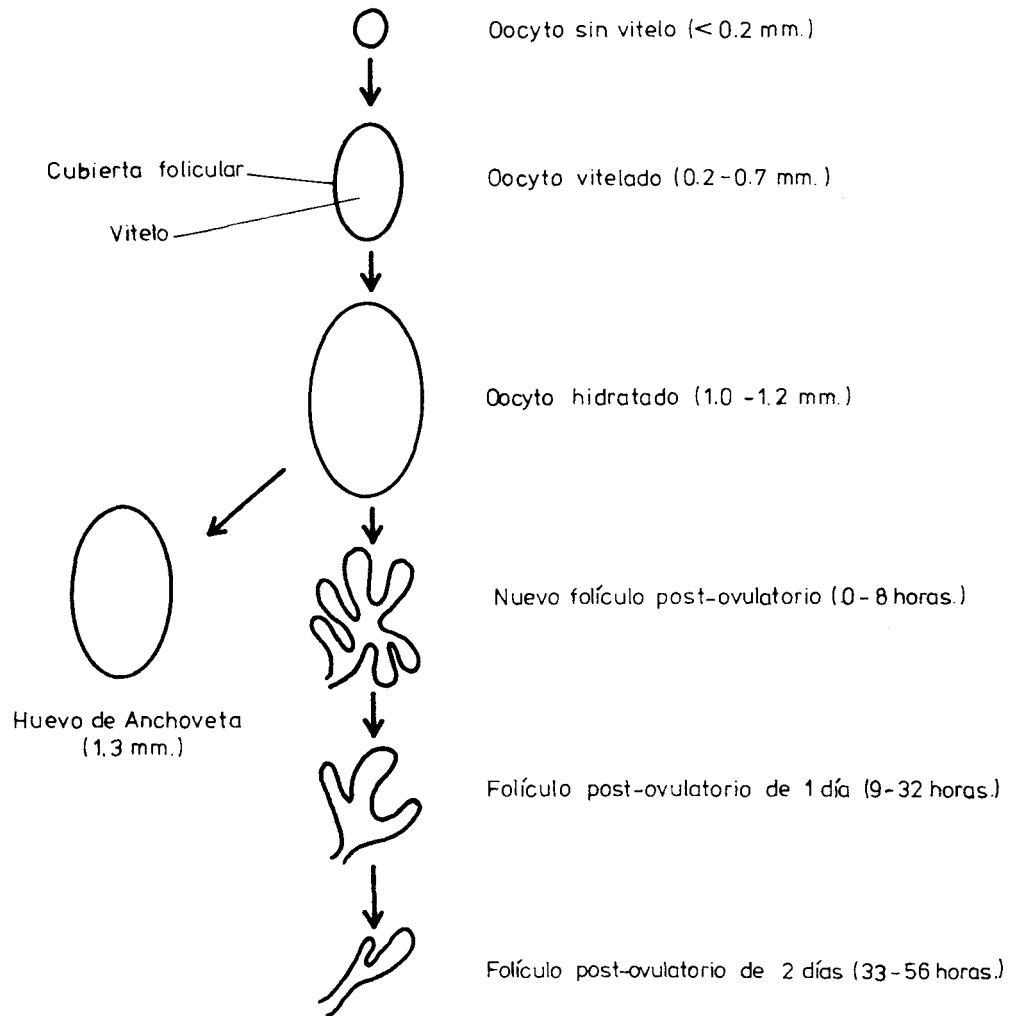


Fig.1 Representación esquemática del desarrollo de oocitos y de folículos post-ovulatorios.

