



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS F I P**

FIP - IT / 95 - 01

INFORME : EVALUACION DEL STOCK DESOVANTE  
FINAL DE ANCHOVETA POR EL METODO DE  
PRODUCCION DE HUEVOS EN LA I Y II  
REGIONES

UNIDAD : UNIVERSIDAD ARTURO PRAT  
EJECUTORA

**UNIVERSIDAD ARTURO PRAT**  
**DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL MAR**



INFORME FINAL

PROYECTO F.I.P. N° 95-01

EVALUACIÓN DEL STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA POR EL  
MÉTODO DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS EN LAS I Y II REGIONES.

Autores:

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

- Gabriel Claramunt Q.
- Gustavo Herrera U.
- Pedro Pizarro F.
- Jessica Pizarro E.

UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA

- Ruben Escribano V.
  - Marcelo Oliva M.
  - Alberto Olivares P.
  - Carlos Guerra C.
- 
- Alejandro Zuleta V. (Consultor).

Mayo, 1996

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente Informe entrega los resultados del proyecto de evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones. Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se efectuaron cruceros de evaluación simultáneos en el mes de agosto de 1995, a bordo del B/C "Purihaalar" y del PAM "Mar Caribe", el primero dedicado a la prospección de huevos de anchoveta y el segundo a la captura de anchovetas adultas.

El modelo de track utilizado en la prospección de huevos, fue de transectas paralelas entre sí y perpendiculares a la costa, separadas por 10 mn, realizando ciclos compuestos por dos de 30 mn y una de 60 mn, desde los 25° hasta la frontera norte (18° 20'), generándose un área total prospectada de 25010 mn<sup>2</sup>, con un total de 578 estaciones. Del total de lances efectuados con red Calvet (578), se obtuvieron 208 estaciones positivas (36%), las cuales estuvieron fundamentalmente concentradas en las primeras 30 mn. El área estudiada se dividió en dos estratos, dependiendo de la presencia o ausencia de huevos. El estrato 0 comprendió todas las estaciones fuera del área real de desove. El área geográfica que incluye todas las estaciones positivas, más aquellas negativas dentro de esta área, se consideró como el área de desove, la cual a su vez, se subdividió en cuatro focos de desove de acuerdo a la distribución de huevos. La estratificación por zonas de desove, implicó la estimación independiente de la producción diaria de huevos ( $P_0$ ), para lo cual en una primera etapa se estimó la tasa instantánea diaria de mortalidad ( $Z$ ) utilizando todos los datos disponibles para el área cubierta por el crucero. En una segunda etapa, con el valor de  $Z$  ya estimado, se determinaron los valores de  $P_0$  para cada zona predefinida. Esta metodología ha sido propuesta y discutida por Picquelle y Stauffer (1985). Los parámetros  $P_0$  y  $Z$  fueron estimados mediante un ajuste de regresión no lineal, aplicando el algoritmo de Marquardt. La asignación de edades a los huevos se realizó tomando en cuenta el modelo edad-temperatura entregado por Lo (1985) y ajustando la edad por la porción del día desde las 22:00 h previas, hasta el momento de la colecta para el día más cercano, según el procedimiento automatizado descrito por Lo (1985).

La producción diaria de huevos estimada para el total del área del crucero fue de 28,4 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día con un coeficiente de variación de 0,37.

Para la asignación de edad a los huevos, en el presente estudio, además del modelo entregado por Lo (1985) para *Engraulis mordax*, se realizó un experimento en condiciones de laboratorio para el ajuste del modelo en *Engraulis ringens*. Para lo cual huevos de anchoveta obtenidos desde el medio natural fueron separados por estado de desarrollo y asignados a temperaturas constantes en viales individuales con agua de mar esterilizada. Se trabajó con tres temperaturas controladas en forma simultánea (11, 15 y 20 °C), observando en forma directa cada uno de ellos cada 1 hora. El experimento se repitió en una segunda oportunidad. El ajuste de la función no lineal descrita por Lo (1985) se realizó mediante regresión no lineal utilizando el algoritmo de Gauss-Newton. El estimado de P<sub>0</sub>, utilizando las edades estimadas por el modelo ajustado de acuerdo a los datos obtenidos del experimento de desarrollo de los huevos a temperatura controlada, es ligeramente superior al obtenido por el modelo entregado por Lo (1985), lo cual a su vez provoca un aumento en el cálculo de la biomasa desovante de un 9,1 %, aunque si se consideran los coeficientes de variación involucrados, estas diferencias no serían relevantes. Estos resultados sugieren la conveniencia de validar definitivamente el modelo de asignación de edades para *E. ringens*, con un mayor rango de temperaturas y de definición de la edad 0 (fertilización).

En el crucero de prospección de adultos se efectuaron 40 lances positivos dentro de las 20 mn, debido a que no se detectaron cardúmenes fuera de este rango. De los 200 ejemplares muestreados de cada lance para proporción sexual, se obtuvo un total de 3164 hembras, 4501 machos y 340 ejemplares que debido a su pequeño tamaño no se les pudo determinar el sexo. Las 30 primeras hembras de cada lance fueron fijadas en formalina tamponada, el análisis histológico determinó un fuerte predominio de hembras en estadio IV (58,3%) y V (22,4%). De esta manera, la frecuencia de los estadios ováricos puso de manifiesto que los muestreos se llevaron a cabo durante la época de máxima actividad reproductiva de la anchoveta presente en las regiones I y II. La fracción diaria de hembras desovantes estimada para el período en base a la presencia de FPO de día 1 fue de 0,198 con una varianza de 0,000378; y en base a la presencia de FPO de día 2 fue de 0,157 con una varianza de 0,000304. El test t pareado para probar la independencia de las

estimaciones en base a los FPO de día 1 y 2, entregó que no existen diferencias entre éstos ( $t_{\text{calc.}} = 1,570$ ;  $t_{\alpha,38} = 2,023$ ), por lo que se combinaron (FPO 1 + FPO 2) con el fin de duplicar el tamaño muestral y reducir la varianza, resultando en una fracción desovante de 0,178 con una varianza de 0,000072. El peso promedio de hembra madura para el total de lances fue de 29,162 con una varianza de 0,5428 y un coeficiente de variación de 0,025. La proporción en peso de las hembras fue de 0,424, con una varianza de 0,0006 y un coeficiente de variación de 0,05759. La fecundidad parcial, se estimó mediante el conteo de ovocitos hidratados, encontrándose que el modelo lineal con el peso corporal como variable independiente es el que presenta mejor ajuste, con el menor cuadrado medio del error (MSE), estimándose la fecundidad parcial promedio poblacional en 15405 ovocitos, con una varianza de 181091 y un coeficiente de variación de 0,028.

Finalmente, de los parámetros del método de producción de huevos, se deduce una biomasa de anchoveta para el área de 1223515 ton, con una varianza de 2,1394 E+11 y un coeficiente de variación de 0,38.

## INDICE

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVO GENERAL 3

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

MATERIALES Y MÉTODOS 4

I.- Parámetros asociados a huevos 6

II.- Parámetros asociados a adultos 16

RESULTADOS

I.- Parámetros asociados a huevos 32

II.- Parámetros asociados a adultos 34

DISCUSIÓN 39

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44

FIGURAS 50

ANEXO 1 58

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

- Tabla 1: Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.
- Tabla 2: Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).
- Tabla 3: Caracterización histológica de los folículos postovulatorios (FPO) (Hunter y Goldberg, 1980 ajustados para *E. ringens*).
- Tabla 4: Características de las zonas de desove consideradas para la estimación de  $P_o$ .
- Tabla 5: Estimados de producción diaria de huevos ( $P_o$  en  $N^{\circ}/0,05 \text{ m}^2$ ) para cada zona de desove.
- Tabla 6: Resumen de promedios por lances de: fecundidad parcial, peso corporal, número de hembras maduras, número de hembras con FPO 1, FPO 2, FPO 0, y peso total, de las primeras 30 hembras maduras. Número de machos y hembras del muestreo de proporción sexual y peso total promedio de los 30 primeros machos.
- Tabla 7: Estados de madurez microscópicos (EMM) para el total de hembras muestreadas.
- Tabla 8: Resultados de análisis de regresión para los modelos ajustados entre la fecundidad parcial con el peso corporal y la longitud total.
- Tabla 9: Parámetros del Método de Producción de Huevos determinados para especies del género *Engraulis*. ( $P_o^*A$ : Producción de huevos en el área del crucero; W: Peso promedio de hembras maduras; F: Fecundidad parcial; R: Proporción de hembras; S: Fracción de hembras desovantes; B: Biomasa desovante estimada; CV: Coeficientes de variación).

- Figuras 1: Distribución geográfica de estaciones positivas y abundancia relativa de los huevos de anchoveta (huevos/0,05 m<sup>2</sup>).
- Figuras 2: Isolíneas de densidad relativa de huevos de anchoveta (huevos/0,05 m<sup>2</sup>).
- Figura 3: Zonas de desove de anchoveta, definidas de acuerdo a la abundancia relativa de huevos.
- Figura 4: Distribución de frecuencia de edades del total de huevos de anchoveta colectados en el área del crucero, agrupados a intervalos de medio día.
- Figura 5: Distribución geográfica de los lances de pesca de anchoveta.
- Figura 6: Distribución de frecuencia de tallas (LT) de los ejemplares capturados en los lances de pesca.
- Figura 7: Frecuencia relativa de los estados de madurez microscópicos de anchoveta.

## INTRODUCCIÓN

La anchoveta (*Engraulis ringens*), sostuvo una intensa pesquería monoespecífica, que llegó a representar por sí sola, un 20% de la captura total mundial (Cañón, 1978), siendo hoy en día el recurso principal y sostenedor de la actividad pesquera en la zona norte de Chile, debido a la situación de colapso que afecta al stock de sardina española (*Sardinops sagax*) y a los moderados niveles de captura de jurel (*Trachurus symmetricus*).

Los métodos de evaluación indirecta, como el actual Análisis Secuencial de Poblaciones (ASP) en el caso de la anchoveta presenta grandes limitaciones, debido a que el stock desovante depende fundamentalmente del reclutamiento dentro del primer año de vida, además requiere de información previa, tal como series históricas de desembarques y de captura por unidad de esfuerzo, y aún en su aplicación éste requiere de información de evaluaciones directas en el proceso de calibración. Un método de evaluación directa aplicado en la anchoveta, ha sido el hidroacústico, sin embargo además del costo que involucra, no es recomendable para este tipo de recurso debido a su distribución muy costera (sesgo de orilla) y a la ubicación de los cardúmenes en los primeros metros de profundidad (zona muerta para los transductores), además del supuesto de una correcta e inequívoca identificación de ecos y de mezcla de especies en los cardúmenes.

El descubrimiento, por Moser (1967), de que los folículos post-ovulatorios (estructuras ováricas que evidencian desoves recientes) pueden ser utilizados para estimar el tiempo de desove, condujo al desarrollo del método de producción de huevos, el que permite realizar evaluaciones instantáneas, directas y absolutas de biomasa. Esta metodología permite estimar todos los parámetros involucrados, a partir de una sola campaña, la que puede requerir a lo más dos embarcaciones, reduciendo significativamente los costos de prospección.

Las ventajas adicionales del método de producción de huevos incluyen: (1) Obtención de un estimado instantáneo de la producción de huevos y de la biomasa desovante, gracias al uso de a lo más dos buques, lo que implica significativa reducción en costos de operación, al compararse

con otras metodologías de evaluación. (2) Cada factor en los estimados de biomasa, es derivado junto con sus estimadores de precisión, a partir de una interpretación biológica y no es dependiente de estimadores históricos o índices de abundancia. (3) Los niveles de precisión de cada parámetro y del resultado final de biomasa puede ser estimado.

Estas ventajas, indudables al definir una metodología que genere información con el menor sesgo, están sujeta a algunas desventajas tales como: Distribución por parches de los huevos (sobredispersión); corto período de residencia de los huevos en el mar, en comparación con las larvas; necesidad de definir con claridad los límites geográficos del área de desove.

Las desventajas son efectivamente anuladas al programar un crucero con adecuada resolución espacial y temporal. Uso de redes de pequeño tamaño (red CalVET), diseñada específicamente para muestrear huevos de anchoveta (*Engraulis mordax*) (Smith *et al.*, 1985) permiten obtener numerosas y pequeñas muestras, lo que reduce inmediatamente la alta varianza asociada a los modelos de distribución sobredispersos, en los que la relación varianza-promedio supera la unidad.

Adicional a la estimación de biomasa, esta metodología genera una gran cantidad de información que no se puede obtener desde otras fuentes. Así, es posible determinar tasas de mortalidad de huevos y larvas tempranas. El método ha permitido determinar también las grandes diferencias que se presentan, año a año en parámetros tales como mortalidad de huevos, fecundidad y frecuencia de desoves (Lasker, 1985).

Este método es de aplicabilidad directa a peces clupeiformes, tales como anchovetas y sardinas (Lasker, 1985) y ha sido exitosamente utilizado en distintas especies del género *Engraulis* tales como: *Engraulis capensis* en Sudáfrica (Amstrong *et al.*, 1988), *Engraulis mordax* (Picquelle y Stauffer, 1985), como también para la población centro-norte peruana de *Engraulis ringens* (Santander *et al.*, 1984), y para la anchoveta presente en la I y II región (Rojas y Oliva, 1993).

## **OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar mediante la aplicación del Método de Producción de Huevos la biomasa desovante de anchoveta de la zona norte (I y II Regiones).

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la proporción de estados de madurez microscópico y estimar la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta y su varianza asociada.
- Determinar la fecundidad parcial en función del peso corporal y el modelo de regresión correspondiente a esta relación, así como la fecundidad media poblacional y su varianza asociada.
- Determinar la producción diaria de huevos en el mar y su varianza asociada y registrar la temperatura del mar a 10 metros de profundidad en las estaciones de muestreo.
- Determinar el peso promedio de hembras, la proporción numérica entre los dos sexos con sus respectivas varianzas y la función de mortalidad diaria de los huevos.
- Determinar la biomasa del stock desovante de anchoveta y su varianza asociada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Generalidades del método de producción de huevos (MPH).

De acuerdo con Parker (1985), la producción de huevos (P) debe ser igual a la biomasa de hembras que producen esos huevos por la fecundidad media por desove, según:

$$P = (B * R') * E'$$

donde: B = biomasa del stock en estudio.

R' = proporción del stock que corresponde a hembras que producen huevos (hembras desovantes).

E' = número de huevos desovados por desove por unidad de peso (gr) de las hembras.

En su forma actual, esta ecuación es aplicable sólo cuando cada hembra madura desova una vez durante el intervalo de tiempo en que la producción es medida. En este caso, R' deriva simplemente en R, la proporción sexual estimada a partir de la biomasa. R' incluye dos componentes, la proporción sexual R y la fracción de hembras (f) que desovan en un período de tiempo determinado, los que se relacionan según:

$$R' = R * f$$

Parker (1980) demostró que la frecuencia de desoves (f) puede ser estimada si se cumplen tres condiciones:

- Existe una característica que permita indicar cuando tendrá o cuando tuvo lugar el desove.
- El período de tiempo durante el cual la característica permanece detectable, puede ser estimado.
- La tasa (o frecuencia) de desove permanece constante a través del período de muestreo durante el cual f es estimado.

Bajo estas condiciones, la estimación de P puede replantearse en términos de proporción sexual y frecuencia de desoves, según:

$$P = B * R * f * E'$$

entonces, la biomasa desovante puede estimarse directamente de:

$$B = P / (R * f * E')$$

la cual es una ecuación convencional que relaciona la biomasa desovante con la producción de huevos. Esta fue modificada por Stauffer y Picquelle (1980) para su aplicación a *Engraulis mordax*, basando la ecuación sobre un estimado diario de producción y fracción desovante, según:

$$B = P_0 * A * (k * W) / (R * E * f)$$

Donde:

- B: Biomasa desovante ( ton. métricas).
- $P_0$ : Producción diaria de huevos. (huevos producidos por 0.05m<sup>2</sup> por día).
- W: Peso promedio de hembras maduras (gr).
- R: Proporción sexual: proporción de la población que corresponde a hembras maduras, por su peso.
- E: Numero de huevos desovados por hembra madura por desove.
- f: Fracción de hembras maduras desovantes por día.
- A: Área total estudiada (en 0.05 m<sup>2</sup>).
- k: Factor de corrección de gramos a toneladas métricas.

## I.- PARÁMETROS ASOCIADOS A HUEVOS

La estimación de la producción diaria total de huevos en el área de desove (P) por los adultos desovantes, se deriva a partir de la regresión del contaje de huevos sobre la edad, a través del modelo exponencial de mortalidad, el cual asume una tasa de mortalidad constante, según:

$$P_{ijk} = P_0 e^{(-Zt)} + \epsilon_{ijk} \quad (1)$$

donde:

$P_{ijk}$  = numero de huevos de la edad k, en la estación j, estrato i,

t = edad en días, medida como el tiempo transcurrido desde el tiempo especificado de desove,  $t_0$ , al tiempo de muestreo de la estación j en el sustrato i.

$P_0$  = Producción diaria de huevos por unidad de área en el estrato i.

Z = Tasa diaria de mortalidad instantánea de huevos.

$\epsilon_{ijk}$  = error aditivo.

Para obtener la producción diaria total de huevos del área de desove (P) se requiere entonces realizar una estimación estadística de los parámetros  $P_0$  y Z. La precisión en la estimación de estos parámetros influirá directamente en la precisión del estimador de P, por lo cual las consideraciones, presunciones y robustez, tanto en el diseño de muestreo de la abundancia de huevos y sus edades, como en las técnicas estadísticas disponible para evaluar la función (1), son de crítica relevancia.

El diseño de muestreo depende de la información previa con que se cuente sobre abundancia y distribución de huevos, de manera que permitan definir el área de muestreo a cubrir y el tipo de muestreo, dependiendo de la distribución espacial. Asociado al diseño de muestreo se decide cual técnica estadística es la apropiada para estimar los parámetros  $P_0$  y Z desde la ecuación (1) y que permitan obtener valores realísticos de sus varianzas.

