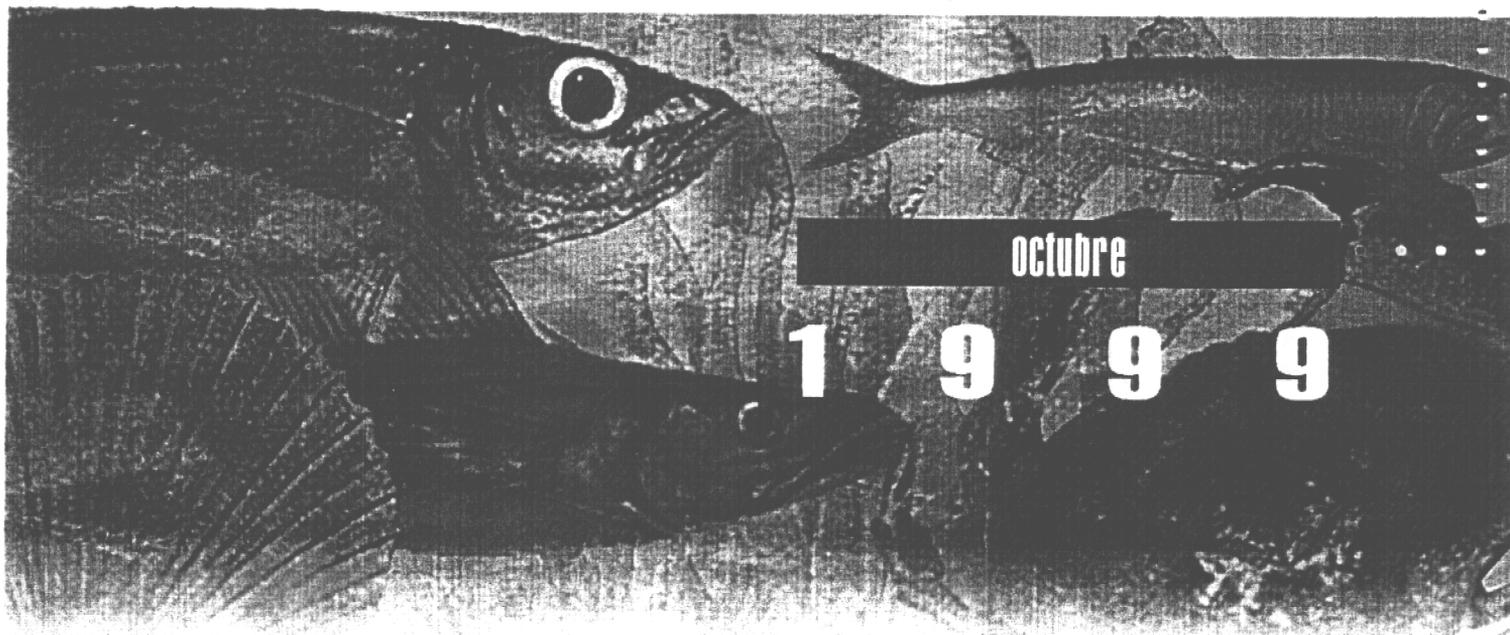




INFORME FINAL

FIP Nº 97 - 16

# Aspectos reproductivos del recurso bacalao de profundidad en la I a X Regiones



octubre

1 9 9 9

## **REQUIRENTE**

**CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP**  
**Presidente del Consejo: JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ**