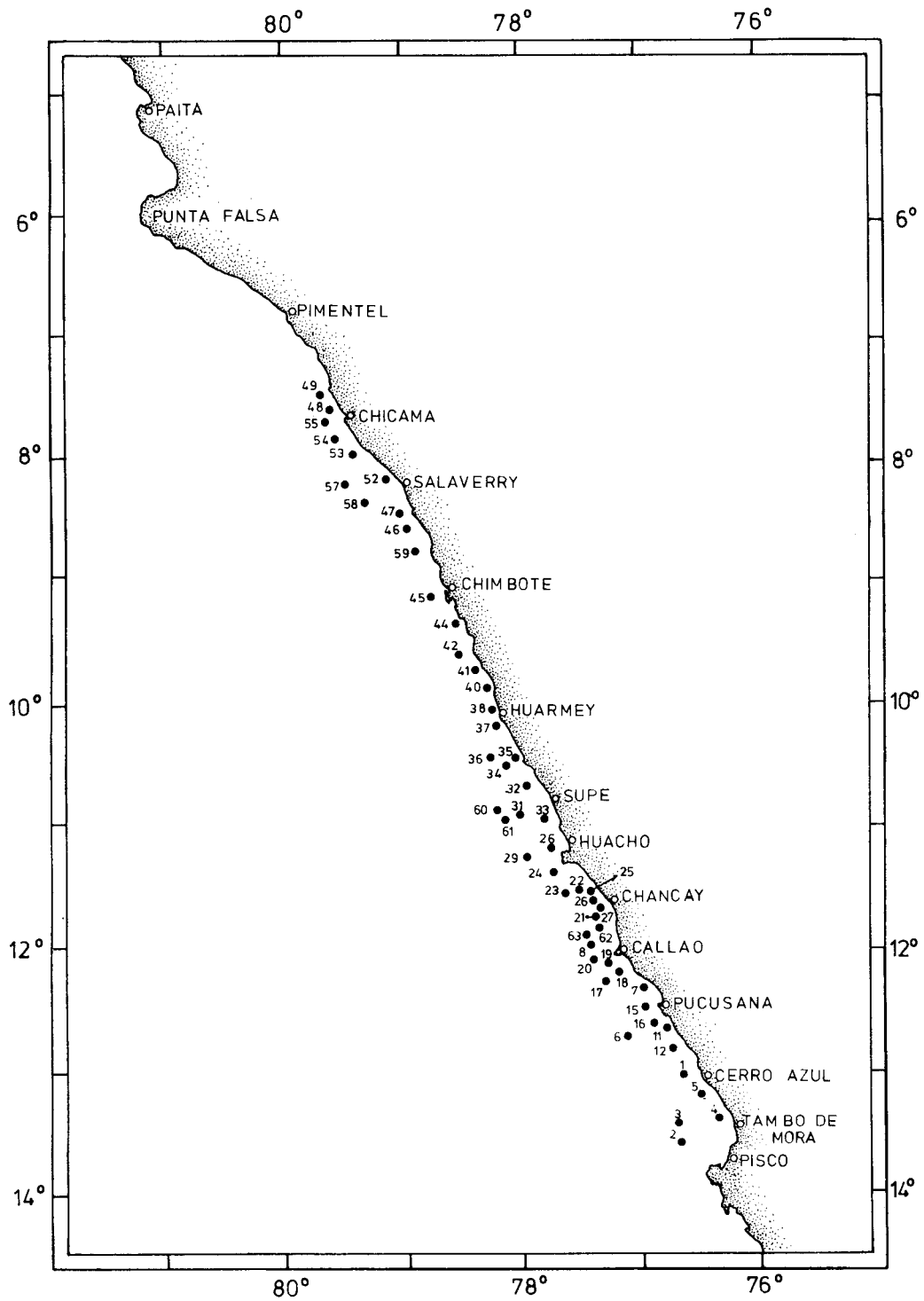


Fig. 2. Línea costera del Perú y estaciones de muestreo de anchoveta.