### Área de prospección:

Cañón (1978) sugiere la existencia de tres zonas importantes de desove en el norte grande: frente a Arica, a la desembocadura del Río Loa y al sur de Tal-Tal; Serra *et al* (1979) señala que la mayor intensidad de desove se ubica entre Arica y la península de Mejillones, presentándose tres focos principales: Arica, Caleta Loa y Mejillones. Finalmente la información de Rojas y Oliva (1993) muestra que en el plano latitudinal se generaría un gradiente de mayor intensidad de desove desde latitudes altas a bajas y con una mayor concentración de huevos en las primeras 30 mn (89,1 % de los huevos colectados y 84,4 % de las estaciones positivas). Adicionalmente debe considerarse que antecedentes históricos demuestran que las áreas de desove no son estables en términos espaciales ni temporales, al respecto basta comparar cartas de distribución de huevos de anchoveta en las regiones I y II presentadas por Rojas *et al.* (1983, 1989) y Rojas y Oliva (1993). De este modo, la planificación del crucero consideró el área de distribución global de huevos en la zona en estudio, abarcando desde la frontera norte, 18° 23' S hasta los 25° 00' S. El límite sur del crucero consideró cubrir una posible expansión latitudinal del área de desove. Además y tal como lo señala Smith y Hewitt (1985), el producto del área prospectada y la producción de huevos/unidad de área es insesgada si el área de prospección es mayor que el área de desove. En sentido longitudinal, un crucero centrado en las primeras 30 mn asegura cubrir al menos el 89% de la producción de huevos, su expansión a las 60 millas, en estaciones alternas, cubre la posible expansión longitudinal del área de desove. El modelo de track utilizado fue de transectas paralelas entre si y perpendiculares a la costa, separadas por 10 mn, totalizando 41 transectas. Se realizaron ciclos de transectas compuestas por dos de 30 mn y una de 60 mn hasta completar la extensión latitudinal del área de muestreo, en cada transecta se definieron estaciones cada 3 mn a partir de la primera milla desde la costa. Del total resultaron 27 transectas de 30 mn y 14 de 60 mn, de las cuales las correspondientes a la latitud de 24°50' y 24°20' S sólo se completaron hasta 50 mn por situación de mal tiempo. La extensión latitudinal alcanzó a 400 mn y la longitudinal 61 mn, generándose un área total prospectada de 24400 mn<sup>2</sup>, con un total de 578 estaciones. El crucero se realizó en el B/C Purihaalar entre el 9 de agosto y el 4 de septiembre de 1995. El día 8 de agosto la embarcación zarpó desde el puerto de

Antofagasta con rumbo a la Rada de Paposó ( $25^{\circ}00'$  S) iniciándose el muestreo el día 9 de agosto. La secuencia de transectas se realizó desde sur a norte.

Para la obtención de huevos de anchoveta, se utilizó red CALVET (versión PAIROVET), de 0,25 m de diámetro y  $250 \mu\text{m}$  de trama de malla. En cada estación se arrastró verticalmente desde los 70 m hasta la superficie a una velocidad de 1 m/s. En algunas estaciones costeras de profundidad inferior a 70 m el arrastre se realizó de los 5 m desde el fondo a superficie. Las muestras obtenidas se fijaron en formalina neutralizada con Bórax al 4% en agua de mar, rotuladas y enviadas para su procesamiento en laboratorios de la UDA y UNAP. En cada punto de muestreo, y con ayuda de un CTD SeaBird-19, se obtuvo un perfil vertical de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto desde los 50 m a superficie. Adicionalmente se obtuvo registros de temperatura superficial del mar y en algunas estaciones se utilizó botellas Nansen con termómetro de inversión a los 10 m de profundidad, con el objeto de verificar las mediciones obtenidas con el CTD.

#### **Tratamiento de muestras del ictioplancton**

**Conteo de huevos totales:** La totalidad de huevos de anchoveta se identificaron desde cada muestra de ictioplancton con la ayuda de estereomicroscopio, los que fueron contados y separados en viales rotulados, para la posterior determinación de los estadios de desarrollo embrionario.

**Clasificación de los estadios de desarrollo:** La totalidad de los huevos de anchoveta provenientes de cada muestra, fueron identificados en base a características merístico morfométricas de acuerdo a los criterios de clasificación descritos por Moser y Ahlstrom (1985) para *Engraulis mordax* los que han sido utilizados en *Engraulis ringens* por Santander *et al.*, 1984 y Rojas y Oliva, 1993 (Tabla 1).

**Tabla 1: Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.**

**Estadio I:** Huevos recientemente desovados, no segmentados, con acumulación conspicua de citoplasma en el polo animal conformando el blastodisco.

**Estadio II:** Desarrollo de la capa blastodérmica con inicio de la división celular, hasta la agregación de células que toman la apariencia de mórula.

**Estadio III:** Desde la formación de la cavidad hasta el establecimiento definitivo de la cubierta embrionaria. El blastodermo comienza a desplazarse sobre el vitelo, extendiéndose hasta un tercio de la longitud del vitelo.

**Estadio IV:** El blastodermo se desplaza hasta los dos tercios de la masa vitelina, estructurándose la zona de desarrollo del embrión, sin destacar alguna estructura embrionaria distintiva.

**Estadio V:** El blastodermo ha cubierto la totalidad de la masa vitelina, culminando con el cierre del blastoporo. Se inicia la formación de los miómeros lo largo del cuerpo. El desarrollo de los ojos ocurre al final de este estadio.

**Estadio VI:** Se define desde el cierre del blastoporo hasta el inicio de la separación de la cola desde el vitelo. Excepto en la región caudal, los miómeros se presentan en la totalidad del cuerpo.

**Estadio VII:** La cola empieza a separarse del vitelo, desde el crecimiento inicial de ésta, hasta que la porción libre sea equivalente a la mitad de la longitud de la cabeza permaneciendo en el mismo plano del eje del cuerpo.

**Estadio VIII:** La cola en desarrollo comienza a doblarse, separándose del eje del cuerpo con crecimiento hacia la cabeza. Al final del estadio, la porción libre de la cola equivale a un quinto de la longitud del vitelo y a la longitud total de la cabeza del embrión.

**Estadio IX:** La separación de la cola fluctúa entre un cuarto y un medio de la longitud del vitelo. La torsión de la cola se produce fuera del plano del embrión.

**Estadio X:** El extremo de la cola se aproxima a la cabeza por encima del tronco, siendo dos veces la longitud de la cabeza y de un medio hasta tres cuartos de la longitud del saco vitelino.

**Estadio XI:** La longitud libre de la cola es mayor que tres cuartos de la longitud del vitelo. La longitud de la cabeza es aproximadamente igual a un cuarto de la longitud del vitelo.

Los huevos que no fueron identificados en algún estadio de desarrollo por su grado de deterioro (opacos o estructuras internas dañadas) se asignaron a una categoría especial DET (deteriorados).

## Determinación de la edad de huevos

### Validación del método de asignación de edades de huevos

El presente estudio consideró la aplicación histórica del método utilizando el modelo entregado por Lo (1985) para asignar la edad de los huevos. Adicionalmente se realizó un experimento en condiciones controladas para la validación de esta metodología, como se describe a continuación.

La tasa de desarrollo de huevos de peces está estrechamente relacionada a la temperatura (Kamler, 1992). Por otra parte es posible clasificar los huevos en estadios de desarrollo discretos (Mosser y Ahlstrom, 1985). De manera tal que conociendo la temperatura y el estadio de desarrollo es posible estimar la edad del huevo. Ciertamente tal estimación dependerá de un adecuado modelo que describa la relación entre la temperatura y el desarrollo. Para *E. mordax* se ha concluido que el mejor modelo matemático que describe esta relación es de tipo exponencial (Lo, 1985):

$$Y_{i,t} = a_i e^{b_i t}$$

donde  $Y_i$  = la edad promedio del estadio  $i$  a la temperatura  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ). Los coeficientes  $a_i$ ,  $b_i$  son correspondientes solamente al estadio  $i$ , de manera tal que deben ser estimados en forma independiente para cada estadio de desarrollo.

El modelo exponencial de desarrollo del huevo en función de la temperatura podría ser válido y aplicable a *E. ringens*, como se ha estado haciendo a la fecha (e.g. Santander *et al.*, 1984; Rojas y Oliva, 1993). Sin embargo, distintas especies muestran una variada gama de modelos matemáticos de mejor ajuste estadístico (ver Kamler, 1992 para discusión), y por otra parte es dudoso que exista una equivalencia entre los parámetros de un modelo particular entre especies, aunque tal equivalencia pueda presentarse a nivel intraespecífico (Kamler, *op cit.*). La elección del modelo apropiado es de crítica importancia, en la medida en que su representatividad del desarrollo

embrionario de la especie tiene efecto directo en la estimación de la edad y en la estimación de la varianza asociada.

A continuación se describe la experiencia desarrollada con el objetivo de validar la metodología actualmente aplicada a *E. ringens* para la asignación de edades de huevos:

Para obtener el modelo matemático que mejor describa la relación entre la temperatura y la tasa de desarrollo de huevos, se requiere evaluar el tiempo necesario para alcanzar un determinado estadio a varias temperaturas controladas. Para ello, durante el período de desove principal de la anchoveta (agosto-septiembre 1995), se obtuvieron huevos mediante muestreos de plancton usando red tipo Nansen de 450  $\mu\text{m}$  de trama en la Bahía de Antofagasta ( $23^{\circ}30\text{ S}$ ). Los huevos fueron inmediatamente diluidos en neveras a baja temperatura ( $5\text{-}10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y transportados al laboratorio en un máximo de 1 h.

En el laboratorio, en una cámara de temperatura controlada ( $11^{\circ}\text{C}$ ) y bajo microscopio estereoscópico con luz fría, los huevos fueron separados por estadio de desarrollo y asignados a temperaturas constantes en viales individuales de 100 ml, conteniendo agua de mar esterilizada, doblemente filtrada ( $0.45\text{ }\mu\text{m}$ ) y previamente aireada durante la noche. Se trabajó con 3 temperaturas en forma simultánea, 11, 15 y  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , obtenidas mediante baños de circulación con termóstatos instalados en la cámara. El experimento fue repetido en 2 oportunidades, para las mismas temperaturas. No obstante se muestreó en diferentes horas del día y la noche, no fue posible obtener un número suficiente de huevos en estadios tempranos, debido a la baja abundancia de huevos en el área, siendo el estadio III el más joven obtenido. Este hecho impidió estudiar la tasa de desarrollo para un mayor número de temperaturas y para estadio mas tempranos que IV. La estimación de la edad relativa, o duración de los estadios de desarrollo (horas, minutos) para cada temperatura se obtuvo por medio de observaciones directas de los huevos a intervalos de cada 1 h.

Las edades relativas de los estadios en función de la temperatura fueron ajustadas a los siguientes modelos matemáticos: a) exponencial y b) modelo combinado exponencial-potencial.

La obtención de los valores residuales cuadráticos y el coeficiente de determinación permitió evaluar la "bondad de ajuste" y a su vez seleccionar el modelo más representativo. Se realizó un análisis comparativo entre las curvas de Santander *et al.* (1984), las cuales se derivaron de los resultados obtenidos por Lo (1985) y las curvas obtenidas en nuestros experimentos mediante el ajuste exponencial, así como el impacto que las eventuales diferencias entre ambos conjuntos de curvas pudieran tener sobre el cálculo de la mortalidad (Z), la producción diaria de huevos  $P_0$  y sobre el cálculo final de la biomasa desovante.

### Asignación de edad de los huevos

Se aplicó la metodología descrita por Lo (1985), es decir a través de la estimación de la edad para cada estadio en función de la temperatura a 10 m de profundidad, la que fue obtenida al momento de la colecta, utilizando un CTD SeaBird-19.

El tiempo cero, o bien la hora del día del pico de desove fue considerada como las 22:00 h, siguiendo la metodología utilizada en *Engraulis ringens* (Santander *et al.*, 1984; Rojas y Oliva, 1993), la cual se ha derivado de la información disponible para *E. mordax* (Stauffer y Picquelle, 1985). La edad de los huevos (en horas) se calculó haciendo uso de las curva edad-temperatura y ajustando la edad por la porción del día desde las 22:00 h previas hasta el momento de la colecta para el día mas cercano, según el procedimiento "automatizado" descrita por Lo (1985), según la función:

$$y_{i,t,k} = y_{i,t} + k - \hat{T}$$

donde:  $y_{i,t}$  = se obtiene del modelo temperatura dependiente.

$k$  = hora del lance

$T$  = remanente de  $(y_{i,t} + 22) - 24$

Las decisiones de corrección según la hora de colecta son:

$$y_{i,t,k} = \begin{cases} y_{i,t} - G & \text{si } k < \hat{T} - G \\ y_{i,t} + k - \hat{T} & \text{si } \hat{T} - G < k < \hat{T} + G \\ y_{i,t} + G & \text{si } \hat{T} + G < k \end{cases}$$

donde G es el doble de la desviación estándar de la edad dentro de cada estadio.

No se establecieron categorías de edad (i.e. intervalos de 12 o más horas), sino que la variable edad fue definida como continua. Los huevos de la categoría DES (desintegrados) fueron asignados a un estadio de desarrollo según los siguientes criterios de decisión (Hewitt *et al*, 1984):

1) Huevos que pudieron ser identificados dentro de un rango de estadios, fueron asignados en forma ponderada de acuerdo a la proporción por estadio ya determinada para esa muestra.

2) En aquellas estaciones en las que sólo se encontraron huevos DES, fueron distribuidos aleatoriamente siguiendo una distribución uniforme dentro del rango de estadios posibles.

De acuerdo a Stauffer y Picquelle (1985), mientras mas extenso es el período de eclosión (temperatura-dependiente), mayor es la varianza introducida por efecto de traslape de grupos modales de edad y por el efecto de la eclosión de huevos. De manera tal que es aconsejable fijar un límite de edad y truncar la serie de datos hasta ese límite superior con el objeto de aumentar la precisión y así evitar que otros factores mas allá de la mortalidad afecten la estimación de la producción diaria. Por otra parte, el período de desove ocurre en un rango de 8 horas, de tal manera que la abundancia de huevos con edades inferiores a 8 horas puede ser afectada por reclutamiento incompleto de huevos (Armstrong *et al.*, 1988), así también es conveniente definir un límite superior de edades para la estimación de Po. El rango de temperatura observado a los 10 m en el área estudiada fluctuó entre 13.5 y 17.3 °C, con una media ponderada de 15.3 °C. Para tales temperaturas, el modelo de desarrollo de huevos temperatura-dependiente predice tiempos desde

el momento del desove a la eclosión entre 55 a 76 horas, con una estimación media de 65 horas. Dada la alta variabilidad de temperatura y su gradiente latitudinal, se prefirió considerar como punto de partida de la eclosión a las 65 horas de desove. Con estas consideraciones, la estimación de  $P_0$  se realizó incluyendo los datos de densidad entre los rangos de edad de 8 a 65 horas.

Se prefirió utilizar la edad como variable continua para una aplicación directa de la ecuación (1), ya que las otras técnicas disponibles implican una linearización del modelo, en donde los estimados y su varianzas asociadas pueden no ser realísticos.

### **Métodos de análisis de datos**

Debido a que el muestreo no se limitó sólo al área puntual de desove de la anchoveta, sino que abarcó una zona mucho más extensa, existieron muchas estaciones con conteos cero (estaciones negativas), las que pueden influir fuertemente la varianza. Para reducir este impacto, el área estudiada se dividió en dos estratos, dependiendo de la presencia o ausencia de huevos. El estrato 0 comprendió todas las estaciones fuera del área real de desove, en ellas la producción  $P$  es igual a 0. El área geográfica que incluye todas las estaciones positivas, más aquellas estaciones negativas dentro de esta área, se consideró como el área desove. Se espera que la distribución espacial de huevos sea del tipo agregada, de manera tal que se ajuste a un tipo de distribución binomial negativa y por lo tanto una varianza superior a la media. Bajo estas circunstancias se consideró recomendable realizar una Post-estratificación por zonas, de acuerdo a la distribución observada de huevos, ya que los datos de abundancia muestran focos de desove claramente delimitados, subdividiendo el área de desove en cuatro estratos en concordancia con estos focos, sobre la base de un número de transectas de muestreo. Para el cálculo de la superficie en  $\text{mn}^2$  para cada estrato, se consideró que cada estación representa una cuadrícula de  $3 \times 10$  mn, siendo el área el resultado de la suma de las cuadrículas al interior de cada estrato.

La estratificación por zonas de desove, implicó la estimación independiente del parámetro  $P_0$  de la ecuación (1) sobre la base de un valor constante de  $Z$ . Para lo cual en una primera etapa,

se estimó Z utilizando todos los datos disponibles para el área cubierta por el crucero, para luego en una segunda etapa, con el valor de Z ya estimado, determinar los valores de  $P_0$  para cada zona pre-definida. Esta metodología ha sido propuesta y discutida en Picquelle y Stauffer (1985).

Los parámetros  $P_0$  y Z fueron estimados desde la ecuación (1) mediante un ajuste de regresión no lineal, aplicando el algoritmo de Marquardt, el cual permite optimizar la precisión de los estimadores de parámetros  $P_0$  y Z, a través de un criterio de mínima variación residual para la convergencia y así permite obtener valores insesgados de la varianza asociada.

La producción diaria total (P) fue estimada a partir de los valores de  $P_0$  y el área ponderada por estratos:

$$P = \left( \sum_{h=1}^{h=n} P_{0h} \frac{A_h}{A} \right) K$$

donde  $P_{0h}$  corresponde a la producción diaria de huevos por unidad de muestreo para los estratos h,  $A_h$  corresponde a las áreas geográficas ( $\text{mn}^2$ ) de los estratos h, y A es el área total de desove ( $A_1 + A_2 + \dots + A_n$ ), descontada el área del estrato 0, aquel definido por las estaciones negativas (sin huevos). K es un factor de conversión desde la unidad muestral a  $\text{mn}^2$ .

La varianza ajustada de P para post-muestreo estratificado puede estimarse como,

$$S^2_{(P)} = \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \left( \sum_{h=1}^{h=n} \frac{A_h}{A} S^2_{(P0h)} \right)$$

en donde la varianza del estrato 0 es cero por definición.

Métodos alternativos para estimar P consideran la linearización de la ecuación (1), por ejemplo en su versión logarítmica, o alternativamente promediando los conteos de huevos sobre intervalos de tiempo de igual longitud. Para ello se requiere un mínimo de 3 intervalos de tiempo, usualmente se aplican 5 intervalos de 12 h (Santander *et al.*, 1984; Rojas y Oliva, 1993). El

problema con estas aproximaciones es que en ambos casos la estimación de la varianza es sesgada (Picquelle y Stauffer, 1985).

### **Distribución de abundancia de huevos**

El mapa de distribución de abundancia de huevos en el área prospectada, se construyó como plano de densidad relativa (por unidad de muestreo) utilizando un método de interpolación gráfica (isolíneas de densidad) siguiendo escala logarítmica.