## **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP**  
**Director Ejecutivo: PABLO ALVAREZ TUZA**



## **JEFE DE PROYECTO**

**ZAIDA YOUNG U.**

## **AUTORES**

**ZAIDA YOUNG U.  
JORGE OLIVA L.  
ALBERTO OLIVARES P.  
EDUARDO DIAZ R.**

## **COLABORADORES**

**HERNAN LOPEZ CH.  
ADOLFO VARGAS R.  
YASNA MUÑOZ G.  
VICTOR BAROS P.  
MIGUEL CORTES G.  
RENZO TASCHERI O.**

• Octubre de 1999 •



## RESUMEN EJECUTIVO

Se analizó una muestra de 4.776 ejemplares de bacalao de profundidad recopilados entre los paralelos 21°30' y 40°00 L.S., básicamente durante 1998, con el propósito de describir el patrón estacional de desarrollo de las gónadas, que permita identificar el área y período de desove y además, estimar la talla de primera madurez sexual y la fecundidad. Para este efecto, el área de estudio se dividió en dos subzonas: Zona Norte (I-IV Región) y Zona Sur (V-IX Región).

La amplitud de tamaño de la muestra fluctuó entre 40 y 186 centímetros de longitud total, obteniéndose ejemplares de mayor tamaño en la Zona Norte, donde la actividad comercial se centró a mayor profundidad que en la Zona Sur y responde a la estratificación por tamaño que presenta este recurso con la profundidad.

De acuerdo a la revisión microscópica de los ovarios del bacalao de profundidad, esta especie correspondería a un desovador sincrónico (conocido también como desovadores totales o isocronales) por grupos, es decir, con la presencia de dos grupos de ovocitos de diferente tamaño, donde los ovocitos de mayor diámetro constituyen el grupo que se liberaría en el presente desove y los de menor tamaño se liberarían en el siguiente evento reproductivo.

Para determinar el período de desove se analizó el ciclo de madurez gonádica de las hembras y de los machos, tomando en consideración el comportamiento que presentó el índice gonadosomático y el examen microscópico de los estadios de madurez.

El índice gonadosomático (IGS) se presentó en niveles bajos durante todo el año, tanto en la Zona Norte como Sur. El índice no evidencia un patrón estacional que



permita discriminar el período de desove, y las estimaciones corresponderían a valores encontrados en otras áreas durante el período de reposo reproductivo de esta especie.

El análisis histológico de las gónadas reveló que la mayor proporción de los ejemplares observados se encontraba inmaduros, lo cual es consistente con el comportamiento que presentó el IGS. No se observaron ovocitos hidratados y tampoco folículos postovulatorios, indicadores inequívocos de la existencia de un proceso de desove. Lo anterior sugiere que el bacalao no desova en estas latitudes, pero también se pueden plantear dos hipótesis alternativas una, que no desovó durante 1998 y la otra, que el bacalao de profundidad no se alimenta en la etapa previa y posterior al desove, por lo tanto no es capturado con el espinel.

De las tres opciones planteadas, los antecedentes disponibles respaldan la hipótesis de que el bacalao de profundidad no desova en estas latitudes y se postula que un área probable de desove del bacalao de profundidad se localiza en el extremo sur del continente. En el área de estudio no se darían las condiciones ambientales adecuadas para el desove, y al no gatillarse éste, se produce una reabsorción de los ovocitos vitelados, lo que explica el alto porcentaje de atresia folicular detectado. Adicionalmente, otros antecedentes indican una mayor presencia de hembras en las capturas de esta área, lo que fue confirmado en esta investigación, donde se observó una baja presencia de machos y ausencia de machos maduros, los cuales tienen un efecto sinérgico para inducir el desove.

Sobre la base del análisis microscópico, se estimó una talla de primera madurez sólo para las hembras, ya que prácticamente no se encontraron machos maduros. Este predictor del tamaño, al cual la mitad de los ejemplares se espera que estén sexualmente maduros, se estimó finalmente sólo para hembras de la Zona Norte y



puede presentar sesgos, puesto que se realizó con ejemplares cuyas gónadas se encontraban todavía en una etapa temprana de desarrollo gonadal. Se estimó una talla al 50% de 129 centímetros de longitud total, nivel que está por sobre las estimaciones reportadas en la literatura.