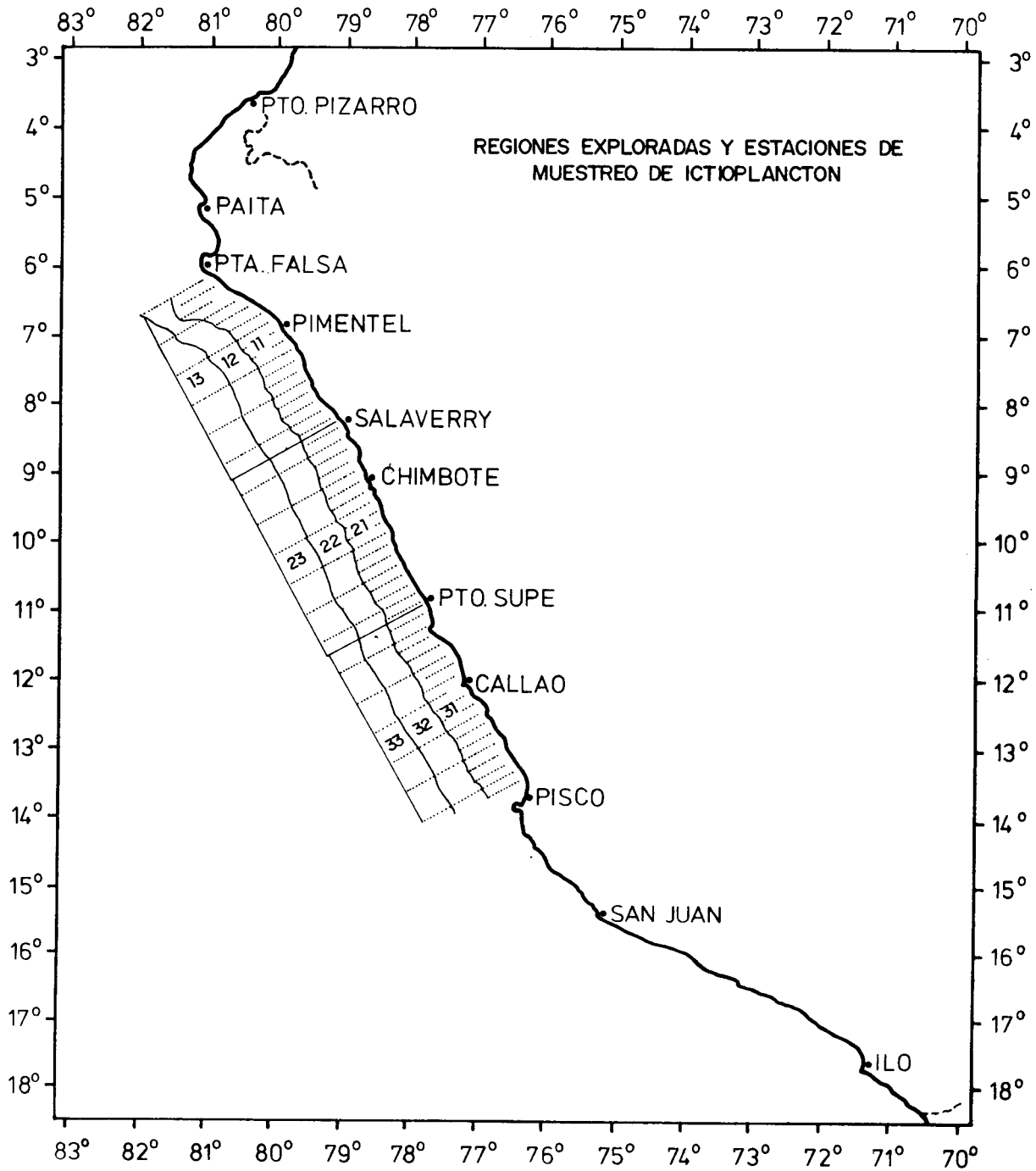


Fig 3. Línea Costera del Perú y estaciones de muestreo de ictioplancton.