## **II.- PARÁMETROS ASOCIADOS A ADULTOS**

### **Crucero**

Simultáneamente al crucero de evaluación de huevos, se realizó la captura de adultos con la embarcación Mar Caribe de 140 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega, equipada con red de cerco, comenzando desde el puerto de Arica el día 8 de agosto con rumbo sur hasta Antofagasta, para luego cubrir la misma área en dirección opuesta, concluyendo en el día 27 de agosto en el mismo puerto de inicio. Debido a que previo y durante el crucero no se cuenta con información acerca de la distribución del recurso, la captura de adultos se aborda como un muestreo al azar. Durante este periodo se logró completar con dificultad el mínimo de 40 lances requeridos según se definió en la propuesta técnica, debido a lo escaso y concentrado que se encontraba el recurso.

En cada lance, mediante chinguillo se tomó una muestra al azar y se fijaron en formalina tamponada las primeras 30 hembras maduras y los primeros 30 machos. Además, se sexaron y midieron 200 ejemplares adicionales. En aquellos lances en que existía presencia de hembras hidratadas, se tomó una muestra adicional dirigida hacia éstas, fijándolas en forma individual para posteriores estimaciones de fecundidad parcial.

Picquelle y Stauffer (1985) y Sanz *et al.* (1989) mencionan que las colectas de hembras

efectuado solamente por la noche, provoca un sesgo en la proporción sexual y en la de FPO, por lo cual solamente utilizan FPO día 1 para sus cálculos. Sin embargo, Alheit (1985) demuestra que las capturas con red de cerco y repartidas tanto de día como de noche, hacen que la proporción de FPO de día 1 y de día 2 sean combinables, con lo cual se reduce la varianza del estimado. Como el pico de desove de la anchoveta se ha estimado cercano a las 22:00 horas, para evitar sesgos que pudieran surgir del muestreo de hembras durante las horas en que están desovando, los lances se efectuaron 9 horas después del pico de desove, esto es pasadas las 7:00 horas. En razón a esto, los lances de pesca se efectuaron entre las 7:00 y 22:00 horas, con el fin de facilitar la obtención de dos conjuntos independientes de datos, esto es hembras con FPO día 1 y FPO día 2, pudiendo así combinarlos y reducir la varianza. Para probar la independencia de los conteos de FPO 1 y FPO 2 se efectuó un test pareado, siguiendo la metodología sugerida por Alheit *et al.* (1984).

#### **Preservación del material biológico a bordo**

El procedimiento de muestreo a bordo consistió en seleccionar al azar ejemplares, los cuales se sexaron inmediatamente después de la colecta mediante una incisión abdominal, hasta completar un mínimo de 30 hembras. Las hembras seleccionadas se depositaron en frascos de 2,0 litros con un máximo de 10 ejemplares por frasco, dejando expuestas las gónadas al medio líquido para ser preservadas por la acción penetrante de la formalina con el fin de asegurar una fijación óptima. Para ello se utilizó formaldehído al 10% tamponada (Hunter, 1985), en donde el buffer neutraliza al ácido fórmico de la solución a través de la neutralización del ion carbonio, reduciendo de esta manera el grado de basofilia. Como el efecto de estabilización de las estructuras tisulares es la denaturación irreversible de éstas, se provocan cambios conformacionales en la estructura secundaria y terciaria de las proteínas y por tanto quedan expuestos los grupos reactivos e hidrofóbicos que van a influir en el pH, osmolaridad y potencial eléctrico del tejido (mayor información ver: Baker, 1956-58). Con este proceso de fijación, se minimiza la manifestación de procesos autolíticos en el parénquima ovárico, en particular de los folículos postovulatorios, como también de la acción de hongos y bacterias, ya que éstos experimentan una rápida degeneración lo que impide su identificación durante el análisis microscópico.

### **Fijación de la submuestra en laboratorio**

La duración del proceso de fijación tiene un tiempo definido, desde el momento al cual la totalidad de la pieza es expuesta al fijador (por inmersión) hasta el momento en que los componentes quedan inmovilizados. Por las características propias del muestreo a bordo se considero como primera fase de fijación o etapa de difusión, al tiempo que quedo expuesto el tejido ovárico a la formalina alcanzando el máximo de penetrabilidad. Debido a que la formalina es de bajo poder penetrante (Baker, 1958), en el laboratorio se procedió a practicar una segunda fase, de postfijación, en donde la fijación definitiva toma lugar, completándose la denaturación de las proteínas de las regiones profundas de la submuestra. Para ello se utilizo la solución Bouin por ser entre los fijadores una de las mezclas que mejor conservan la morfología tisular (López *et al.*, 1982). Es una mezcla fijadora penetrante que mantiene el volumen celular evitando artefactos técnicos y por otra parte actúa como un mordiente, aumentando la afinidad tintorial del tejido. Está conformada por 1) agentes coagulantes como el ácido pícrico que precipita las histonas, y que por la avidéz de electrones provoca resonancia electrónica entre sus grupos, induciendo la formación de un dipolo o picrato de proteína; 2) agentes no coagulantes como la formalina que forma entre los grupos aminos de las cadenas proteínicas puentes metilénicos; 3) componentes penetrantes como ácido acético que separa y precipita el DNA de la nucleoproteína (histona) (Baker, *op. cit.*).

### **Procesamiento histológico de la muestra**

El procesamiento histológico del tejido ovárico se realizo utilizando técnicas histológicas de rutina: cortes finos de 5µm de espesor provenientes de submuestras de ovario de 3 mm de grosor, postfijadas en solución Bouin, e incluidas en paraplast se colorearon con hematoxilina de Harris-eosina y montados con entellán en portaobjetos esmerilados.

## Criterios de análisis microscópico.

### - Estadios de madurez sexual

Para llevar a cabo el análisis microscópico y diagnosticar el grado de desarrollo del parénquima ovárico, como criterio de análisis se confeccionó una escala de madurez sexual microscópica para la anchoveta tomando como base los criterios señalados para peces teleósteos por Wallace y Selman (1981) como también los descritos por Alheit *et al.* (1984) en *E. ringens* y los reportados por Hunter y Macewicz (1985) para *E. mordax*. De esta manera se definieron ocho estadios ováricos microscópicos, caracterizados en la tabla 2: (I) virginal; (II) inmaduro; (III) parcialmente vitelado; (IV) vitelado; (V) en maduración; (VI) hidratado, (VII) en desove y (VIII) desovado.

**TABLA 2: Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).**

| ESTADIO OVÁRICO                    | CITOLOGÍA E HISTOMORFOLOGÍA OVÁRICA  |
|------------------------------------|--|
| Estadio I: Virginal                | Ovario con numerosos nidos ovogoniales y ovocitos primitivos rodeados por tejido conectivo intersticial de donde destacan tabiques fibroconectivos.  |
| Estadio II: Inmaduro (reincidente) | Lamelas repletas con ovocitos no vitelados rodeados por delgadas células foliculares. Vesícula germinativa grande, central con prominentes nucléolos esféricos y periféricos. Citoplasma escaso, finamente granular y fuertemente basófilo. En ovocitos previtelogénicos tardíos debuta la presencia de pequeñas vesículas periféricas.  |
| Estadio III: Parcialmente vitelado | Predominio de ovocitos en estado temprano de deposición de vitelo el cual no abarca más de las 3/4 partes del citoplasma, destacando la presencia de vesículas periféricas. Vesícula germinativa grande y central, con múltiples nucléolos periféricos y rodeada por pequeñas gotas de lípidos que inician su fusión. La zona radiata es delgada, subyacente a células foliculares de poca altura. |

**TABLA 2 (Continuación): Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos (Wallace y Selman, 1981; Hunter y Macewicz, 1985).**

|  |  |
|--|--|
| <b>Estadio IV: Vitelado</b>            | Predominio de ovocitos cargados de glóbulos de vitelo distribuido desde la periferia hasta la región perinuclear. La vesícula germinativa mantiene su posición central, permaneciendo los nucléolos en la periferia. Zona radiata bien desarrollada. Células foliculares cúbicas bajas con núcleo esférico, central y el citoplasma finamente granular, ligeramente basófilo.  |
| <b>Estadio V: En maduración</b>        | Citoplasma con grandes glóbulos de vitelo (término de la deposición de vitelo) y vesículas lipídicas que coalescen (2 a 3), ubicándose al lado opuesto de la dirección de migración de la vesícula germinativa, la que es excéntrica, migrante hacia el polo animal, con alto número de pequeños nucléolos periféricos. Células foliculares cúbicas con núcleo desplazado a la base. Citoplasma claro, de aspecto espumoso, areolar, ligeramente basófilo. |
| <b>Estadio VI: Hidratado (hialino)</b> | Con o sin vesícula germinativa en el polo animal, según se haya iniciado la maduración. Por incorporación de fluidos el ovocito incrementa considerablemente su tamaño. El vitelo se presenta en forma de placas por ingreso de líquido al citoplasma, dándole un aspecto hialino. La granulosa y zona radiata pierden espesor.  |
| <b>Estadio VII: En desove</b>          | Co-existencia de ovocitos hidratados y folículos postovulatorios nuevos, entre ovocitos en deposición temprana de vitelo.  |
| <b>Estadio VIII: Desovado</b>          | Predominio de ovocitos inmaduros. Se aprecia abundante atresia folicular, tanto alfa como beta. Ovocitos vitelados residuales y eventualmente folículos postovulatorios viejos.  |

En la clasificación de los folículos postovulatorios se utilizaron los criterios citológicos y morfohistológicos propuestos por Hunter y Goldberg (1980) en *E. mordax* y por Macewicz y Hunter (1993) para *T. Symmetricus* sobre el supuesto que los cambios registrados en *E. ringens* son cronológicamente similares a lo señalado para aquellas especies, todo lo cual permitió la diferenciación de folículos postovulatorios nuevos como también de día 1 y de día 2 y cuyas características se definen en la tabla 3.

**Tabla 3: Caracterización histológica de los folículos postovulatorios (FPO) (Hunter y Goldberg, 1980 ajustados para *E. ringens*).**

| EDAD                     | Apariencia histológica del F.P.O.  |
|--------------------------|--|
| Nuevos (<24 h.)          | Foliculos postovulatorios presentes en hembras en desove al momento de la colecta. Aspecto irregular formado por un epitelio columnar bien organizado con numerosas involuciones y corrugaciones. Lumen amplio e irregular con abundante material granular eosinófilo. Epitelio constituido por células cúbicas a cilíndricas bien delimitadas entre sí. Núcleo esférico y basal, con cromatina regularmente condensada. Citoplasma finamente granular, ligeramente eosinófilo. Escasa presencia de espacios vacíos tipo célula secretora intraepitelial, siendo éstas alcian blue débilmente positivo. Adyacente a la granulosa se ubican las células tecales aplanadas e imbricadas. |
| Edad día 1 (> 24-<48 h.) | Los presentan las hembras que desovaron la noche anterior a la captura. Son más pequeños que los F.P.O. nuevos, de aspecto glandular con ligera infiltración linfocitaria, lumen estrecho e irregular. Granulosa columnar, corrugada, con disposición lineal de las células foliculares, algunas de las cuales presentan signos de degeneración: núcleo picnótico, micropicnosis, de forma irregular, citoplasma vacuolado, pero mantienen la individualidad entre ellas. Se aprecian abundantes espacios vacíos intraepitelial que se tiñen intensamente con alcian blue.   |
| Edad día 2 (> 48 h.)     | Estructura de aspecto glomerular con marcada degeneración celular. Epitelio desorganizado, perdiendo la disposición lineal de sus células. Lámina tecal hipertrofiada, capilares sanguíneos desarrollados. Lumen ocluido o ausente, células sin individualidad aparente y en avanzado estado degenerativo: forma irregular núcleos picnóticos, micropicnosis, citoplasma vacuolado, representando la fase terminal de degeneración del epitelio columnar. Abundantes espacios con material granular alcian blue fuertemente positivo. Notoria infiltración linfocitaria.   |

La fracción diaria de hembras desovantes media por lance se estima de:

$$\bar{f}_i = \sum_{j=1}^{m_i} \frac{f_{ij}}{m_i}$$

donde  $f_{ij}$  corresponde al número de hembras con FPO día 1 y día 2, si es que es posible combinarlos, de acuerdo a lo ya indicado. De otro modo  $f_{ij}$  corresponderá a hembra con FPO día 1.

La fracción diaria de hembras desovantes para el período es:

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{f}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Y su varianza es:

$$S^2_{\bar{f}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{f}_i - \bar{f})^2}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n}\right)^2 n(n-1)}$$

- donde:
- $\bar{f}$  = el estimado de fracción de hembras desovantes diaria media.
  - $n$  = el número de lances.
  - $\bar{f}_i$  = la fracción desovante estimada del lance  $i$ .
  - $m_i$  = número de hembras maduras submuestreados del lance  $i$ .

Santander *et al.* (1984) y Alheit (1985), indican que las hembras hidratadas son sobremuestreadas. Como la submuestra del lance es fija, entonces si un grupo es sobremuestreado, los restantes (hembras con FPO día 1 o día 2) son submuestreados. Esto fue corregido, bajo el supuesto de que la verdadera fracción de hembras hidratadas es la misma que la fracción de hembras con FPO día 1 o día 2, por lo que el número de hembras hidratadas en el lance ( $m_{hi}$ ) es igual a:

$$m_{hi}^* = \frac{m_{1i} + m_{2i}}{2}$$

por tanto  $m_i$ , en los lances con hembras hidratadas, es:

$$m_i = m_{1i} + m_{2i} + m_{hi}^* + m_{ai}$$

donde:

- $m_{1i}$  = número de hembras con FPO día 1 en el lance i.
- $m_{2i}$  = número de hembras con FPO día 2 en el lance i.
- $m_{hi}^*$  = número corregido de hembras hidratadas.
- $m_{ai}$  = número de hembras maduras que no presentan evidencias de desove reciente, incluyendo hembras con FPO día 0 (menor a 9 horas)).

#### **Fecundidad parcial y modal.**

La fecundidad parcial se determinó de acuerdo al método gravimétrico descrito por Hunter y Macewicz (1985), Hunter *et al.* (1985) y Santander *et al.* (1984). Una vez completada la muestra para los otros parámetros de interés en el método, en aquellos lances efectuados en horas de la tarde, se continuó muestreando en forma dirigida a la colecta de hembras hidratadas, las que fueron preservadas en forma individual de manera de no tener pérdidas y mezcla de ovocitos. Todas las hembras hidratadas muestreadas, fueron sometidas a análisis histológicos con el fin de descartar aquellas que presenten FPO, ya que indicarían pérdida de ovocitos por desove.

El método de conteo de ovocitos hidratados, se encuentra descrito detalladamente en Hunter *et al.* (1985) y resumidamente consiste en que, una vez en el laboratorio, los ovarios en evidente estado de hidratación son pesados con precisión 0,01 g, previa absorción del líquido superficial. Luego, porciones de ovarios, son removidos y pesados con precisión 0,1 mg, para luego ser montados en un portaobjetos con gotas de glicerina (33 %) y contabilizados bajo lupa. Por cada

ovario se contabilizaron tres porciones provenientes de las regiones anterior, media y posterior, de un peso aproximado de 0,5 g cada una, con el fin de asegurar un número no inferior a 100 ovocitos por muestra. Si en alguna de las tres submuestras existía una variación mayor al 15 % en la cantidad de ovocitos por gramo de ovario, se descartó para cálculos de fecundidad, ya que indicaría error en el conteo o hidratación incompleta de la gónada. El número medio de ovocitos hidratados de las tres submuestras fue utilizado para la estimación del número total contenido en el ovario, mediante:

$$E_{ji} = O_{ji} H_{ji}$$

donde:  $E_{ji}$  = Fecundidad parcial de la hembra j en el lance i.  
 $O_{ji}$  = Peso húmedo del ovario de la hembra j en el lance i (g).  
 $H_{ji}$  = Número medio de ovocitos hidratados por gramo de ovario de la hembra j en el lance i.

El método de Producción de Huevos requiere la estimación de la fecundidad media poblacional (fecundidad modal), esto es el número de ovocitos liberados por una hembra media representativa del total de la población de hembras maduras. Para lo cual es necesario ajustar un modelo que explique los datos de fecundidad parcial en función de un parámetro corporal (Longitud, Peso corporal). Se probaron los siguientes modelos:

$$\hat{E}_{ji} = \alpha + \beta W_{ji}^*$$

$$\hat{E}_{ji} = \alpha W_{ji}^{*\beta}$$

$$\hat{E}_{ji} = \alpha \beta^{W_{ji}^*}$$

donde:  $E_{ji}$  = Fecundidad parcial estimada de la hembra j en el lance i.

$\alpha$  y  $\beta$  = Parámetros del modelo (intercepto y pendiente).

$W_{ji}$  = Peso corporal (peso total menos peso ovario) de la hembra  $j$  en el lance  $i$ .

Para la elección del modelo a utilizar, siguiendo la metodología de Hunter *et al.* (1985), se calculó el cuadrado medio del error (MSE), para cada uno de los modelos ajustados:

$$MSE = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}{(n-2)}$$

Una vez determinado el modelo de fecundidad parcial, a las primeras 30 hembras maduras de cada lance se les estimó la fecundidad parcial mediante el ingreso de su peso corporal (o según el análisis estadístico el parámetro corporal que presente mejor relación con la fecundidad parcial) al modelo de regresión. La fecundidad media del lance  $i$ , fue estimada por:

$$\bar{E}_i = \sum_{j=1}^{m_i} \frac{\hat{E}_{ij}}{m_i}$$

Y la fecundidad modal o media poblacional mediante:

$$\bar{\bar{E}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{E}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Debido a que en el cálculo de la fecundidad media poblacional se utiliza la fecundidad parcial estimada a través del modelo de regresión, se introduce una fuente adicional de variación, por lo que la estimación de la varianza es ajustada para incluir esta fuente adicional de variación:

$$S^2_{(\bar{E})} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 \left( \frac{(\bar{E}_i - \bar{\bar{E}})^2}{n-1} + \frac{S^2_h}{n_h} + (\bar{W}^*_i - \bar{W}^*_h) S^2_{(\beta)} \right)}{\left( \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right)^2 n}$$

- donde:
- $S^2_h$  = Varianza alrededor de la regresión.
  - $n_h$  = número de hembras hidratadas utilizadas para ajustar el modelo de regresión.
  - $W^*_i$  = Peso corporal (Pt-Pg) promedio del lance i.
  - $W^*_h$  = Peso corporal promedio de la  $n_h$  hembras hidratadas.
  - $S^2_{(\beta)}$  = Varianza de la pendiente de la regresión.