El hecho que este recurso no desovó durante 1998 en el área investigada, imposibilitó coleccionar hembras maduras con un estadio de desarrollo adecuado para estimar la fecundidad. La estimación de la fecundidad se efectuó con hembras que calificaron como maduras, utilizando ovarios en estadio vitelogénico inicial e intermedio, según la escala microscópica elaborada en el presente estudio. Estas características de la muestra que se empleó para cuantificar la fecundidad de esta especie, pueden introducir sesgos importantes en la estimación; aspecto que se debe tener en consideración al momento de establecer comparaciones con otros estudios.

Se seleccionó una muestra de 69 ovarios para estimar la fecundidad, 61 en la Zona Norte y sólo 8 en la Zona Sur. La fecundidad potencial, obtenida en la primera zona fluctuó entre los 23.245 y 504.271 ovocitos, correspondientes a ejemplares que midieron entre 100 y 164 cm., con una fecundidad promedio de 176.376 ovocitos (I.C. 95%: 150.852 – 201.900). En la Zona Sur la amplitud de la fecundidad estimada varió entre los 183.106 y 552.305 ovocitos, en ejemplares entre los 122 y 170 cm., con un promedio de 354.349 ovocitos (I.C. 95%: 231.689 – 477.008).

Al comparar ambas zonas, se observa una mayor fecundidad en la Zona Sur. Las diferencias fueron estadísticamente significativas y se podrían explicar porque la mayoría de los ejemplares observados en la Zona Norte presentaron atresia folicular, lo que puede llevar a subestimar la fecundidad.



La fecundidad relativa en la Zona Norte fluctuó entre 1 y 22 ovocitos/gramo, con un promedio de 5,7 ovocitos/gramo (I.C. 95%: 4,7–6,7). En la Zona Sur, consecuentemente con la mayor fecundidad potencial estimada, la fecundidad relativa fue más alta, con una amplitud entre los 11 y 23 ovocitos/gramo y un promedio de 16,6 ovocitos/gramo (I.C. 95%: 11,6 – 21,4). No obstante las limitaciones indicadas, la fecundidad relativa estimada se encuentra dentro de la amplitud de valores que reporta la literatura para este recurso.

A la luz de estos antecedentes, resulta oportuno plantear la necesidad de realizar un estudio reproductivo en la fracción de la población que actualmente se explota en la zona sur-austral de Chile y la vez, realizar un seguimiento del comportamiento reproductivo de bacalao de profundidad en el área estudiada, de tal manera de corroborar si lo observado en 1998 es un hecho puntual o efectivamente esta especie no desova en estas latitudes.



## INDICE GENERAL

	Página
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	i
<b>INDICE GENERAL</b> .....	v
<b>INDICE TABLAS</b> .....	vii
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>5</b>
2.1 Objetivos específicos .....	5
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>7</b>
3.1 Area de estudio .....	7
3.2 Muestra .....	7
3.3 Determinar el o los períodos de desove del recurso bacalao de profundidad considerando dos subzonas que comprenden desde la I a IV Región y de la V a la X Región .....	8
3.4 Estimar la talla de primera madurez sexual y fecundidad, considerando dos subzonas que comprenden desde la I a IV Regiones y desde la V a la X Regiones .....	10
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>15</b>
4.1 Muestras.....	15
4.2 Índice gonadosomático .....	16
4.3 Proporción sexual .....	19
4.4 Relación longitud peso .....	20
4.5 Desarrollo de la gónada .....	21



4.5.1	Desarrollo del ovario -----	21
4.5.2	Escala de madurez -----	24
4.5.3	Estacionalidad de los estadios de madurez -----	29
4.5.4	Atresia folicular -----	31
4.6	Talla de primera madurez sexual-----	31
4.7	Fecundidad -----	32
5.	DISCUSION -----	37
6.	CONCLUSIONES -----	45
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS -----	47