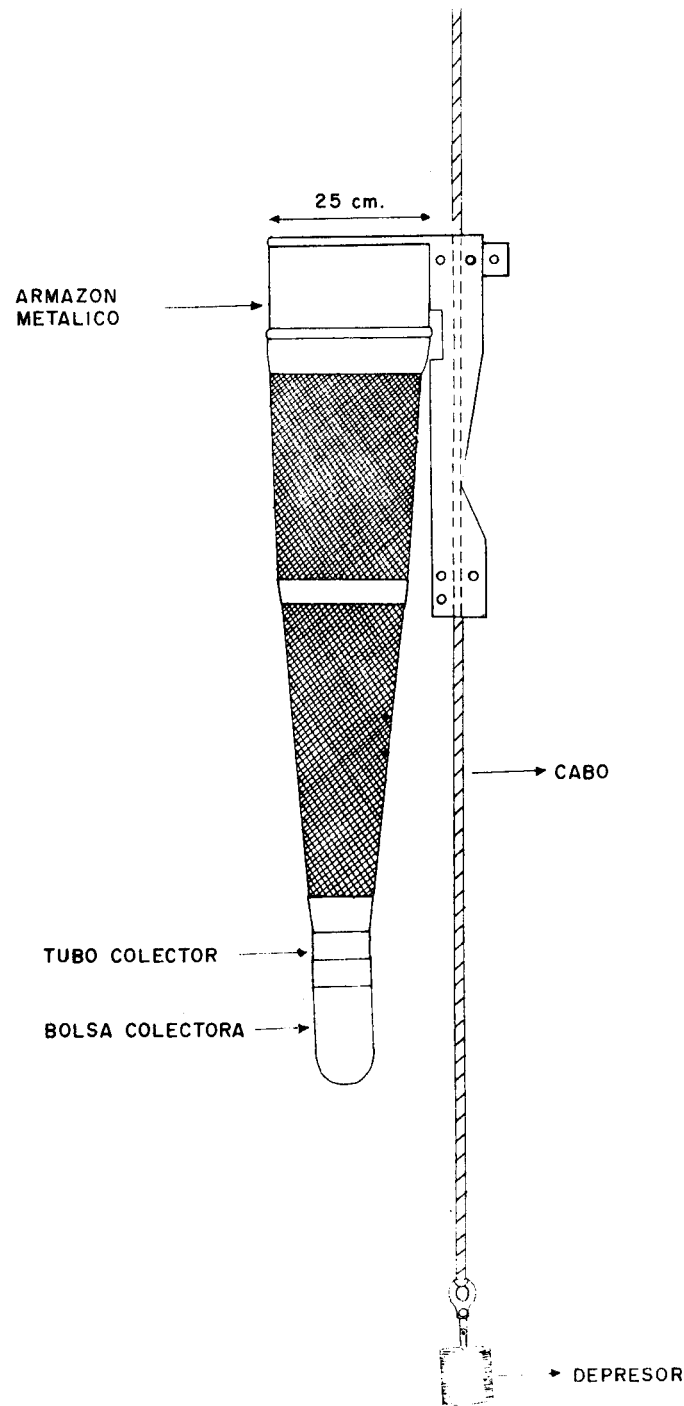


Fig. 4. Mecanismo de muestreo de huevos de Calito (Calappa).