### Proporción sexual

La proporción sexual en el M.P.H. es la fracción en peso de hembras en la población. Peces maduros e inmaduros son incluidos en la estimación, debido a que es imposible distinguir entre machos maduros e inmaduros. Se asume que la proporción sexual en peso, es la misma para peces maduros e inmaduros (Picquelle y Stauffer, 1985; Santander *et al.*, 1984). En el caso de la proporción sexual en peso de las hembras en la población, los requerimientos de muestreo son menores que en el caso de la fracción de hembras desovantes. Para evitar esfuerzo en preservar y pesar peces individuales, la fracción en peso de la submuestra que es atribuible a las hembras ( $R_i$ ) y el peso de la submuestra ( $W_i$ ), no son medidas directamente sino que son estimados. Un número fijo de peces son submuestreados de cada lance y el número de hembras y machos son registrados. El peso promedio de cada sexo es estimado para cada lance desde una submuestra fija de cada sexo. Debido al efecto de la preservación en formalina de los ejemplares, el peso registrado fue corregido por un factor (ver "Corrección por fijación" a continuación). El peso total de cada sexo en la submuestra es estimada por multiplicar el número observado de peces de un sexo por su peso promedio.

$$\hat{R}_i^H = m_i^H \bar{W}_i^H$$

$$\hat{R}_i^M = m_i^M \bar{W}_i^M$$

donde:  $R_i^k$  = peso total estimado del k-ésimo sexo en la i-ésima submuestra.  
 $m_i^k$  = número de peces del k-ésimo sexo en la i-ésima submuestra.  
 $W_i^k$  = peso promedio del k-ésimo sexo en la i-ésima submuestra.

Entonces, el peso total de la submuestra es estimado por la suma del peso total de los machos más el de las hembras:

$$\hat{W}_i = \hat{W}_i^H + \hat{W}_i^M$$

y la proporción en peso de hembras en la población es el peso total de las hembras dividido por el peso total de la submuestra de sexos combinados:

$$\bar{R}_i = \frac{\hat{W}_i^H}{\hat{W}_i}$$

Los pesos estimados para cada sexo en la submuestra son estimados con pequeño error, debido a que el peso de los peces dentro de un lance son bastante homogéneos. Entonces la varianza introducida al estimar la proporción sexual, es despreciable (Picquelle y Stauffer, 1985).

El tamaño de muestra fija por lance a preservar para registrar los pesos individuales en laboratorio, que se utilizaron en la estimación del peso promedio por sexo fue de los primeros 30 ejemplares de cada sexo. La muestra fija a considerar para contabilizar el número de machos y

hembras ( $n_i^k$ ), fue de los primeros 200 ejemplares sexados.

La fracción de hembras en la población (proporción sexual) y su varianza, se estimó a través de la ecuación (5) de Picquelle y Stauffer (1985), modificada para peso en vez de número:

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{W}_i \bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n \hat{W}_i}$$

$$S^2_{(\bar{\bar{R}})} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{W}_i^2 (\bar{R}_i - \bar{\bar{R}})^2}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{W}_i}{n}\right)^2 n(n-1)}$$

### Peso promedio hembra madura

El peso promedio de hembra madura, se estimó a través de una muestra de tamaño fijo por lance, esto es de las primeras 30 hembras maduras de cada lance.

$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^{m_i} \frac{w_{ij}}{m_i}$$

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

$$S^2_{(\bar{w})} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{w}_i - \bar{w})^2}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n}\right)^2 n(n-1)}$$

- donde:
- $w_{ij}$  = peso de la hembra madura  $j$  en lance  $i$ .
  - $m_i$  = número de hembras maduras en el lance  $i$ .
  - $\bar{w}_i$  = peso promedio hembras maduras para el lance  $i$ .
  - $\bar{w}$  = peso promedio hembra madura.
  - $n$  = número de lances.

En el caso de hembras hidratadas, éste debe ser ajustado debido a que su peso se encuentra momentáneamente incrementado por la retención de agua del ovario. Para lo cual se ajustó una regresión lineal entre el peso total y el peso corporal (peso total descontado el peso del ovario), utilizando hembras que no tengan ovocitos hidratados, para cada lance en que se presente este problema.

$$\hat{w}_{ij} = \alpha + \beta w^*_{ij}$$

donde:  $w^*_{ij}$  = peso corporal (peso total menos el peso del ovario).

### Corrección por fijación

Debido a que los peces se preservaron en formalina hasta su procesamiento en laboratorio, fue necesario aplicar una corrección a los registros de longitud y peso, ya que el fijador introduce una variación en estos parámetros. De acuerdo a lo recomendado por Hunter (1985), entre los

factores que influyen en esta variación se deben considerar las diferencias interespecíficas, tamaño de los peces, estado del pez cuando es preservado, tiempo en formalina y razón de formalina y diluyente. Debido a que los efectos de preservación en formalina son muy específicos, es necesaria una calibración para cualquier cambio en técnica, especie o estadio de vida. Este factor de corrección fue calculado como sigue: Una muestra de machos y una de hembras, se pesó en fresco, para luego ser fijadas, con la misma solución y procedimiento utilizados a bordo, siendo vueltos a pesar a intervalos regulares. El factor de corrección para cada parámetro y sexo, fue calculado como la media del porcentaje de variación de las mediciones efectuadas después de 48 h desde la fijación.

### **Biomasa desovante**

La estimación de biomasa desovante de anchoveta, se estimó de acuerdo a la ecuación desarrollada por Parker (1980) y modificada por Stauffer y Picquelle (1980):

$$B = K \frac{P_0 A W}{R E f}$$

- B: Biomasa desovante ( ton. métricas)
- $P_0$ : Producción diaria de huevos. (huevos producidos por 0.05m<sup>2</sup> por día).
- W : Peso promedio de hembras maduras (g)
- R : Proporción sexual: proporción de la población que corresponde a hembras maduras (g).
- E : Fecundidad parcial media poblacional (Numero de huevos desovados por hembra madura por desove).
- f : Fracción de hembras maduras desovantes por día.
- A : Área de desove (en 0.05 m<sup>2</sup>)
- k : Factor de conversión de gramos a toneladas métricas

Basado en el método delta (Seber, 1973), Stauffer y Picquelle (1980) muestran que estimados del sesgo y la varianza de los estimadores de biomasa son una función de la varianza y covarianza de la muestra. El sesgo (b) está dado por:

$$E[B] = \hat{B} + b$$

donde  $E[B]$  es el valor esperado de biomasa y  $B$  el estimado de biomasa. El sesgo se aproxima según:

$$b \cong \hat{B} ( CV(R^2) + CV(E^2) + CV(f^2) + COVS )$$

donde CV = coeficiente de variación y COVS corresponde a la suma de los términos involucrados en la covarianza, según:

$$COVS = \frac{COV(PW)}{PW} - \frac{COV(PR)}{PR} - \frac{COV(PE)}{PE} - \frac{COV(Pf)}{Pf} - \frac{COV(WR)}{WR} - \frac{COV(WE)}{WE} - \frac{COV(Wf)}{Wf} + \frac{COV(RE)}{RE} + \frac{COV(Rf)}{Rf} + \frac{COV(fE)}{fE}$$

Ignorando el sesgo, una varianza aproximada del estimado esta dada por:

$$S^2_B \cong \hat{B}^2 ( CV(P)^2 + CV(W)^2 + CV(E)^2 + CV(f)^2 + 2COVS )$$

Según la metodología seguida por Santander *et al.* (1984) y Rojas y Oliva (1993) se asume que todos los términos de covarianza son cero.

## RESULTADOS

### 1.- PARÁMETROS ASOCIADOS A HUEVOS

#### Distribución de abundancia de huevos

Del total de lances efectuados con red Calvet (578), se obtuvieron 209 estaciones positivas (36%), las cuales estuvieron fundamentalmente concentradas en las primeras 30 mn, así mismo se observan 2 zonas de mayor densidad de huevos, localizadas en las áreas entre Antofagasta y Paposo ( $23^{\circ}30'$  y  $25^{\circ}00'$ ) y la zona entre el Loa y Tocopilla ( $21^{\circ} 26'$  y  $22^{\circ} 05'$ ) (Fig. 1). El mapa de distribución de abundancia de huevos en el área prospectada, se construyó como plano de densidad relativa (por unidad de muestreo) utilizando un método de interpolación gráfica (isolíneas de densidad) siguiendo escala logarítmica (Fig. 2).

El mapa de distribución de huevos sugiere 3 zonas distintivas de desove: 1) Arica (con baja densidad), 2) El Loa (Alta concentración) y 3) Antofagasta (mediana concentración). Observación más detallada muestra que la zona de Arica puede ser considerada como conformada por dos áreas discretas, de manera que se estimó conveniente dividirla en dos zonas independientes para una estimación más precisa de P0.

#### Área de desove

El área total prospectada fue de  $25.010 \text{ mn}^2$ . El área total de desove, aquella que incluye las cuatro zonas de desove definidas, comprendió  $20.590 \text{ mn}^2$ . La diferencia ( $4.420 \text{ mn}^2$ ) corresponde al área del estrato 0. La figura 3 muestra las zonas de desove definidas de acuerdo a la distribución de huevos, y la Tabla 4 resume sus características.

Tabla 4: Características de las zonas de desove consideradas para la estimación de  $P_0$ .

|          | Área (mn <sup>2</sup> ) | Latitud           | N° Estaciones |
|----------|-------------------------|-------------------|---------------|
| Área I   | 4160                    | 18° 38' - 19° 50' | 37            |
| Área II  | 2400                    | 20° 00' - 20° 83' | 30            |
| Área III | 6710                    | 21° 33' - 23° 00' | 212           |
| Área IV  | 7320                    | 23° 33' - 25° 00' | 211           |

### Estimación de $P_0$

De las 209 estaciones positivas, se identificaron y contabilizaron los 11 estadios de desarrollo descritos por Santander *et al* (1984), a los cuales se les estimó la edad. El rango de edades estimadas fluctuó entre 0,091 y 3,418 días. La distribución de frecuencia de edades para el total del área se muestra en la figura 4. Debemos destacar que, estas edades se estimaron en base al modelo temperatura-dependiente descrito por Lo (1985), el cual constituye el tradicionalmente utilizado. Posteriormente se aplicó la misma metodología para estimar edad, pero utilizando el modelo de desarrollo de estadios en función de la temperatura resultante de los datos obtenidos en nuestro experimento con *Engraulis ringens*, cuyos resultados se entregan en Anexo 1.

Al ajustar la ecuación (1) que describe la sobrevivencia de huevos en función de la edad, se obtiene el  $P_0$  y  $Z$ . La tasa de mortalidad diaria de huevos ( $Z$ ) para el área total de estudio se estimó en 0,73 con una desviación estándar de 0,33 y un coeficiente de variación de 0,45. Esta mortalidad sugiere que diariamente muere el 52 % de los huevos producidos. Este valor de  $Z$ , se utilizó para la estimación de  $P_0$  para cada una de las zonas de desove ya definidas. Los valores de  $e_0P$  y sus estadísticos asociados se entregan en Tabla 5.

Tabla 5: Estimados de Producción diaria de huevos ( $P_0$  en  $N^\circ/0,05 \text{ m}^2$ ) para cada zona de desove.

|            | $P_0$ | D.E.  | C.V. |
|------------|-------|-------|------|
| Área I     | 19,7  | 16,13 | 0,82 |
| Área II    | 20,7  | 5,7   | 0,27 |
| Área III   | 48,5  | 14,62 | 0,30 |
| Área IV    | 34,7  | 4,49  | 0,13 |
| Área total | 28,4  | 10,48 | 0,37 |

La producción diaria de huevos por unidad de muestreo para el total del área investigada se estimó en 28,4 huevos /  $0,05 \text{ m}^2 \times \text{día}$ , con una desviación estándar de 10,48 y un coeficiente de  $0,37$ .

## 2.- PARÁMETROS ASOCIADOS A ADULTOS

### Crucero

El crucero de prospección de adultos se realizó desde el puerto de Arica con rumbo Sur, llegando hasta Antofagasta y para luego devolverse nuevamente a Arica, completando el mínimo de 40 lances requeridos, la posición de cada lance se muestra en la figura 5 y la Tabla 6 indica la hora, fecha y coordenadas geográficas para cada lance. En general, estos se efectuaron dentro de la 20 mn, con uno a las 32 mn, debido a que no se detectaron cardúmenes fuera de las 20 mn. Si bien el crucero cubrió toda el área propuesta (Arica - Antofagasta) en los dos sentidos (rumbo sur y luego norte), debido a la baja disponibilidad del recurso anchoveta y a lo concentrado que se presentó, los lances efectivos se realizaron en el área comprendida entre Arica y Tocopilla, con una concentración en el área entre el Río Loa y Tocopilla. En el área Tocopilla - Antofagasta no se detectaron cardúmenes para realizar maniobras de pesca, situación similar ocurrió en la zona Iquique - Arica hacia el final del crucero. Por tanto, si bien se cubrió toda el área de desove

**Tabla 6: Resumen de promedios por lance de: Fecundidad parcial, peso corporal, número de hembras maduras, número de hembras con FPO 1, FPO 2, FPO 0, y peso total, de las 30 primeras hembras maduras. Número de machos y hembras del muestreo de proporción sexual y peso total promedio de los 30 primeros machos.**

| Lance | DIA | HORA  | POSICION |          | FEC. PARCIAL | PESO CORP. | HEMBRAS MADURAS | FPO1 | FPO2 | FPO0 | PESO TOTAL | NUMERO MACHOS | NUMERO HEMBRAS | PESO TOTAL MACHOS |
|-------|-----|-------|----------|----------|--------------|------------|-----------------|------|------|------|------------|---------------|----------------|-------------------|
|       |     |       | SUR      | WESTE    |              |            |                 |      |      |      |            |               |                |                   |
| 1     | 9   | 09:45 | 19°18.65 | 70°20.20 | 11668        | 20.57      | 25              | 5    | 0    | 1    | 20.87      | 40            | 60             | 17.83             |
| 2     | 9   | 11:45 | 19°16.37 | 70°21.22 | 8433         | 14.52      | 29              | 2    | 4    | 1    | 14.77      | 44            | 71             | 13.70             |
| 3     | 9   | 13:30 | 19°02.00 | 70°19.00 | 10730        | 18.82      | 30              | 3    | 15   | 1    | 19.23      | 97            | 103            | 16.84             |
| 4     | 9   | 19:00 | 18°59.64 | 70°19.27 | 11914        | 21.03      | 25              | 2    | 9    | 0    | 21.40      | 91            | 100            | 19.39             |
| 5     | 10  | 06:00 | 18°54.00 | 70°54.00 | 14976        | 26.76      | 30              | 3    | 10   | 10   | 28.07      | 86            | 112            | 26.14             |
| 6     | 11  | 09:05 | 20°01.99 | 70°09.14 | 10515        | 18.41      | 26              | 5    | 3    | 0    | 18.83      | 86            | 90             | 17.56             |
| 7     | 11  | 10:19 | 19°52.00 | 70°14.00 | 9551         | 16.61      | 29              | 5    | 4    | 3    | 16.97      | 106           | 77             | 17.68             |
| 8     | 12  | 10:40 | 21°24.90 | 70°07.74 | 14796        | 26.42      | 30              | 10   | 9    | 4    | 27.68      | 164           | 36             | 27.68             |
| 9     | 12  | 17:15 | 21°26.67 | 70°06.74 | 15366        | 27.49      | 29              | 8    | 8    | 1    | 27.96      | 163           | 37             | 28.02             |
| 10    | 14  | 10:26 | 21°25.53 | 70°07.06 | 16159        | 28.97      | 30              | 4    | 8    | 17   | 30.23      | 123           | 77             | 27.04             |
| 11    | 14  | 12:25 | 21°27.60 | 70°08.16 | 15928        | 28.54      | 30              | 11   | 5    | 5    | 29.92      | 118           | 82             | 29.64             |
| 12    | 14  | 19:25 | 21°30.77 | 70°06.83 | 16883        | 30.33      | 29              | 13   | 7    | 1    | 31.83      | 155           | 45             | 32.36             |
| 13    | 15  | 08:49 | 21°41.82 | 70°13.85 | 16543        | 29.69      | 30              | 1    | 1    | 2    | 31.68      | 62            | 138            | 29.47             |
| 14    | 15  | 19:15 | 21°57.69 | 70°14.09 | 17587        | 31.64      | 30              | 1    | 9    | 0    | 33.58      | 89            | 111            | 31.17             |
| 15    | 16  | 09:30 | 21°49.44 | 70°22.92 | 17152        | 30.83      | 29              | 18   | 5    | 0    | 32.35      | 73            | 127            | 30.38             |
| 16    | 17  | 08:35 | 21°47.62 | 70°13.68 | 18566        | 29.73      | 30              | 8    | 4    | 1    | 31.19      | 98            | 102            | 28.84             |
| 17    | 17  | 09:55 | 21°45.31 | 70°13.37 | 18451        | 29.52      | 30              | 11   | 3    | 6    | 31.26      | 87            | 113            | 30.12             |
| 18    | 17  | 11:45 | 21°40.83 | 70°16.68 | 16194        | 29.04      | 30              | 9    | 0    | 1    | 30.92      | 93            | 107            | 27.70             |
| 19    | 18  | 08:55 | 21°35.55 | 70°13.98 | 15615        | 27.95      | 29              | 4    | 2    | 11   | 29.38      | 131           | 69             | 29.68             |
| 20    | 18  | 10:10 | 21°33.26 | 70°14.38 | 16215        | 29.08      | 30              | 11   | 1    | 12   | 30.48      | 113           | 87             | 29.26             |
| 21    | 21  | 10:55 | 21°37.17 | 70°11.77 | 15078        | 26.95      | 30              | 8    | 2    | 6    | 28.59      | 180           | 20             | 29.88             |
| 22    | 21  | 13:05 | 21°42.68 | 70°12.17 | 15310        | 27.38      | 30              | 5    | 2    | 0    | 29.45      | 190           | 10             | 28.01             |
| 23    | 21  | 14:50 | 21°43.16 | 70°13.53 | 17073        | 30.68      | 30              | 5    | 3    | 1    | 33.25      | 149           | 51             | 31.25             |
| 24    | 21  | 16:40 | 21°44.30 | 70°14.62 | 17388        | 31.27      | 30              | 6    | 8    | 1    | 33.03      | 100           | 100            | 30.14             |
| 25    | 22  | 08:40 | 21°45.94 | 70°13.03 | 16761        | 30.13      | 30              | 4    | 5    | 3    | 31.88      | 106           | 94             | 30.08             |
| 26    | 22  | 10:20 | 21°45.96 | 70°11.50 | 16297        | 29.23      | 30              | 4    | 6    | 1    | 31.04      | 136           | 64             | 31.29             |
| 27    | 22  | 14:35 | 21°41.92 | 70°10.87 | 15505        | 27.75      | 30              | 4    | 2    | 0    | 30.08      | 148           | 52             | 28.32             |
| 28    | 22  | 19:00 | 21°45.67 | 70°12.33 | 16359        | 29.34      | 30              | 0    | 1    | 1    | 32.44      | 136           | 64             | 28.27             |
| 29    | 23  | 08:15 | 21°43.17 | 70°14.75 | 16442        | 29.50      | 30              | 5    | 0    | 10   | 31.16      | 124           | 76             | 29.52             |
| 30    | 23  | 12:15 | 27°36.13 | 70°14.65 | 15440        | 27.63      | 30              | 4    | 1    | 0    | 29.66      | 144           | 56             | 27.87             |
| 31    | 23  | 13:10 | 21°36.77 | 70°16.04 | 16392        | 29.41      | 30              | 4    | 1    | 1    | 31.78      | 128           | 72             | 29.81             |
| 32    | 23  | 14:55 | 21°38.30 | 70°14.06 | 16640        | 29.87      | 30              | 2    | 2    | 0    | 31.68      | 109           | 81             | 29.62             |
| 33    | 23  | 16:45 | 21°38.57 | 70°16.31 | 16392        | 29.41      | 30              | 1    | 2    | 0    | 31.27      | 109           | 91             | 30.55             |
| 34    | 24  | 07:40 | 21°50.06 | 70°13.17 | 15372        | 27.50      | 30              | 7    | 4    | 10   | 28.62      | 118           | 82             | 27.23             |
| 35    | 24  | 08:55 | 21°48.52 | 70°12.05 | 17819        | 32.08      | 30              | 4    | 5    | 3    | 34.19      | 104           | 96             | 32.98             |
| 36    | 24  | 09:30 | 21°45.81 | 70°12.36 | 17140        | 30.81      | 30              | 4    | 2    | 0    | 32.93      | 134           | 66             | 31.12             |
| 37    | 24  | 09:50 | 21°44.94 | 70°14.28 | 16354        | 29.34      | 30              | 2    | 7    | 2    | 31.28      | 106           | 94             | 29.63             |
| 38    | 24  | 10:45 | 21°44.61 | 70°14.16 | 15306        | 27.38      | 30              | 9    | 5    | 1    | 29.01      | 88            | 112            | 28.52             |
| 39    | 25  | 08:15 | 21°29.10 | 70°08.07 | 15069        | 26.93      | 30              | 7    | 9    | 4    | 28.61      | 110           | 90             | 27.94             |
| 40    | 25  | 09:48 | 21°29.93 | 70°06.83 | 16624        | 29.84      | 30              | 5    | 4    | 3    | 31.40      | 102           | 98             | 27.24             |