TABLAS

FIGURAS

ESTUCTURA DEL ARCHIVO DE DATOS



## INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Escala de madurez para nototénidos y channichthides basados en ciclos de ovarios y testículos de *Notothenia coriiceps*, *Champsocephalus gunnari*, *Chaenocephalus aceratus* y *Pseudochaenichthys georgianus* (extraído de Kock and Kellerman, 1991).
- Tabla 2. Número de ejemplares de bacalao de profundidad analizados en el estudio histológico y amplitud de tamaño, por zona, puerto y mes, 1998.
- Tabla 3. Número e indicadores estadísticos de la longitud total de los ejemplares analizados, por zona y sexo. 1998.
- Tabla 4. Indicadores estadísticos de las variables talla, peso eviscerado, peso de gónadas e índice gonadosomático de muestra de bacalao de profundidad analizada histológicamente, por mes. Zona Norte, 1998.
- Tabla 5. Indicadores estadísticos de las variables talla, peso eviscerado, peso de gónadas e índice gonadosomático de muestra de bacalao de profundidad analizada histológicamente, por mes. Zona Sur, 1998.
- Tabla 6. Análisis de regresión y estimación de los parámetros de la relación longitud peso eviscerado de bacalao de profundidad. Zona Norte, 1998.
- Tabla 7. Análisis de regresión y estimación de los parámetros de la relación longitud peso eviscerado de bacalao de profundidad. Zona Sur, 1998.
- Tabla 8. Equivalencia de las escalas de madurez sexual macroscópica reportada por Kock & Kellerman (1991) y microscópica propuesta en el presente estudio (Young *et al.*, 1999).
- Tabla 9. Frecuencia mensual de la condición gonádica de machos de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte, 1998.
- Tabla 10. Frecuencia mensual de la condición gonádica de hembras de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte, 1998.
- Tabla 11. Frecuencia mensual de la condición gonádica de machos de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur, 1998.



- Tabla 12 Frecuencia mensual de la condición gonádica de hembras de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur, 1998.
- Tabla 13 Frecuencia mensual de la condición gonádica de machos de bacalao de profundidad mayores o iguales a 90 cm de longitud, por mes. Zona Norte, 1998.
- Tabla 14 Frecuencia mensual de la condición gonádica de hembras de bacalao de profundidad mayores o iguales a 90 cm de talla. Zona Norte, 1998.
- Tabla 15 Frecuencia mensual de la condición gonádica de machos de bacalao de profundidad mayores o iguales a 90 cm de talla, por mes. Zona Sur, 1998.
- Tabla 16 Frecuencia mensual de la condición gonádica de hembras de bacalao de profundidad mayores o iguales a 90 cm de talla, por mes. Zona Sur, 1998.
- Tabla 17 Frecuencia mensual de los estadios de madurez de machos de machos de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte.
- Tabla 18 Frecuencia mensual de los estadios de madurez de hembras de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte.
- Tabla 19 Frecuencia mensual de los estadios de madurez de machos de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur.
- Tabla 20. Frecuencia mensual de los estadios de madurez de hembras de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur.
- Tabla 21. Frecuencia mensual de la condición gonádica de bacalao de profundidad, por sexo, año y mes. Zona Norte, 1997 y 1999.
- Tabla 22. Frecuencia mensual de la condición gonádica de bacalao de profundidad, por sexo, año y mes. Zona Sur, 1996 y 1997.
- Tabla 23. Porcentaje de hembras maduras de bacalao de profundidad que presentaron atresia folicular, por mes. Zona Norte 1998.



Tabla 24. Porcentaje de hembras maduras de bacalao de profundidad que presentarán atresia folicular, por mes. Zona Sur 1998.

Tabla 25. Estimaciones de la fecundidad potencial y fecundidad relativa de bacalao de profundidad, por zona. 1998





## INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1 Distribución de frecuencia de longitudes de las muestras de bacalao de profundidad analizadas histológicamente, por Zona. 1998
- Fig. 2 Distribución de frecuencia de longitudes de las capturas de bacalao de profundidad de la flota de San Antonio y Lebu-Valdivia. 1998.
- Fig. 3 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte. 1998. (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 4 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur. 1998. (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 5 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Norte, por mes y sexo. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 6 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Sur, por mes y sexo. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 7 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Norte, por mes, sexo, según madurez. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 8 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Sur, por mes, sexo, según madurez. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 9 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Norte, por mes, sexo, según longitud. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).