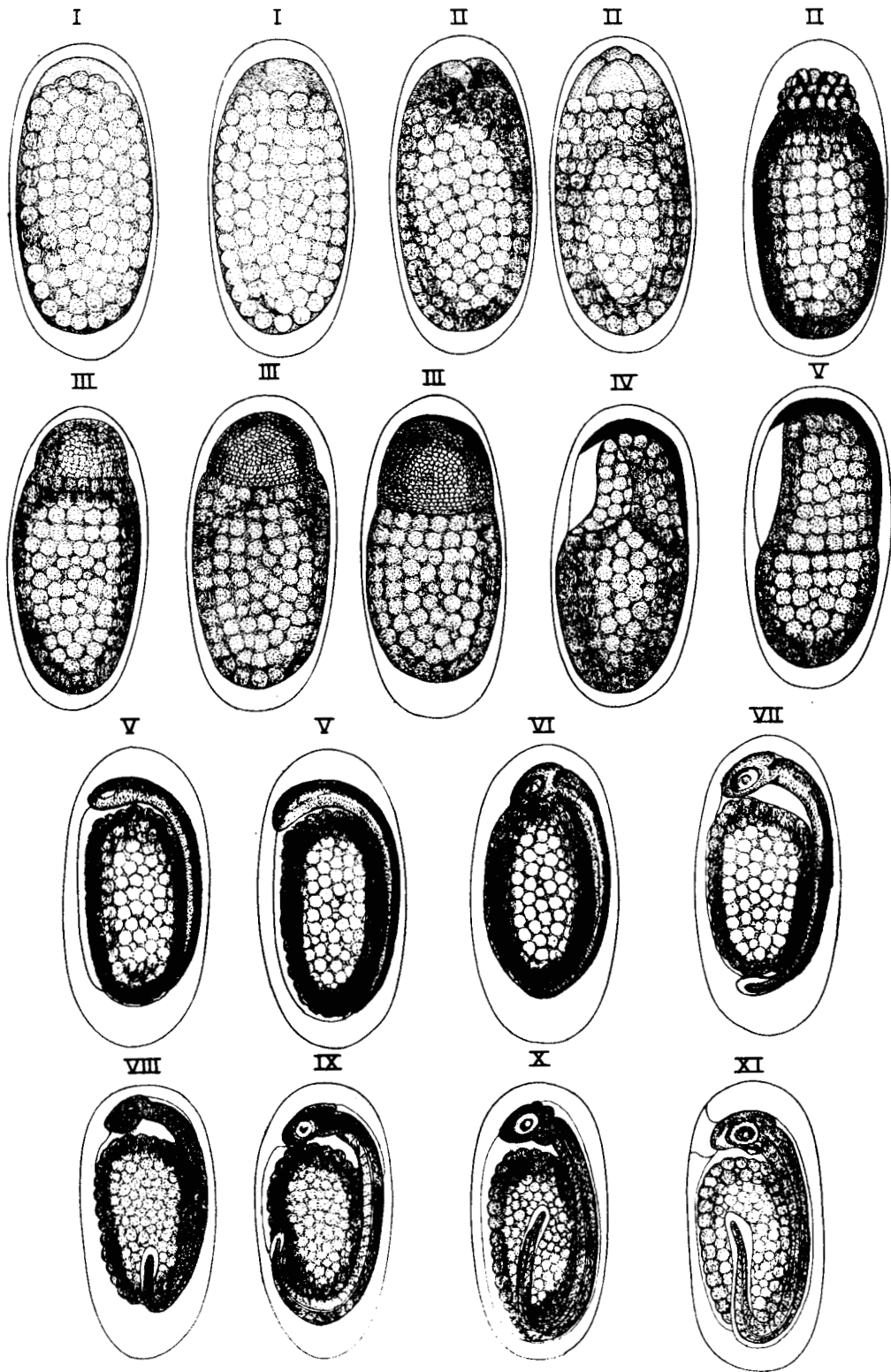


Fig. 5. Desarrollo embrionario de anchoveta.