|         |      |     |     |     |
|---------|------|-----|-----|-----|
| TOTALES | 1180 | 224 | 178 | 124 |
|---------|------|-----|-----|-----|

|      |      |
|------|------|
| 4542 | 3223 |
|------|------|

propuesta en la oferta técnica, debido a la disponibilidad del recurso, los lances efectivos quedaron concentrados en el área Tocopilla - Río Loa.

### **Distribución de tallas**

De los 200 ejemplares muestreados de cada lance, se obtuvo para los 40 lances un total de 3164 hembras, 4501 machos y 340 ejemplares que debido a su pequeño tamaño no se les pudo determinar el sexo. La distribución de talla para el área total se muestra en la figura 6, apreciándose una moda centrada en la marca de clase de 15,25 cm y de 16,25 cm de LT, para los machos y las hembras respectivamente.

### **Corrección por fijación**

30 hembras y 30 machos fueron pesados en fresco y luego sumergidos en formalina tamponada, siendo pesados cada día por un período de 18 días. El promedio de la variación en porcentaje del peso y longitud para cada sexo fue calculada luego del tercer día, resultando para las mediciones de peso en un 101,49 % (D.E.:1,321) para hembras y 100,90 % (D.E.: 1,674) para machos; para la longitud de 98,76 % (D.E.: 3,617) y 98,63 % (D.E.: 1,856) en hembras y machos respectivamente. Siendo aplicados estos factores de corrección a todas las mediciones de pesos promedios (machos, hembras y para la proporción sexual).

### **Estadios de madurez**

Durante el período de estudio el análisis morfohistológico del tejido ovárico dejó en evidencia una alta presencia, en los muestreos, de hembras ováricamente activas (98,4%)(Tabla 7), con la presencia de ovarios en diferentes grados de depositación de vitelo, denotándose un fuerte predominio de hembras en estadio IV (58,3%) y V (22,4%). De esta manera, la distribución de frecuencia de los estadios ováricos (Figura 7) puso de manifiesto que los muestreos se llevaron a

cabo durante la época de máxima actividad reproductiva de la anchoveta presente en las regiones I y II.

**TABLA 7: Estados de Madurez Microscópicos (EMM) para el total de hembras muestreadas**

| EMM   | n    | Frec. Relativa |
|-------|------|----------------|
| II    | 13   | 0.011          |
| III   | 63   | 0.053          |
| IV    | 696  | 0.583          |
| V     | 267  | 0.224          |
| VI    | 147  | 0.123          |
| VII   | 1    | 0.001          |
| VIII  | 6    | 0.005          |
| TOTAL | 1193 | 1              |

### Fracción diaria de hembras desovantes

El número de hembras con folículos postovulatorios de día 0, día 1 y día 2 por lance, se entrega en tabla 6. La fracción diaria de hembras desovantes estimada para el período en base a la presencia de FPO de día 1 fue de 0,198 con una varianza de 0,000378. En base a la presencia de FPO de día 2 fue de 0,157 con una varianza de 0,000304. El test t pareado para probar la independencia de las estimaciones en base a los FPO de día 1 y 2, entregó que no existen diferencias entre éstos ( $t \text{ calc.} = 1,570$ ;  $t_{\alpha,38} = 2,023$ ), por lo que se combinaron (FPO 1 + FPO 2) con el fin de duplicar el tamaño muestral y reducir la varianza (Alheit *et al.*, 1984), resultando en una fracción desovante de 0,178 con una varianza de 0,000072.

### **Peso promedio de hembra madura**

El peso promedio de las 30 primeras hembras maduras de cada lance se entrega en tabla 6, previa corrección por fijación a todos los ejemplares y por hidratación a las hembras que se encontraban en este estado según el diagnóstico histológico (Estadio VI). El peso promedio de hembra madura para el total es de 29,162 con una varianza de 0,5428 y un coeficiente de variación de 0,025.

### **Proporción sexual en peso**

La proporción de hembras en peso en cada lance se entrega en tabla 6. Para el total de lances, la proporción en peso de las hembras fue de 0,424, con una varianza de 0,0006 y un coeficiente de variación de 0,05759.

### **Fecundidad parcial**

El ajuste de la fecundidad parcial para las 156 hembras hidratadas analizadas para diferentes modelos y parámetros corporales se entrega en tabla 8, en donde se desprende que el peso corporal es el parámetro que mejor explica la variación en la fecundidad, siendo el modelo de tipo lineal el que se utilizó para los cálculos de fecundidad media poblacional, ya que es el que presente el menor cuadrado medio del error (MSE).

La fecundidad parcial promedio para el total de lances (Fecundidad modal) estimada es de 15405 ovocitos, con una varianza de 181091 y un coeficiente de variación de 0,028.

Tabla 8: Resultados del análisis de regresión para los modelos ajustados entre la fecundidad parcial con el peso corporal y la longitud total.

|                | LINEAL         | POTENCIAL | EXPONENCIAL |
|----------------|----------------|-----------|-------------|
|                | PESO CORPORAL  |           |             |
| a              | 671,766        | 5,824     | 8,529       |
| b              | 534,569        | 1,141     | 0,039       |
| r <sup>2</sup> | 0,30           | 0,31      | 0,29        |
| n              | 156            | 156       | 156         |
| Syx            | 3291,1         | 0,2442    | 0,2481      |
| Sa             | 1916,66        | 0,461     | 0,144       |
| Sb             | 65,12          | 0,137     | 0,005       |
| MSE            | 10831423       | 11105979  | 11317100    |
|                | LONGITUD TOTAL |           |             |
| a              | -2,971         | 0,729     | 6,454       |
| b              | 2902,777       | 3,234     | 0,202       |
| r <sup>2</sup> | 0,30           | 0,27      | 0,26        |
| n              | 156            | 156       | 156         |
| Syx            | 3296,4         | 0,2515    | 0,2523      |
| Sa             | 5635,84        | 1,185     | 0,431       |
| Sb             | 355,51         | 0,429     | 0,027       |
| MSE            | 10866539       | 11177790  | 11245634    |

### Biomasa desovante

La biomasa desovante para el total del área prospectada es de **1223515 ton.** con una varianza de 2,1394 E+11 y un coeficiente de variación de 0,38.

## DISCUSIÓN

Los parámetros del método de producción de huevos estimados para diferentes especies del género *Ingraulis*, en diferentes regiones y años se muestran en Tabla 9. Lamentablemente, no se cuenta con todos los coeficientes de variación debido a que no se informan o se entrega otro estadígrafo. Como resumen general, se puede constatar que los parámetros estimados en este estudio se encuentran dentro del rango para el género. A continuación se analiza cada uno de ellos.

La distribución de huevos en el área prospectada muestra que la zona del Río Loa es un importante foco de desove, lo que concuerda con lo reportado por numerosos autores (Cañon, 1978; Serra *et al*, 1979; Palma *et al*, 1992), estimándose para dicha zona la mayor producción diaria de huevos por unidad de muestreo. Por otro lado, resalta la alta concentración relativa de huevos en el sector sur del área (Antofagasta - Papos), que podría estar indicando un probable cambio en la extensión y localización del área de desove para el período, lo que también ha sido reportado para anchovetas y sardinas (Alheit, 1993). Esta área fue sugerida como un foco de desove por Cañon (1978).

El método de ajuste no lineal aplicado en la estimación de la producción diaria de huevos y tasa de mortalidad, utilizando la edad como variable continua, resultó ser robusto y eficaz en la obtención de los parámetros y su varianza, siendo esta última más realista que otros métodos que implican linearización y edades en intervalos (Picquelle y Stauffer, 1985). La producción diaria de huevos en el área es más baja que la reportada por Rojas y Oliva (1993) para el mismo stock, con una biomasa desovante superior, lo que se explica en gran parte por las diferentes áreas cubiertas en ambos cruceros. Estos autores llegan hasta los 23°45' S, lo que implica que en este estudio se realizaron 7 transectas más para llegar a los 25°00', lo que corresponde a 4270 m<sup>2</sup> aproximadamente de mayor cobertura. Con el objeto de realizar comparaciones entre las biomásas estimadas en las dos aplicaciones del M.P.H. en la zona norte de Chile, se descontó la diferencia de área (Transectas) a la zona IV, quedando ésta en 3050 m<sup>2</sup>, lo que da una producción diaria de huevos de 7,46 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día con un coeficiente de variación de 0.39 para esta zona, y de



23,14 con un CV de 0,48 para el total del área de los 18°38' a los 23°45' S (Área cubierta por Rojas y Oliva, 1993). El cálculo de biomasa para esta área es de 825898 ton con un CV de 0,49. Es decir, para la misma área de muestreo de huevos, la biomasa desovante de anchoveta en este estudio sería alrededor de un 32,5 % menor que la reportada por Rojas y Oliva (1993).

La tasa instantánea de mortalidad de huevos que se obtiene, si bien el M.P.H. no la utiliza en los cálculos de biomasa, entrega una información importante acerca del ciclo de vida de este recurso. Las estimaciones de mortalidad instantánea diaria ( $Z$ ) en especies del género *Engraulis*, se encuentran en un rango bastante amplio, que va desde 0,01 a 1,04 (Tabla 9), el cual comprende a la estimación realizada en este estudio (0,73), siendo sin embargo mayor que la reportada por Rojas y Oliva (1993) para el mismo stock (0,59), pero debido a que el método de ajuste de la función de sobrevivencia de huevos son diferentes, lamentablemente no se puede afirmar que se deba solamente a procesos biológicos. Estos antecedentes refuerzan la conveniencia de seguir realizando este tipo de estudios con el fin de contar con series de datos que permitan el estudio de las fluctuaciones de estos parámetros.

El diseño muestral aplicado al crucero ictioplanctónico consideró cubrir, intencionalmente, un área mayor a aquella correspondiente al área de desove del recurso, tanto en sentido longitudinal como latitudinal, en base a la información histórica disponible sobre distribución de huevos. Una consecuencia inmediata de este diseño es que muchas estaciones resultan negativas, generándose una alta proporción de ellas con 0 huevos. Estas estaciones con 0 huevos incrementan la varianza asociada a los datos de producción de huevos. Adicionalmente, la distribución sobredispersa de huevos (razón varianza/promedio mayor a 1) genera una alta varianza. Una forma de reducir esta varianza es postestratificar el área investigada en dos estratos, según se correspondan o no con el área de desove (Picquelle y Stauffer, 1985). Esta metodología resulta fácilmente aplicable cuando el área de desove es continua y no se presentan focos de desove claramente discernibles. La presencia de 4 zonas discretas de desove en el área prospectada (Fig 3), con concentraciones diferentes de huevos, obligó a determinar  $P_0$  en forma independiente para cada una de ellas (Tabla 5). Para cada zona se definió un estrato 0 (estaciones negativas, fuera del área de desove) y estrato

1 que corresponde a estaciones positivas. Se consideraron como pertenecientes al estrato 1 aquellas estaciones en las cuales no se obtuvieron huevos, pero que se corresponden con estaciones dentro del área positiva, por lo tanto se espera la presencia de huevos en ellas, pero los mismos no son observados (Santiago y Sanz, 1989). Debe considerarse además que la extensión temporal del crucero, (27 días), puede incidir en diferencias en parámetros ambientales entre las distintas zonas de desove, lo que hace fuertemente recomendable, desde el punto de vista estadístico, el tratarlas como zonas independientes. Esta metodología permitió reducir la varianza, la cual habría resultado más alta si se hubiese considerado un área global de desove.

Uno de los problemas que se enfrentó en el muestreo de los adultos, fue lo altamente concentrado que se hallaba el recurso, situación que provocó que los lances quedaran restringidos a una zona (Tocopilla - Río Loa), a pesar de haber cubierto la totalidad del área (Arica - Antofagasta). Si bien, se aprecia un menor peso corporal de las hembras en la zona al norte de Iquique en comparación al resto, se trabajó con los datos globales debido a la pérdida de precisión por una reducción de grados de libertad y aumento de la varianza al tratar de parcelar los lances en dos zonas (El coeficiente de variación de la biomasa estimada para la zona entre Arica e Iquique es de un 88% para 7 lances efectivos). No obstante, los otros parámetros no presentan diferencias significativas entre estas zonas.

Los parámetros de los adultos, como son peso promedio de hembra madura, proporción sexual, fracción de hembras desovantes y fecundidad parcial, se encuentran dentro de lo reportado para el género (Tabla 9) y bastante cercanos a lo reportado por Rojas y Oliva (1993). Si bien, la fecundidad parcial tanto en el modelo lineal y potencial presentan buen ajuste con el peso corporal, con una leve diferencia en los coeficientes de correlación, el modelo de tipo lineal es el que presenta el menor cuadrado medio del error (MSE). Por otro lado, tal como lo señala Hunter *et al.* (1985), el de tipo lineal es preferible en estas circunstancias debido a: 1) Explica mejor la variación que los modelos curvilíneos; 2) sus coeficientes de regresión tienen significado biológico; 3) para la estimación de producción de huevos, la fecundidad de los ejemplares en los extremos (grandes y pequeños) no es tan crítica como la de los en el rango medio, los que son bien explicados por el

modelo lineal simple.

Aún cuando la fracción desovante obtenida fue similar a lo registrado para la especie por Santander *et al* (1984) y Rojas y Oliva (1993), estos estimados se han basado sobre la asunción que la degeneración de los folículos postovulatorios ocurre a la misma tasa que la descrita para *E. mordax* por Hunter y Goldberg (1980), autores que desarrollaron el método histológico, utilizado en desovadores múltiples. Por las implicancias que esto tiene resulta de interés validar la asignación de edades a los folículos postovulatorios en *E. ringens*.

La biomasa desovante estimada es levemente superior a la estimada en 1992 por el mismo método (Rojas y Oliva, 1993), sin embargo esto se debe tomar con precaución, ya que como se señaló, en este estudio se cubrió mayor área de desove. Con similares áreas, en 1995 la biomasa desovante fue menor que la reportada para 1992, lo que puede traer consecuencias a la pesquería que se podrán evaluar en el mediano plazo.

Los coeficientes de variación de la biomasa desovante estimada para diferentes especies del género *Engraulis* (Tabla 9), oscilan ampliamente, desde 0,17 a 0,56 y dentro de la misma especie ocurre una situación similar, de 0,17 a 0,26 en *E. mordax* y de 0,30 a 0,56 en *E. capensis*, lo que indica de algún modo que más que a razones de orden metodológico estas estimaciones se ven afectadas por fluctuaciones de orden biológico que son difíciles de predecir.

Para futuras aplicaciones del M.P.H. en anchoveta presentes en la zona norte de Chile, sería recomendable mantener el área de prospección de huevos cubierta en este estudio, o idealmente expandirla hacia el sur, ya que cómo lo muestran los resultados, es posible detectar un foco importante de desove en la zona de Paposos, lo cual incide directamente en las estimaciones de biomasa desovante. Por otra parte y con el fin de reducir la varianza de la producción diaria de huevos, parámetro que hace el mayor aporte a la varianza de la biomasa estimada, sería recomendable intensificar el esfuerzo de muestreo, en sentido latitudinal más que longitudinal, en aquellas áreas en las cuales históricamente se han detectado las mayores concentraciones de huevos

(Zonas III y IV de este estudio). De acuerdo a los resultados entregados por Rojas y Oliva (1993) y los nuestros, la extensión de las transectas es adecuada para cubrir el área de desove en sentido longitudinal.