- Fig. 10 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Sur, por mes, sexo, según longitud. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 11 Índice gonadosomático de bacalao de profundidad según estadio de madurez sexual microscópica, por sexo y zona, 1998. (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 12 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Sur-austral de Chile ( $47^{\circ}$  -  $57^{\circ}$  L.S.), por mes y subzona. Septiembre 1991 – junio 1992 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 13 Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en las latitudes  $47^{\circ}$  -  $57^{\circ}$  S., por mes, sexo y subzona. Septiembre 1991 – junio 1992 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).
- Fig. 14 Proporción sexual de las capturas de bacalao de profundidad en la zona Norte y Sur. 1998.
- Fig. 15 Relación longitud total versus peso eviscerado de bacalao de profundidad, por Zona y sexo. 1998.
- Fig. 16 Relación longitud total versus peso de gónada de bacalao de profundidad, por Zona y sexo. 1998.
- Fig. 17 Hembra en estadio 1: porciones de lamelas ovígeras, conteniendo ovocitos no vitelinos de diferentes tamaños. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).
- Fig. 18 Ovocito no vitelino envuelto por numerosas células foliculares planas. Se destaca el núcleo en posición central, con sus numerosos nucleolos en la periferia nucleolar. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).
- Fig. 19 Hembra en estadio 2: en las lamelas ovígeras se distinguen numerosos ovocitos no vitelinos y en menor cantidad ovocitos en vitelogénesis endógena. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).



- Fig. 20 Porción de un ovocito en vitelogénesis endógena, externamente se distingue la capa granulosa formada por células cúbicas planas y bajo ellas una delgada zona pelúcida. En el interior del citoplasma hay gran cantidad de vacuolas. El núcleo es eosinófilo y presenta numerosos nucleolos periféricos. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).
- Fig. 21 Hembra en estadio 3a: en la lamela ovígera hay ovocitos no vitelinos y ovocitos en vitelogénesis exógena inicial. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).
- Fig. 22 Porción de dos ovocitos en fase de vitelogénesis oxógena inicial. En la periferia del citoplasma hay gran cantidad de gránulos de vitelo y bajo ellos vacuolas cromofobas. El ovocito está delimitado por la membrana pelúcida y las células foliculares lo limitan externamente. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).
- Fig. 23 Hembra en estadio 3b: el ovario tiene ovocitos en vitelogénesis parcial, coexistiendo con ovocitos no vitelados. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).
- Fig. 24 Parte de un ovocito en vitelogénesis parcial. El ovocito contiene plaquetas de vitelo, localizadas hacia el 2/3 del citoplasma. Las células foliculares que constituyen la granulosa forman un epitelio cúbico. La zona pelúcida tiene un grosor similar al epitelio. Sobre el epitelio folicular se observa una delgada capa de células que constituyen la teca. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).
- Fig. 25 Hembra en estadio 3c: El ovario contiene ovocitos en vitelogénesis total y numerosos ovocitos no vitelados. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).
- Fig. 26 Porción de ovocito en vitelogénesis total, caracterizado por una gran cantidad de plaquetas de vitelo que ocupan casi todo el espacio citoplasmático. Externamente se distingue, la teca y bajo ella la capa granulosa. La zona pelúcida es amplia, tiñéndose moderadamente con la eosina. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).
- Fig. 27 Hembra en estadio 4. En el ovario los ovocitos han alcanzado el estado de hidratación y grandes glóbulos de vitelo se observan en todo el citoplasma. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).