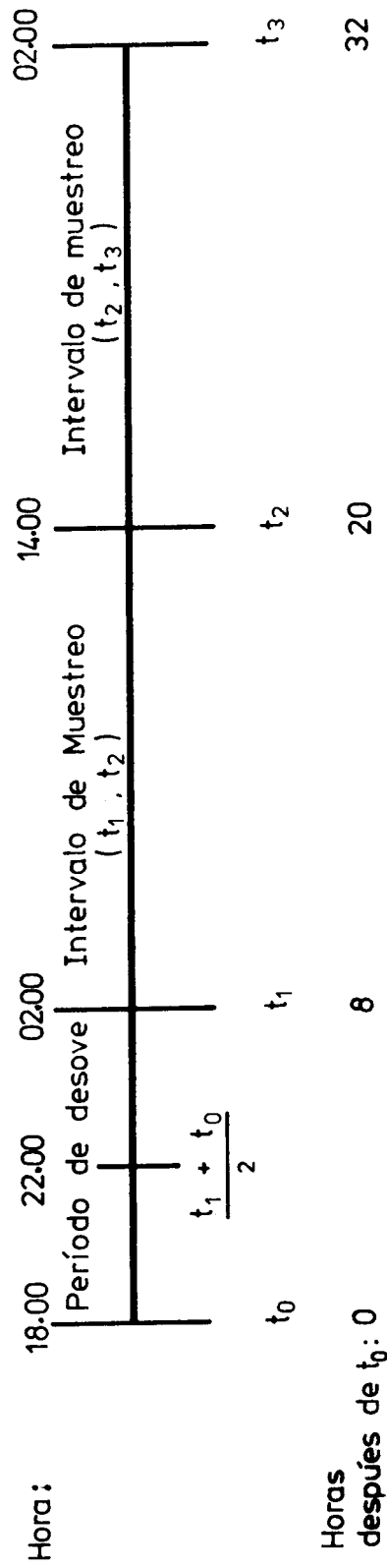


Fig. 6. Representación esquemática de t_1 .