La estimación de  $P_0$ , utilizando las edades estimadas por el modelo ajustado de acuerdo a los datos obtenidos del experimento de desarrollo de los huevos a temperatura controlada (Anexo 1), es ligeramente superior a la obtenida por el modelo entregado por Lo (1985), lo cual a su vez provoca un aumento en el cálculo de la biomasa desovante de un 9,1 %, aunque si se consideran los coeficientes de variación involucrados, estas diferencias no serían relevantes. Estos resultados sugieren la conveniencia de validar definitivamente el modelo de asignación de edades para *E. ringens*, con un mayor rango de temperaturas y de definición de la edad 0 (fertilización).

Finalmente los autores recomiendan que, dado que se seguirá aplicando el M.P.H. no sólo para anchoveta sino que posiblemente en otros recursos, es necesario reunir en un Taller a los científicos nacionales relacionados con el tema, con el fin de estandarizar las metodologías de estimación de los parámetros del M.P.H., de este modo se asegurará disponer de series de estimados comparables.

**REFERENCIAS**

- Alheit, J. 1985. Spawning frequency of peruvian anchovies taken with a purse seine. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:59-61.
- Alheit, J. 1993. Use of the daily egg production method for estimating biomass of clupeoid fishes: a review and evaluation. Bull. Mar. Sci. 53(2):750-767.
- Alheit, J., V.H. Alarcon y B. Macewicz. 1984. Spawning frequency and sex ratio in the peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep. 25:43-52
- Amstrong, M., P. Shelton, I. Hampton, G. Jolly y Y. Melo. 1988. Egg production estimate of anchovy biomass in the southern Benguela system. Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep. 29:137-157.
- Baker, J.R. 1956. Technique the principles and practice of methods used to determine the structure of the metazoan cell. John Wiley and sons publishers. New York.
- Baker, J.R. 1958. Principles of biological microtechnique. A study of fixation and dyeing. John Wiley and sons publishers. New York.
- Bindman, A. 1986. The 1985 spawning biomass of the northern anchovy. Calif. Coop. Oceanic fish. Inv. Rep. 27:16-24.
- Cañón, J.R. 1978. Distribución de la anchoveta (*Engraulis ringens* Jennyns) en el norte de Chile en relación a determinadas condiciones oceanográficas. Invest. Pesq. 30: 1-128.
- Fulton, T.W. 1898. On growth and maturation of the ovarian eggs of the teleostean fishes. Annu.

Rep. Fish. Board Scott. 16:88-124.

Hewitt, R., A. Bindman y N. Lo. 1984. Procedures for calculating the egg production estimate of spawning biomass. Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, Southw. Fish. Cent., La Jolla, Ca, Adm. Rep. LJ-84-19, 46 p.

Hewitt, R. 1985. The 1984 spawning biomass of the northern anchovy. Calif. Coop. Oceanic fish. Inv. Rep. 26:17-25.

Hunter, J. 1985. Preservation of northern anchovy in formaldehyde solution. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:63-65.

Hunter, J. y S. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax* Fish. Bull. 77(3):641-652.

Hunter, J. y B. Macewicz. 1985. Measurements of spawning frequency in multiple spawning fishes. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:79-94.

Hunter, J., N. Lo y R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:67-77.

Kamler, E. 1992. Early life history of fish: An energetics approach. 1nd. ed. Chapman and Hall, London. 267 p.

Lasker, R. 1985. An egg production method for anchovy biomass assessment. In R. Lasker (ed) An

- egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:1-3
- Lo, N. 1985. A model for temperature-dependent northern anchovy egg development and an automatic procedure for the assignment of egg to staged eggs. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:43-50.
- López, M.T., C. Leyton y M.E. Graf. 1982. Técnicas de Histología y Citología. Ed. Depto. Biología Celular y Genética, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Macewicz, B.J. y J.R. Hunter. 1993. Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 34:112-121.
- Moser, H. 1967. Seasonal histological changes in three gonads of the *Sebastes paucispinis* Ayres an ovoviviparous teleost (Family Scorpaenidae) J. Morphol. 123:329-354
- Moser, H. y E. Ahlstrom. 1985. Staging anchovy eggs In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:37-41.
- Palma, W., J. Pizarro y C. Flores. 1992. Co.ocurrencia, distribución y abundancia de los estados tempranos de *Engraulis ringens* y *Sardinops sagax* (Pisces: Clupeiformes) en una área de surgencia costera en el norte de Chile. Revista de Investigaciones científicas y tecnológicas. Serie Ciencias del Mar. Universidad Arturo Prat. Iquique. (2):12 - 30.
- Parker, K. 1980. A direct method for estimating northern anchovy *Engraulis mordax* spawning biomass. Fish. Bull. 78:541-544.

- Parker, K. 1985. Biomass model for the egg production method. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:5-6.
- Picquelle, S. y R. Hewitt. 1983a. The northern anchovy spawning biomass for the 1982-83 California fishing season. Calif. Coop. Oceanic fish. Inv. Rep. 24:16-28
- Picquelle, S. y R. Hewitt. 1983b. Estimates of the spawning biomass of the northern anchovy for 1983-84 California fishing season. NMFS, S.W. Fish. Cent. Admin. Rep. LJ-83-15.
- Picquelle, S. 1985. Sampling requirements for the adult fish survey. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:55-57.
- Picquelle, S. y G. Stauffer. 1985. Parameter estimation for an egg production method of anchovy biomass assesment. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:7-16.
- Rojas, O. y J. Oliva. 1993. Evaluación del stock desovante de anchoveta de la zona norte por el Método de producción de huevos. IFOP. Informe del Programa de evaluación directa de recursos pelagicos de la zona norte, para Empresas Pesqueras zona norte. 37 pp + anexos.
- Rojas, O.; A. Mújica; M. Labra; G. Ledermann y H. Miles. 1983. Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. In: Corporación de Fomento de la Producción, IFOP (AP 83-31).
- Rojas, O.; V. Asencio; M. Braun y H. Miles. 1989. Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel en la zona norte de Chile durante marzo-abril de 1989. In:

Cuantificación de la biomasa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica zona norte. Marzo-Abril 1989. Universidad Arturo Prat. IFOP.

Santander, H., J. Alheit, y P. Smith. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana *Engraulis ringens* en 1981 por aplicación del Método de producción de huevos. Bol. IMARPE 8(6):213-248

Santiago, J. y A. Sanz. 1989. Egg production of the Bay of Biscay anchovy in 1987 and 1988, and spawning stock size estimates. ICES C.M. 1989/H:25.

Sanz, A.; L. Motos y A. Uriarte. 1989. Daily fecundity of Bay of Biscay anchovy population in 1987. ICES C.M 1989/H:42

Serra, J., O. Rojas, M. Aguayo, F. Inostroza y J. Cañón. 1979. Anchoveta (*Engraulis ringens*). En: "Estado actual de las principales pesquerías nacionales". Bases para un desarrollo pesquero. CORFO. Gerencia de Desarrollo. Instituto de Fomento Pesquero (AP-79-18):52

Shelton, P. A., Armstrong. M.J. y B.A. Roel. 1993. An overview of the application of the daily egg production method in the assessment and management of anchovy in the Southeast atlantic. Bull. Mar. Sci. 53(2):778-794.

Smith, P., Flerx, W. y P. Hewitt. 1985. The CalCOFI vertical egg tow (CalVET) Net. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:27-32.

Smith, P. y R. Hewitt. 1985. Sea survey design and analysis for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:17-26.

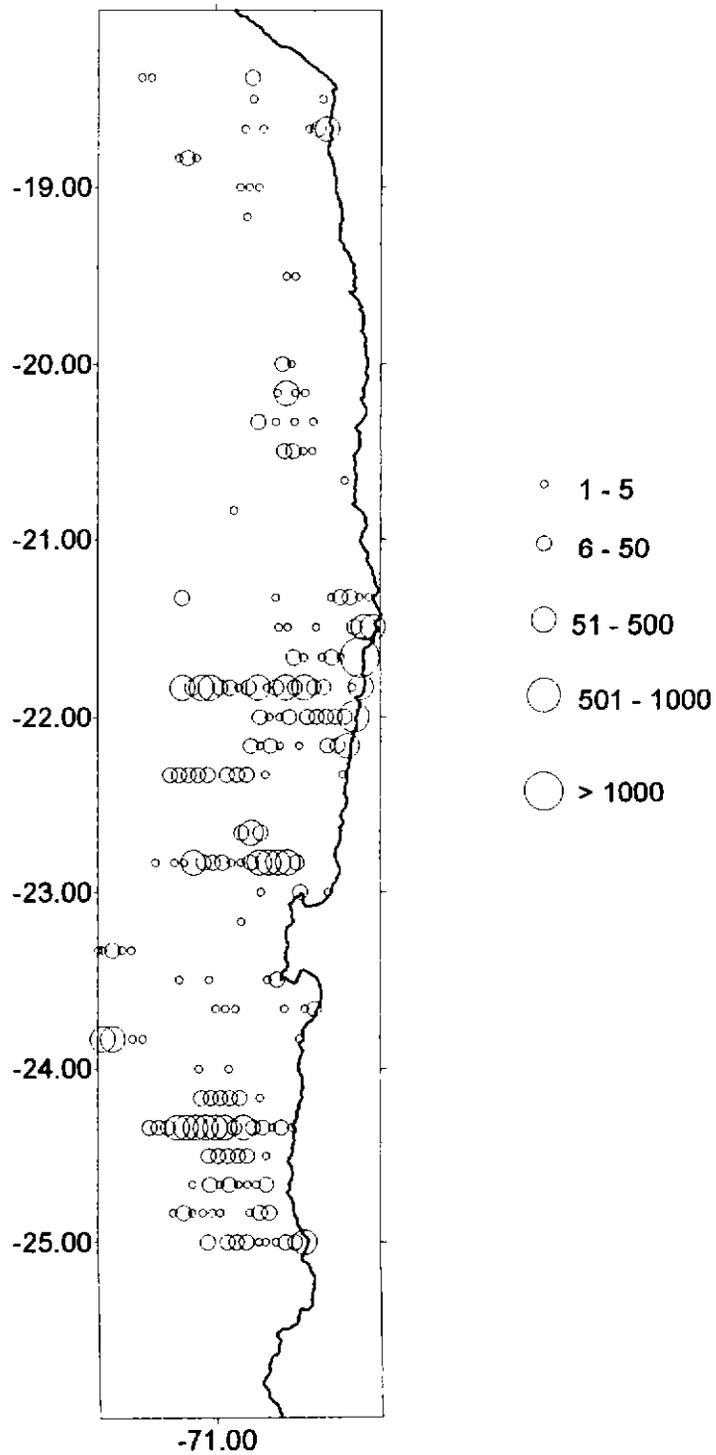
Stauffer, G. y S. Picquelle. 1980. Estimate of the 1980 spawning biomass of the subpopulation of northern anchovy. Natl. Mar. Fish. Serv. Southwest Fish Cent., La Jolla CA. Admin. Rep. LI-80-09. 41 pp

Stauffer, G. & S. Picquelle. 1985. Procedures for sorting, staging, and ageing eggs. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:33-35.

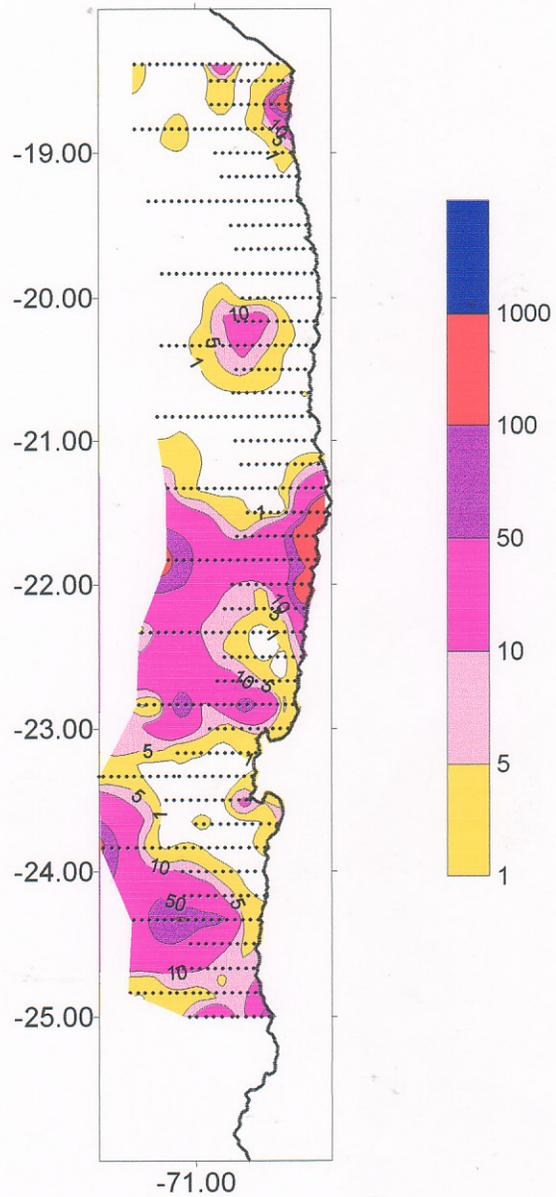
Wallace, R. & K. Selman. 1981. Celular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleost. Amer. Zool. 21:325-343.

Zweifel, J.R. y R. Lasker. 1976. Prehatch and posthatch groth of fishes - A general model. Fish. Bull., U.S. 74:609-621.

**FIGURAS**



Figuras 1: Distribución geográfica de estaciones positivas y abundancia relativa de los huevos de anchoveta (huevos/0,05 m<sup>2</sup>).



Figuras 2: Isolíneas de densidad relativa de huevos de anchoveta (huevos/0,05 m<sup>2</sup>).

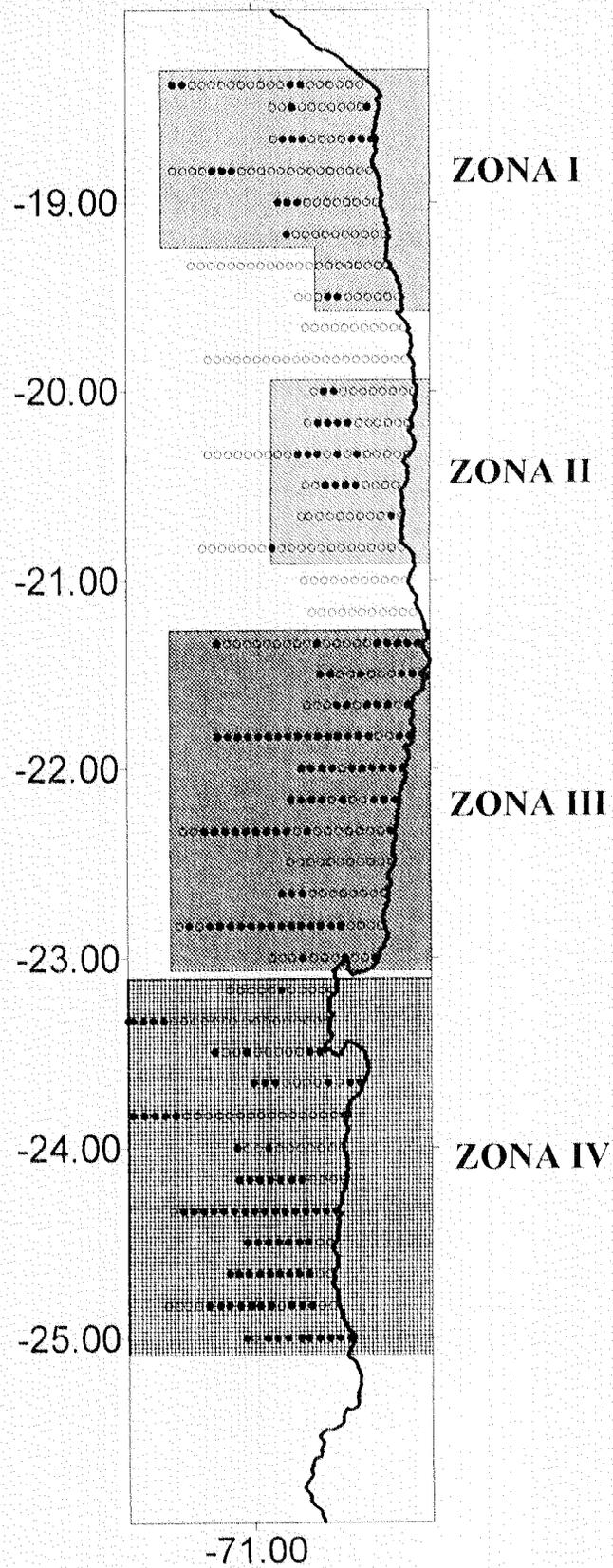


Figura 3: Zonas de desove de anchoveta, definidas de acuerdo a la abundancia relativa de huevos.

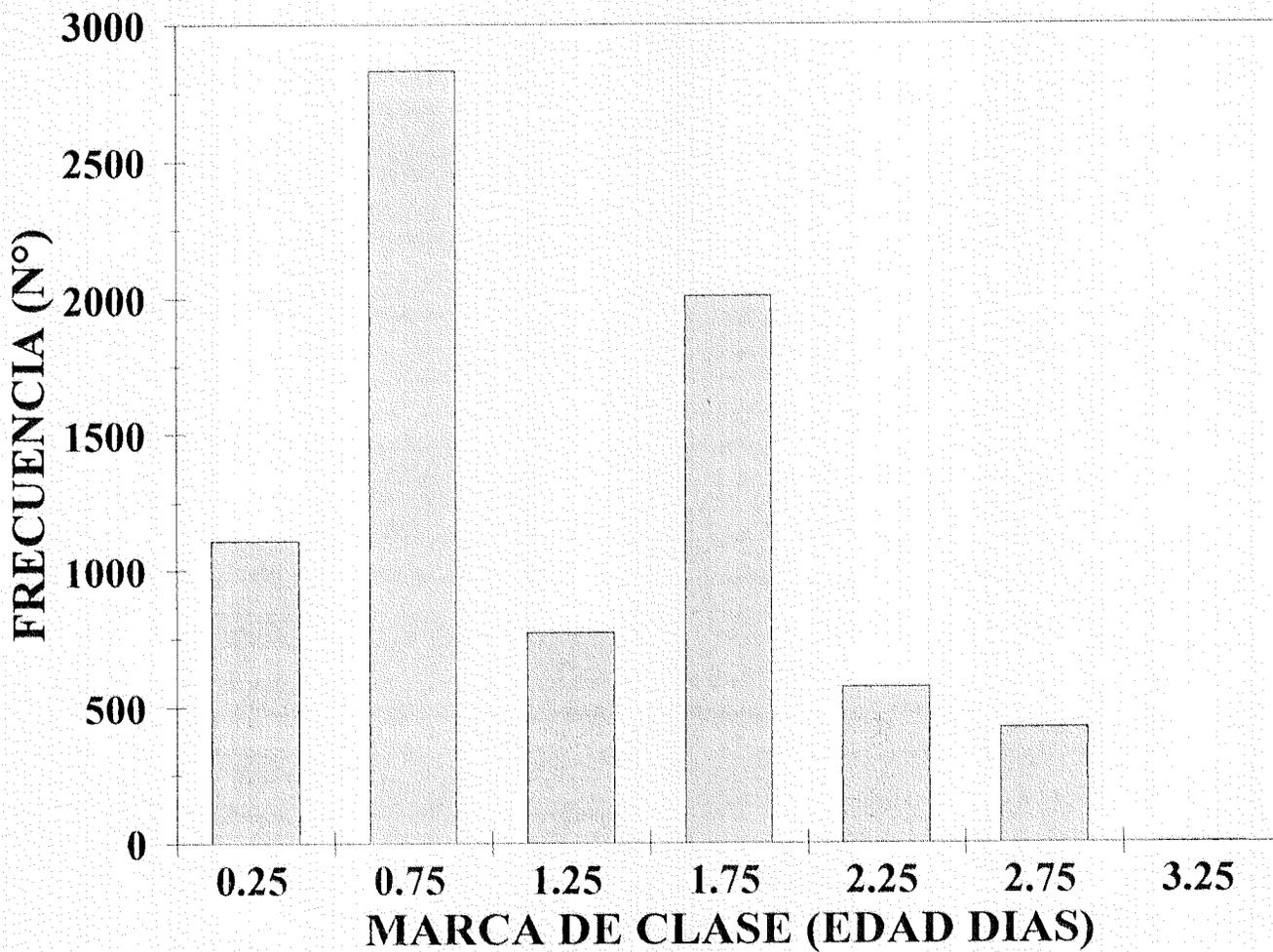


Figura 4: Distribución de frecuencia de edades del total de huevos de anchoveta colectados en el área del crucero, agrupados a intervalos de medio día.