- Fig. 28 Ovocito en hidratación. El citoplasma contiene numerosos glóbulos de vitelo, hasta las inmediaciones del área nuclear. En el núcleo los nucleolos muestran una tinción basófilica. Sobre la zona pelúcida se encuentra la capa granulosa y más externamente la teca. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).
- Fig. 29 Hembra en estadio 2, con atresia. La lamela ovígera contiene ovocitos en vitelogénesis endógena y otros en diferentes fases de regresión folicular. Además ovocitos no vitelinos se encuentran entre los anteriores. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).
- Fig. 30 Hembra en estadio 3b, con atresia. Ovocitos en vitelogénesis parcial están en grado variable de atresia y otros aparecen con morfología normal. Los ovocitos no vitelados no muestran alteraciones. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).
- Fig. 31 Macho en estadio 1. Se diferencian dos zonas: La corteza, donde los túbulos seminíferos están próximos y separados por poco tejido conectivo y una zona medular en la cual escasas porciones de túbulos seminíferos están separadas por gran cantidad de tejido conectivo. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).
- Fig. 32 Macho en estadio 1. Los túbulos seminíferos se encuentran separados por tejido conectivo intersticial. El túbulo presenta espermatogonias claras (G.C.) y oscuras (G.O.). Células cysticas (C.C.) envuelven a las espermatogonias. Objetivo 100 x (1cm = 10,5  $\mu$ m).
- Fig. 33 Macho en estadio 2: porción de testículo intermedia, entre la corteza y médula. Los túbulos seminíferos se hayan separados por un delgado tabique de tejido conectivo intersticial y presentan un epitelio formado por gran cantidad de células germinales. Objetivo 10 x (1cm = 96  $\mu$ m).
- Fig. 34 Macho en estadio 2: El túbulo seminífero contiene células germinales agrupadas en numerosos cystos de espermatogonias claras (G.C.), espermatocitos primarios (citos I) y espermatocitos secundarios (citos II) Entre los túbulos seminíferos se localiza el tejido conectivo intersticial. Objetivo 100 x (1cm = 10,5  $\mu$ m).



- Fig. 35 Frecuencias de ocurrencia de cada uno de los estados de madurez sexual (EM: Machos; EH: Hembras) de bacalao de profundidad, por sexo y mes. Zona Norte, 1998.
- Fig. 36 Frecuencia de ocurrencia de cada uno de los estados de madurez sexual (EM: Machos; EH: Hembras) de bacalao de profundidad, por sexo y mes. Zona Sur, 1998.
- Fig. 37 Curva de madurez sexual microscópica de bacalao de profundidad, hembras, zona Norte.
- Fig. 38 Fecundidad potencial de bacalao de profundidad, por zona. 1998-1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones)
- Fig. 39 Relación longitud total versus la fecundidad potencial de bacalao de profundidad, por Zona. 1998.
- Fig. 40 Relación peso eviscerado versus fecundidad potencial de bacalao de profundidad, por Zona. 1998.
- Fig. 41 Relación peso de gónada versus fecundidad potencial de bacalao de profundidad, por Zona. 1998.





## 1. INTRODUCCION

La pesquería del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898) que se desarrolla al norte del paralelo 47°00' L.S., se caracteriza por ser eminentemente artesanal, acorde con la legislación vigente que restringe a 18 metros el tamaño máximo de eslora de las embarcaciones que pueden operar en esta pesquería. La actividad se localiza entre la I y X Región, concentrándose en 1997 principalmente en la VIII y X Región, con una contribución del 56 por ciento del desembarque de esta unidad de pesquerías. En el resto de las regiones, la participación fluctuó entre un 1 y 6 por ciento en la I y VI Región, respectivamente.

El desarrollo de esta pesquería tuvo un crecimiento explosivo durante la década de los 80, pasando de un desembarque de 38 toneladas en 1978 a casi 7.000 toneladas en 1986. Este desarrollo estuvo propiciado por la creciente demanda en el mercado externo de productos congelados, lo que facilitó la formación de pequeñas y medianas empresas abastecidas por pescadores artesanales. Además, este auge se vio favorecido por el apoyo financiero entregado al subsector artesanal a través de créditos del BID (Young *et al.*, 1986; Salas *et al.*, 1987). Conforme aumentaba la importancia de esta pesquería y disminuían los rendimientos en los caladeros tradicionales (zona central), la actividad se fue expandiendo hacia el norte y sur del país, llegando a cubrir la totalidad del territorio nacional.