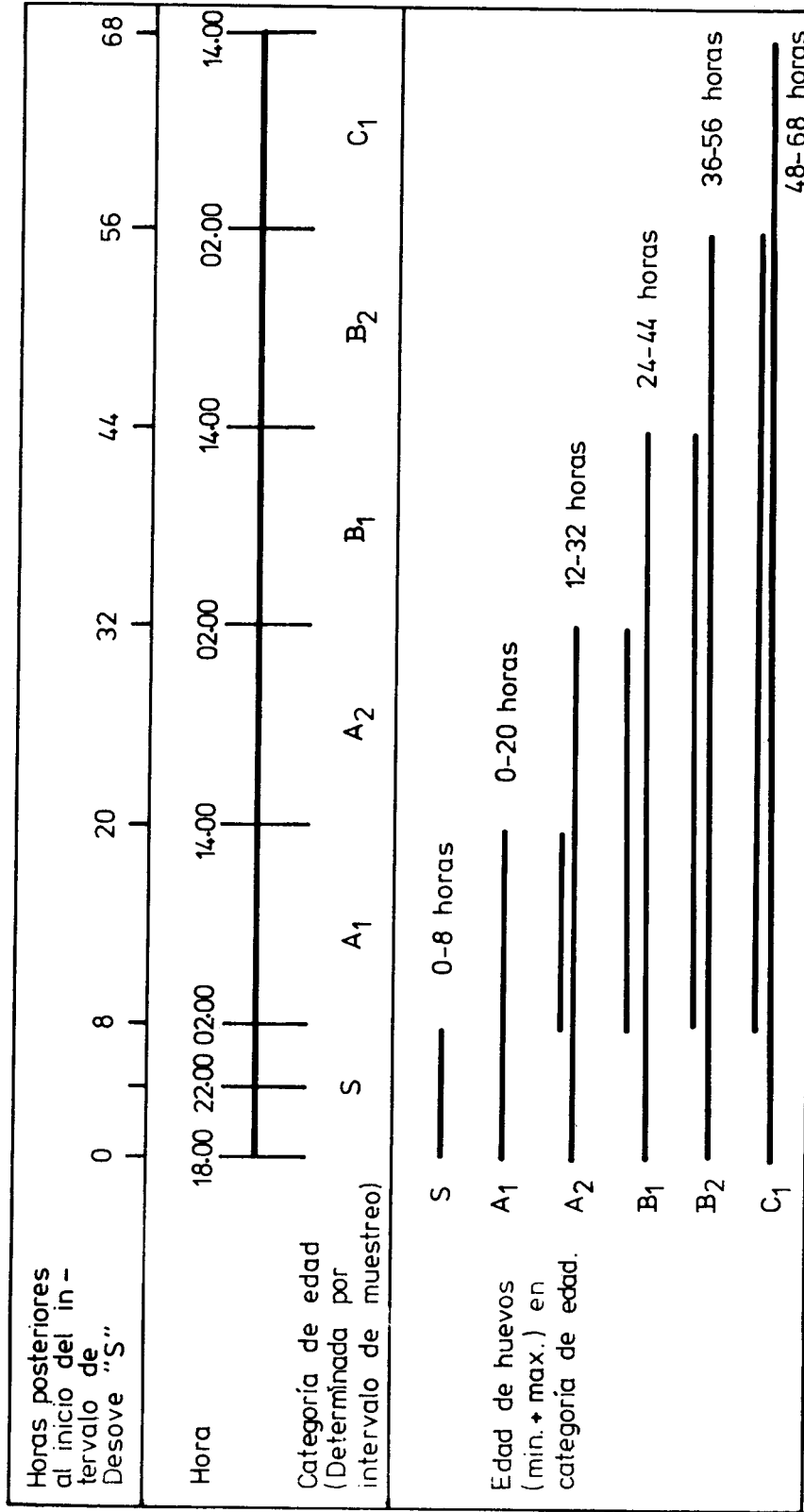


Fig. 7. Representación esquemática de categorías de edad y edad máxima de huevos en diferentes categorías de edad.