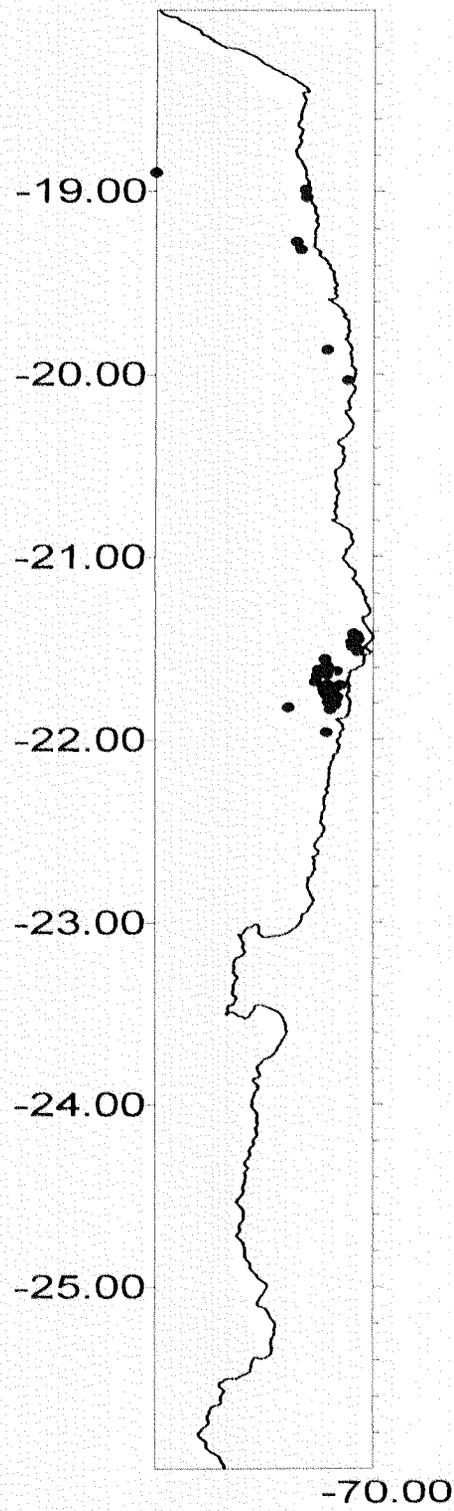


Figura 5: Distribución geográfica de los lances de pesca de anchoveta.

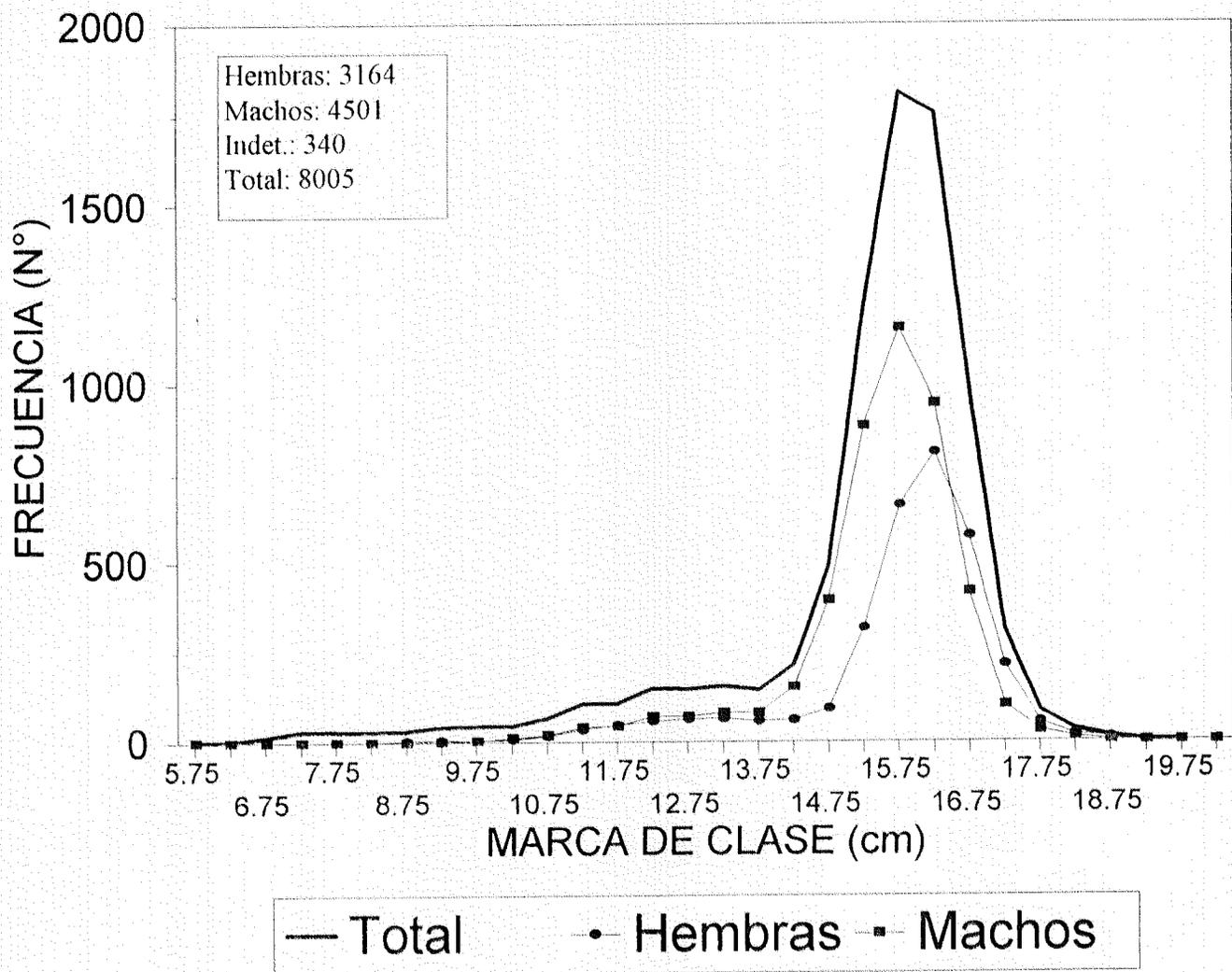


Figura 6: Distribución de frecuencia de tallas (LT) de los ejemplares capturados en los lances de pesca.

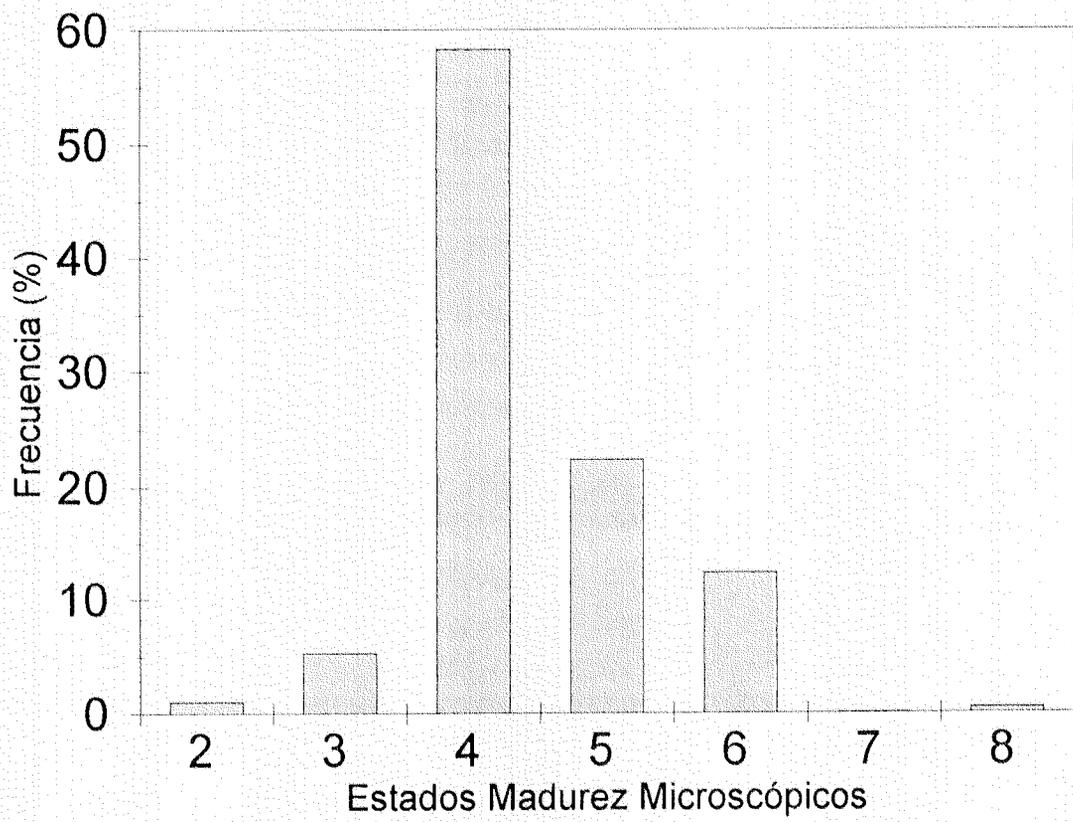


Figura 7: Frecuencia relativa de los estados de madurez microscópicos de anchoveta.

**ANEXO 1**

# ESTUDIO SOBRE LA TASA DE DESARROLLO DE HUEVOS DE *Engraulis ringens* EN CONDICIONES DE LABORATORIO

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre la tasa de desarrollo de huevos de las especies de anchoveta ha sido de alta utilidad, dada su aplicación en la estimación del parámetro producción diaria de huevos ( $P_0$ ), para posterior incorporación en el método de producción de huevos diseñado para estimar la biomasa desovante (Lasker, 1985). Sin embargo, la determinación de la tasa de desarrollo de huevos de peces y el estudio de los factores que la controlan no ha sido fácil. Existen diversas dificultades para obtener la fertilización de huevos en condiciones controladas (Fulton, 1898). Por otra parte, la mantención de los huevos es altamente exigente, en términos de calidad del medio, oxigenación y cambios bruscos en la temperatura (Zweifel & Lasker 1976). A pesar de estas limitaciones, los pocos estudios realizados han permitido establecer con claridad la alta dependencia de la tasa de desarrollo con la temperatura (Lo 1983, Kamler 1992). Sobre la base de esta dependencia, es posible estimar las tasas de desarrollo en la naturaleza, conociendo la temperatura *in situ*. Tal procedimiento, requiere previamente establecer la función que describe la mencionada dependencia. En las especies de Engraulidos solo se conoce aquella establecida para *E. mordax* (Lo 1985).

El método de producción de huevos, originalmente propuesto para *E. mordax*, ha tenido un rápido auge y su aplicación se ha extendido a otras especies con características de desove parcial. Para la anchoveta peruana *E. ringens* éste método ha sido aplicado en varias oportunidades (Santander et al. 1984, Rojas & Oliva 1993). Aunque no ha sido reconocido en forma explícita, la estimación de la producción diaria de huevos de esta especie, a la fecha se ha realizado aplicando el modelo de desarrollo de huevos temperatura-dependiente derivado para *E. mordax* (Santander et al. 1984).

Considerando que la tasa de desarrollo embrionario constituye un parámetro del ciclo de vida de las especies, es difícil suponer que ésta sea uniforme, aún en especies muy relacionadas (Kamler 1992). De manera tal que, la función de desarrollo de huevos temperatura-dependiente debería ser establecida para cada especie. De existir diferencias inter-específicas es probable que

éstas no tengan una incidencia significativa en la estimación, ni del parámetro  $P_0$  ni de la biomasa desovante, sin embargo estos aspectos no han sido investigado de ninguna manera. Es indudable que la presente y futura aplicación del método de producción de huevos en *E. ringens* requiere con urgencia profundizar en aspectos técnicos metodológicos, y la validación y/o calibración de la asignación de edad utilizando las curvas de Lo (1985), derivadas desde la especie *E. mordax*, constituye uno de tales aspectos.

Como una primera aproximación para analizar la equivalencia de la función de desarrollo de huevos temperatura-dependiente, entre *E. mordax* y *E. ringens*, se presenta a continuación los resultados derivados de experimentos en laboratorio con huevos de la anchoveta peruana *E. ringens*.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Aunque el proceso de desarrollo embrionario de huevos de peces puede ser continuo, es conveniente establecer fases que permitan estimar la rapidez de desarrollo. En la anchoveta se han definido estadios discretos de desarrollo (Mosser & Ahlstrom, 1985). De esta manera, sobre la base de la duración de cada uno de éstos estadios discretos, se puede estimar la tasa de desarrollo a diferentes temperaturas. Para efectos del método de producción de huevos, sin embargo, es necesario formular una función que permita calcular la edad de los huevos, bajo determinadas condiciones de temperatura.

Por razones de manejo de adultos, aún no desarrolladas en nuestros laboratorios, en el presente trabajo se ha estudiado el desarrollo de huevos obtenidos desde su ambiente, de tal forma que se desconoce la hora en que ellos fueron desovados (hora de fertilización).

Durante septiembre de 1995 se obtuvieron huevos mediante muestreos verticales de ictioplancton usando red tipo Nansen de 450  $\mu\text{m}$  de trama en la bahía de Antofagasta ( $23^{\circ}30'$  Latitud Sur) en dos oportunidades. Las muestras fueron inmediatamente diluidas en neveras a baja temperatura (5-10  $^{\circ}\text{C}$ ) y transportadas al laboratorio en un máximo de 1 h.

En el laboratorio, en una cámara de temperatura controlada (11°C) y bajo microscopio estereoscópico con luz fría, los huevos fueron separados por estadio de desarrollo y asignados a temperaturas constantes en viales individuales de 100 ml, conteniendo agua de mar esterilizada, doblemente filtrada (0.45  $\mu\text{m}$ ) y previamente aireada durante la noche. Se trabajó con 3 temperaturas en forma simultánea, 11, 15 y 20 °C, obtenidas mediante baños de circulación con termostatos instalados en la cámara. El experimento fue llevado a cabo para cada muestreo, es decir en 2 oportunidades, para las mismas temperaturas. No fue posible obtener un número suficiente de huevos en estadios tempranos, debido a la baja abundancia de huevos en el área, siendo el estadio IV el más joven obtenido. Este hecho impidió estudiar la tasa de desarrollo para un mayor número de temperaturas y para estadio mas tempranos que IV. La estimación de la edad relativa, o la duración de los estadios de desarrollo (horas, minutos) para cada temperatura se obtuvo por medio de observaciones directas de los huevos a intervalos de cada 1 h.

Para analizar la edad de los huevos en función de la temperatura se utilizó el tiempo requerido para alcanzar un determinado estadio, comenzando desde el primer cambio de estadio en el laboratorio. Dado que no se obtuvieron huevos del estadio I, no fue posible contar con la información de la edad absoluta para los estadios observados. Para soslayar esta dificultad se consideró el tiempo cero (hora de desove) como las 22:00 horas (Stauffer & Picquelle 1985), de manera tal que la edad de los huevos al ser capturados correspondía al tiempo transcurrido entre las 22:00 horas previas y la hora de muestreo, que correspondió a la 9:00 y 18:00 horas para cada muestreo.

La comparación de la edad de huevos en función de la temperatura entre *E. ringens* y *E. mordax* se realizó ajustando la función exponencial combinada para todos los estadios de desarrollo y descrita por Lo (1995),

$$Y_i = a e^{(bt + ct)} i^d \quad (1)$$

donde Y es la edad (horas) del estadio  $i$ ,  $t$  es la temperatura experimental (°C), y  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  son los parámetros que describen la función. Esta ecuación se ajustó mediante regresión no lineal,

utilizando el algoritmo Gauss-Newton.

La comparación de la función de desarrollo (ecuación 1) entre ambas especies se realizó sobre la base de los parámetros estimados. Adicionalmente, considerando que las edades absolutas fueron calculadas asumiendo un tiempo inicial no observado, se analizó el efecto que esta aproximación pudiera tener sobre la estimación de la edad, de los parámetros producción diaria de huevos y mortalidad, y como posible fuente de error en la estimación de la biomasa desovante de anchoveta.

## RESULTADOS

En la figura 1, se observa la frecuencia (%) de aparición de los estadios I al V en las colectas agrupadas a intervalos de una hora para toda el área cubierta por el crucero, de donde se puede apreciar que el estadio I se presenta mayoritariamente a las 23:00 h, para ir avanzando conjuntamente con el desarrollo, hasta llegar al estadio IV que se presenta mayoritariamente de 18:00 a 23:00 horas. De este gráfico se desprende que huevos colectados en estadio IV provienen de la noche anterior, o que tendrían una edad mayor a 24 horas. Dado que el estadio más temprano colectado correspondió al estadio IV, se le adicionó el tiempo transcurrido entre las 22:00 (pico de desove) y la hora de muestreo (9:00 y 18:00 h) del día siguiente.