No obstante la importancia económica del bacalao como recurso pesquero, existe un escaso conocimiento sobre la biología de esta especie, particularmente al norte del paralelo 47° LS. En la actualidad, no hay



antecedentes reproductivos para esta zona, que permitan identificar el período y área de desove, talla de primera madurez sexual, fecundidad, entre otros. Los antecedentes que existen se remiten a estudios realizados principalmente en la región antártica, Islas Georgias del Sur, Islas Kerguelen, zona sur austral de Chile y en el sector Atlántico.

La reproducción de esta especie es similar a la de los nototénidos antárticos, presentando una prolongada y sincrónica gametogénesis que resulta en un desove anual. El ciclo reproductivo del bacalao de profundidad está caracterizado por un período de desove marcado en la época de invierno. Durante este período, las hembras maduras emergen a profundidades menores (400 a 500 m), razón por la cual a veces resulta difícil encontrarlas en faenas de pesca normales (Duhamel, 1981; Chicov & Mel'nikov, 1990; Kock y Kellerman, 1991, Young *et al*, 1992; Collado, 1994; Prenski & Almeyda, 1997).

Esta especie presenta una baja fecundidad relativa a su peso corporal (10 a 24 huevos por gramo de peso), lo que denota otra característica de este grupo de peces. Los ovocitos en estadios muy avanzados son de gran tamaño (4,3 a 4,7 mm de diámetro), ricos en vitelo, pero bajo en número en cada evento reproductivo ( Duhamel, 1981; Chikov & Melínikov, 1990; Collado, 1994).

Teniendo en consideración la longevidad de esta especie y la baja fecundidad que presenta, resulta oportuno la realización de un estudio reproductivo en la zona norte y centro-sur del país, cuyos resultados permitirán generar los antecedentes necesarios para el entendimiento de la dinámica reproductiva del bacalao de profundidad y para que la autoridad pueda establecer medidas



tendientes a proteger el proceso de desove en las áreas y períodos que correspondan, si las circunstancias así lo ameritan.

En este contexto en el presente estudio se recopilaron muestras de gónadas de bacalao de profundidad durante el año pesquero 1998, con el propósito de caracterizar el ciclo reproductivo de esta especie en la zona al norte de la latitud 47° S.





## 2. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el ciclo reproductivo del recurso bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898).

### 2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el o los períodos de desove del recurso bacalao de profundidad considerando dos subzonas que comprendan de la I a IV Región y de la V a X Región.
- Estimar la talla de primera madurez sexual y fecundidad del recurso bacalao de profundidad considerando dos subzonas que comprendan de la I a IV Región y de la V a X Región.





### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 *Area de estudio***

El área de estudio abarcó la zona de la unidad de pesquería norte de bacalao de profundidad, que durante 1998 se desarrolló entre la II y IX Región del país. Para efectos de análisis esta área fue dividida en dos macro zonas: Norte (II – IV Región) y Sur (V – IX Región).

En la Zona Norte se cubrieron cuatro centros de operación de la flota, Tocopilla, Mejillones, Caldera y Coquimbo, y en la Zona Sur los puertos de San Antonio, Lebu y Valdivia