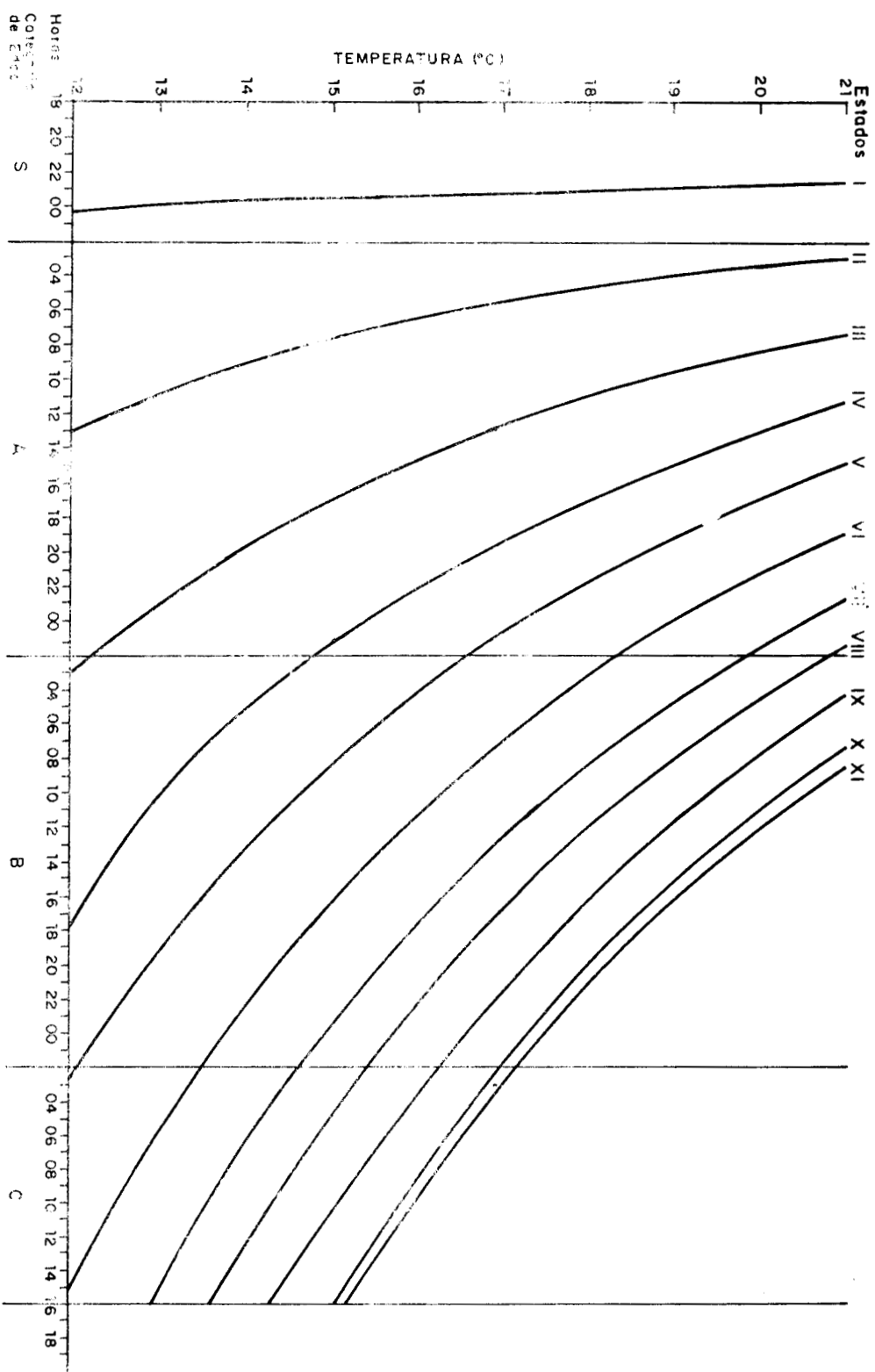


Figura 8. Curvas de desarrollo embrionario de anchoveta, que representan la edad de los estadios (I a XI), a diferentes temperaturas del agua.

```

200 DIM X%(20),Y%(20)
210 INPUT"NO. VAL. ";N
220 FOR I=1 TO N
225 INPUT "T = ";X%(I)
230 INPUT "N = ";Y%(I)
235 PRINT
240 NEXT I
250 INPUT "REL. INTERVAL/TIME UNIT";B#
260 PRINT
270 INPUT "INIT. Z";Z#
280 GOSUB 500
290 F#=Z#.1
300 S0#=S#
310 Z#=Z#+F#
320 PRINTZ#,S#
330 GOSUB 500
335 IF ABS(S0#/S#-1)< 1E-5 THEN 370
340 IF S#<S0# THEN 300
350 F#=F#/-2
360 GOTO 300
370 N0#=S2#/S3#
380 DT#=-LOG((1-EXP(-Z##B#))/Z#/B#)/Z#
390 N0#=N0##EXP(-Z##-DT#)
400 '*****CALCULATE ERROR
401 N1#=0
402 N2#=0
403 N4#=0
410 FOR I=1 TO N
420 W1#=EXP(X%(I)+DT#)*-Z#
430 W2#=(X%(I)+DT#)*N0##W1#
440 M1#=M1#+W1#E2
450 M2#=M2#+W1##N2#
460 M4#=M4#+N2#E2
470 NEXT I
480 D#=(M1#+M3#-M2#E2)
484 C1#=M4#/D#
485 C2#=-M2#/D#
486 C4#=M1#/D#
488 E1#=SQR(C1##3#/(N-2))
490 E2#=SQR(C4##3#/(N-2))
491 PRINT:PRINT:PRINT
492 PRINT "N0= ";N0#,"ERROR = ";E1#
494 PRINT " Z= ";Z#,"ERROR = ";E2#
496 GOTO 590
500 '*****SUBROUTINE FOR CALCULATING DEV
505 S1#=0
506 S2#=0
507 S3#=0
510 FOR I=1 TO N
520 S1#=S1# + Y%(I)E2
530 X0#=EXP(-Z##X%(I))
540 S2#=S2# + Y%(I)*X0#
550 S3#=S3# + X0#E2
560 NEXT I
570 S#=(S1#-S2#E2/S3#)
580 RETURN
590 END

```