Para las 3 temperaturas experimentales, la Tabla 1 muestra el resumen estadístico de las edades estimadas en horas para los estadios estudiados. El ajuste de la ecuación (1) sobre la totalidad de los datos entregó la siguiente función,

$$y_i = 4.29 e^{-(0.038i + 0.133i)} i^{2.059} \quad (2)$$

Este ajuste entregó un  $r^2$  corregido para un grado de libertad de 0.824 y un cuadrado medio residual de 8577.24. Ya que el estadio de desarrollo es un parámetro del modelo, los estadios inferiores al estadio V son estimaciones sin datos empíricos. El resumen estadístico derivado de la regresión no

lineal y la comparación de parámetros con la función descrita para *E. mordax* (Lo 1985) se muestran en la Tabla 2. La notoria diferencia en los valores de los parámetros para las dos especies no se pueden verificar estadísticamente, ya que Lo (1985) no entrega información sobre el error o desviación estándar de éstos. No obstante, al aplicar la ecuación (2) derivada para *E. ringens* y aquella para *E. mordax* (Lo 1985), sobre el mismo set de datos de temperatura para predecir la edad esperada a cada estadio estudiado, se revela claramente que ambas funciones difieren fundamentalmente en los parámetros que determinan la forma y pendiente de sus curvas. Es decir en las tasas instantáneas de desarrollo, o pendientes (Fig.2). La magnitud de las diferencias entre ambas funciones es dependiente de la temperatura, así para la temperatura de 11 °C la ecuación de *E. mordax* predice una mayor edad para cualquier estadio, mientras que para la temperatura de 20 °C esta relación se invierte (Fig.2). La igualación de ambas funciones tiende a ocurrir alrededor de los 13 °C (Fig.2).

Dada la posibilidad de incurrir en error al aproximar la edad de los estadios capturados en terreno, la ecuación (1) se ajustó mediante regresión no lineal considerando márgenes de error de 10%, 20%, 50% y 75% en la estimación del tiempo inicial de desove de los huevos. Cabe considerar que en términos de horas esto significa un rango de error entre 4 a 32 horas. El modelo exponencial ajustado permitió verificar que sólo el parámetro  $a$ , el cual define la posición sobre el eje de la temperatura, sufría variación. Los valores recalculados de  $a$  fueron 4,714, 5,143, 6,429 y 7,502, correspondientes a un 10%, 20%, 50% y 75% de horas adicionales respectivamente. Al comparar éstos valores con aquel estimado inicial de  $a$  (Tabla 2), se puede verificar que la variación es equivalente a la proporción de tiempo agregado. A modo de ejemplo, un error de 10% en la estimación de la edad inicial, incurrirá en un error de 10% en las edades de todos los estadios como función de temperatura. Los parámetros  $b$ ,  $c$  y  $d$  de la ecuación (2), por otra parte permanecen constantes, revelando que solo se modifica el posicionamiento de las curvas sobre el eje de la abscisa. A modo de comparación, la Fig.3. ilustra las curvas de edad en función de la temperatura derivadas del modelo de Lo (1985) para *E. mordax* y aquellas obtenidas para *E. ringens* a través del presente estudio.

## DISCUSIÓN

En los experimentos realizados con *E. ringens* solo se obtuvo información sobre tasas de desarrollo para 3 temperaturas. Sin embargo las 3 temperaturas cubrieron el rango supuestamente esperado en condiciones naturales y el número de observaciones individuales fue lo suficientemente robusto, sugiriendo que la función de desarrollo determinada (ecuación 2) describe adecuadamente las tasas de desarrollo de *E. ringens* en su ambiente natural. Un incremento en el número de temperaturas experimentales podría mejorar la precisión de los parámetros estimados, pero no necesariamente la magnitud de éstos.

Al comparar las funciones determinadas para ambas especies es interesante observar que éstas tienden a igualarse en el rango de temperatura alrededor de los 13-14 °C, el cual coincide con el rango observado en condiciones naturales. Este hecho sugiere que no obstante existen diferencias fundamentales en las tasas de desarrollo entre ambas especies, tales diferencias podrían no tener implicancias significativas en su aplicación para la estimación de la producción diaria de huevos y posteriormente la biomasa desovante.

Una fuente de error más crítica la constituye la carencia de información acerca de la hora de desove de los huevos observados. El análisis demostró que el error incorporado en la aproximación aplicada, incurre solamente en el valor del parámetro que define el posicionamiento de la curva sobre el eje de la temperatura. Este error trasciende en forma equivalente hacia el cálculo de la edad de huevos.

Por otra parte, la estimación del parámetro producción diaria de huevos ( $P_0$ ) se obtiene al aplicar la ecuación,

$$P = P_0 e^{-zt} \quad (3)$$

donde  $P$  es la abundancia de huevos a la edad ( $t$ ),  $P_0$  es la producción diaria de huevos y  $z$  es la tasa diaria de mortalidad de huevos. Para verificar el efecto de los cambios en el parámetro  $z$  sobre la

estimación de  $P_0$ , se simuló un ajuste no lineal de la ecuación (3) alterando la edad en 10% y 20%. Este análisis permitió verificar que la tasa de mortalidad ( $z$ ) no es alterada, pero que sin embargo la magnitud de  $P_0$  es afectada en una proporción equivalente.

Finalmente, la ecuación ajustada para *E. ringens* (2) se utilizó para estimar  $P_0$  para cada zona de desove definida en el presente informe (Tabla 3), apreciándose un ligero incremento en la producción diaria de huevos con respecto a las estimaciones obtenidas con la ecuación para *E. mordax*. La aplicación de la función determinada para *E. ringens* en el cálculo de  $P_0$  genera una biomasa desovante de 1335444 ton con un coeficiente de variación de 0,40, lo que representa un aumento de 9,1 % respecto a la biomasa estimada aplicando las curvas de Lo (1985). El ligero aumento en el coeficiente de variación se puede explicar dada una disminución en el tamaño muestral, ya que al generar un aumento en la estimación de la edad, los límites de corte (edades de 8 a 65 horas) se desplazan.

Considerando la magnitud de los coeficientes de variación en ambas estimaciones de biomasa (Lo 1985, estudio presente), las diferencias podrían no ser relevantes en términos estadísticos. No obstante esta conclusión debería ser reforzada con estudios adicionales que incorporen estimaciones de edad en condiciones de laboratorio, conociendo la edad cero (momento de fertilización) y con un mayor número de temperaturas. Esta información es pertinente, en la medida en que las diferencias podrían afectar la exactitud de la biomasa estimada.

TABLA 1: Resumen estadístico de las estimaciones de la edad a diferentes estadios de desarrollo en condiciones controladas a 3 temperaturas de huevos de anchoveta *E. ringens*, capturados en la bahía de Antofagasta. El tiempo inicial al estadio I se estimó desde la hora de colecta y asumiendo que fueron desovados a las 22:00 previas.

| DES. | T (°C) | EDAD (horas) |    |       |     |     |
|------|--------|--------------|----|-------|-----|-----|
|      |        | $\bar{x}$    | N  | D.E.  | MAX | MIN |
| V    | 11     | 37           | 5  | 0,71  | 38  | 36  |
|      | 15     | 36,5         | 6  | 0,55  | 37  | 36  |
|      | 20     | 36,2         | 5  | 0,45  | 37  | 36  |
| VI   | 11     | 44,6         | 10 | 2,59  | 48  | 41  |
|      | 15     | 41,5         | 11 | 2,25  | 45  | 39  |
|      | 20     | 40,4         | 10 | 2,28  | 46  | 39  |
| VII  | 11     | 61,2         | 13 | 8,32  | 69  | 45  |
|      | 15     | 51,1         | 15 | 4,50  | 57  | 46  |
|      | 20     | 46,9         | 15 | 0,92  | 49  | 46  |
| VIII | 11     | 69,1         | 12 | 8,09  | 81  | 57  |
|      | 15     | 57,4         | 14 | 5,15  | 65  | 50  |
|      | 20     | 51,0         | 15 | 1,69  | 55  | 50  |
| IX   | 11     | 81,6         | 9  | 10,41 | 91  | 64  |
|      | 15     | 62,8         | 14 | 5,61  | 72  | 56  |
|      | 20     | 56,8         | 15 | 1,21  | 60  | 55  |
| X    | 11     | 96,5         | 8  | 9,61  | 103 | 81  |
|      | 15     | 69,9         | 13 | 6,09  | 79  | 59  |
|      | 20     | 60,1         | 15 | 3,71  | 65  | 48  |
| XI   | 11     | 103,0        | 1  | -     | 103 | 103 |
|      | 15     | 74,25        | 8  | 6,27  | 83  | 66  |
|      | 20     | 61,1         | 9  | 2,62  | 64  | 55  |

TABLA 2: Resumen estadístico del ajuste mediante regresión no lineal del modelo exponencial que describe la edad en función de la temperatura en huevos de anchoveta *E. ringens* incubados en condiciones de laboratorio a 11, 15 y 20 °C. Se incluye para fines comparativos las estimaciones de parámetros para la especie *E. mordax* (Lo 1985).

| PAR. | <i>Engraulis ringens</i> |       | LIMITES CONF. |          | <i>Engraulis mordax</i><br>Lo (1985) |
|------|--------------------------|-------|---------------|----------|--------------------------------------|
|      | MEDIA                    | D.E.  | Inferior      | Superior |                                      |
| a    | 4.286                    | 1.605 | 1.122         | 7.449    | 16.070                               |
| b    | -0.038                   | 0.002 | -0.043        | -0.034   | -0.1145                              |
| c    | -0.133                   | 0.042 | -0.216        | -0.050   | -0.0098                              |
| d    | 2.059                    | 0.342 | 1.385         | 2.733    | 1.740                                |

TABLA 3: Estimación de la producción diaria de huevos de *E. ringens* para 4 zonas de desove, aplicando la ecuación (2) (ver texto) derivada para la especie en el presente estudio.

| ZONA<br>DE DESOVE | PRODUCCIÓN DIARIA (Huevos x 0.05 m <sup>2</sup> x d <sup>-1</sup> ) |        |      |
|-------------------|---|--------|------|
|                   | ESTIMADOR   | D.E.   | C.V. |
| I                 | 25.45   | 19.169 | 0.75 |
| II                | 21.46   | 7.417  | 0.35 |
| III               | 54.22   | 16.753 | 0.31 |
| IV                | 34.83   | 4.908  | 0.14 |

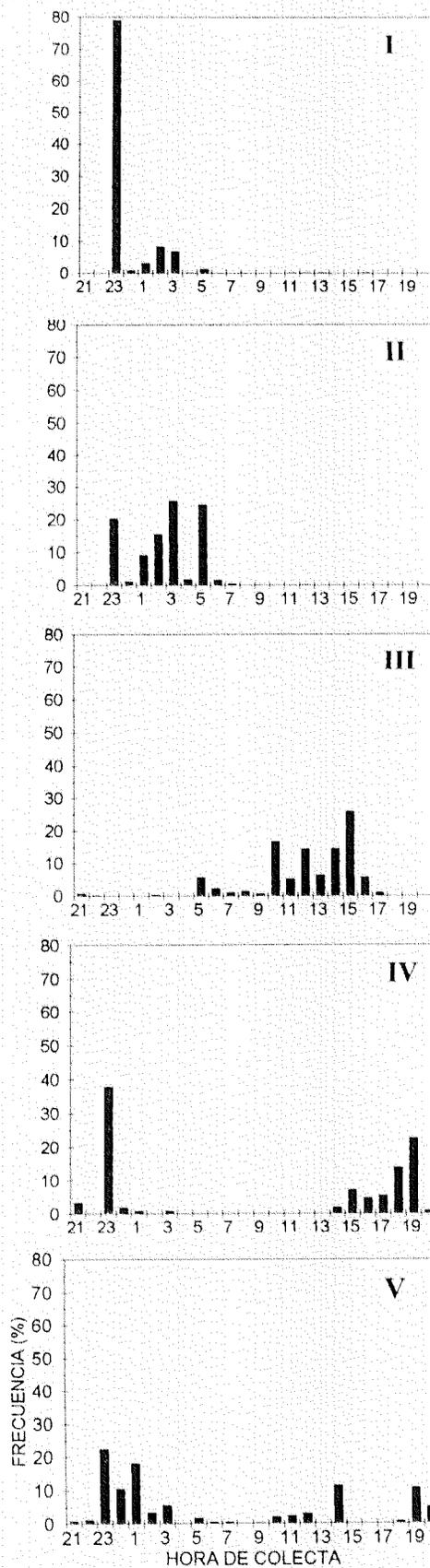


Figura 1: Frecuencia de aparición de estadios (I al V) según hora de colecta par el total de huevos muestreados en el crucero.

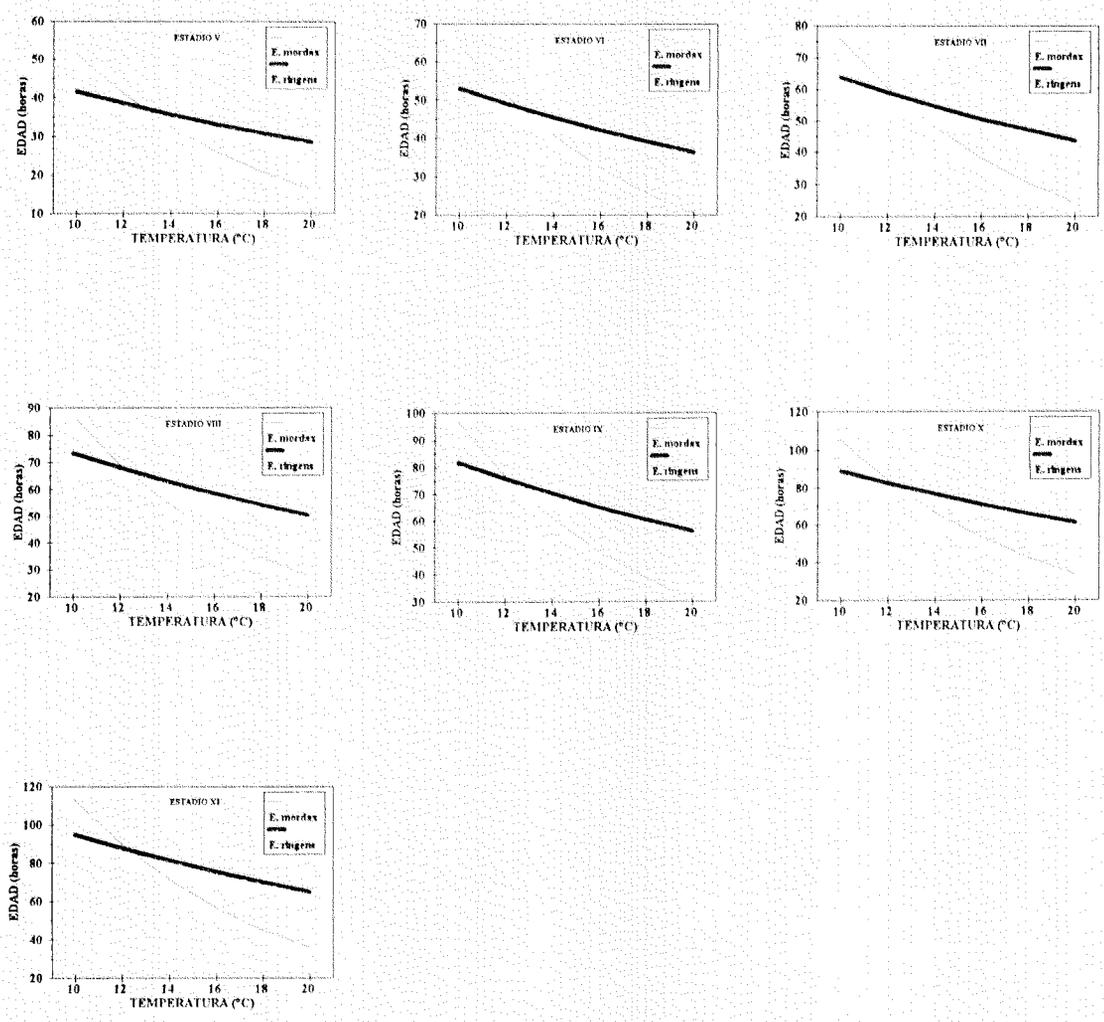


Figura 2: Predicción de la edad de los huevos de anchoveta en función de la temperatura, según el modelo ajustado para *E. mordax* (Lo, 1985) y *E. ringens* (Este estudio).

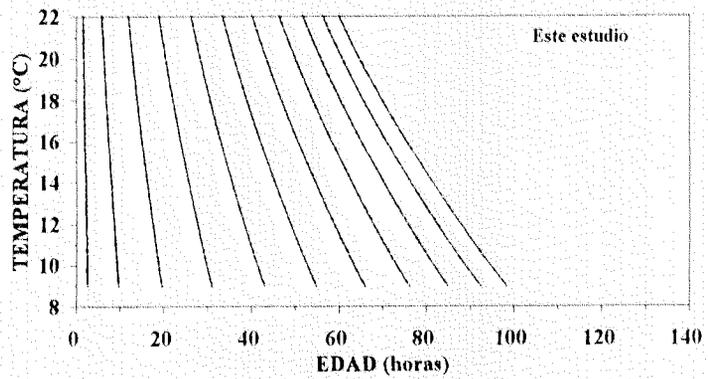
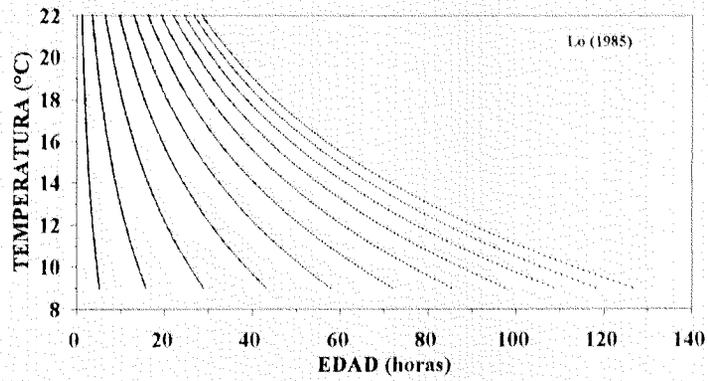


Figura 3: Ajuste de las funciones de desarrollo de huevos de anchoveta según temperatura, según el modelo de Lo (1985) y el de este estudio.