#### **3.2 *Muestra***

Para abordar el estudio reproductivo de bacalao de profundidad, se recopilaron gónadas de ejemplares capturados con espinel en el período enero a diciembre de 1998, entre los paralelos 21°30' y 40° L.S., área que cubrió la flota comercial de los siete centros de muestreos. Las muestras fueron obtenidas a bordo de las embarcaciones, mediante dos procedimientos. El primero y el que se privilegió, consistió en embarcar muestreadores, quienes se encargaban de fijar las gónadas, identificar el sexo, estadio de madurez de acuerdo a la escala de madurez que se entrega en la Tabla 1, medir la longitud total y el peso eviscerado de los ejemplares; en tanto, el segundo procedimiento consistió en capacitar personas que laboran a bordo de las embarcaciones, a quienes se les encomendó la tarea de fijar la gónada, etiquetarla y marcar el pescado, y a los ejemplares marcados una vez en tierra



se les midió la longitud total y el peso eviscerado. Las muestras en su gran mayoría tuvieron un carácter censal a nivel de viaje, dado lo reducido del número de ejemplares que se capturaba, principalmente en la Zona Norte.

En total se recopilaron muestras de 4.776 ejemplares, de los cuales 2.335 correspondieron a la Zona Norte (Tocopilla - Coquimbo) y 2.441 a la Zona Sur (San Antonio – Valdivia). De estas muestras, se analizaron histológicamente 4.043 ejemplares, 2.125 en la Zona Norte y 1.918 en la Zona Sur, para 1998. En la Tabla 2 se sintetiza el número de ejemplares analizados por centro de muestreo y mes. La amplitud de tamaños fluctuó entre 40 y 186 centímetros de longitud total, con una talla promedio de 110 y 87 centímetros en la Zona Norte y Sur, respectivamente (Tabla 3).

Además, se analizó una muestra de 25 ejemplares obtenida entre julio y septiembre de 1997 en la Zona Norte, 225 ejemplares recopilados en la Zona Sur entre diciembre de 1996 y marzo de 1997 y 135 ejemplares, correspondientes a enero de 1999 y que fueron obtenidos en la Zona Norte del área de estudio.

### **3.3 *Determinar el o los períodos de desove del recurso bacalao de profundidad considerando dos subzonas que comprenden desde la I a IV Región y de la V a X Región***

Para determinar el período de desove se analizó el ciclo de madurez gonádica de las hembras y de los machos, tomando en consideración el comportamiento que presentó el índice gonadosomático y el examen microscópico de los estadios de madurez.



## Indice Gonadosomático

El índice gonadosomático fue calculado para mostrar las diferencias en el desarrollo de la gónada, con respecto al peso del cuerpo:

$$IGS = \frac{\text{Peso gonadal}}{\text{Peso eviscerado}} \cdot 100$$

La mediana mensual del IGS, de los machos y de las hembras, fue graficado para observar el patrón reproductivo estacional. Este índice también fue representado en forma separada para la fracción de ejemplares maduros e inmaduros. Los ejemplares fueron considerados sexualmente maduros, si los ovocitos presentaban vitelo y en el caso de los machos, si presentaban formación de espermatozoide (espermiogénesis).

Diferencias significativas entre los valores medios del IGS de los distintos meses y zonas fueron testeados a través de análisis de varianza (ANOVA,  $\alpha = 0,05$ ).

## Análisis microscópico

Para el análisis microscópico se analizaron las gónadas que fueron recopiladas a bordo, las que fueron fijadas en formalina al 10% buferada. Se aseguró la preservación de las muestras, transportándola a una nueva solución en el laboratorio, en recipientes individuales. La solución se preparó según Santander *et al.* (1984), Hunter (1985) y Oliva *et al.* (1989).

En el laboratorio las gónadas se pesaron en una balanza con una precisión de 0,01 gramos. Las gónadas se deshidrataron e incluyeron en paraplast y se



efectuaron cortes histológicos de 5 micrones de espesor, los que fueron teñidos con hematoxilina y contrastados con eosina. Finalmente, se montaron con entellan o permount en portaobjetos y se efectuó la lectura y análisis.

Los estadios de madurez histológica se determinaron de acuerdo a la descripción de las gónadas en sus diferentes fases de madurez propuesta por Oliva *et al.* (1982) y ajustada a través del diagnóstico histológico del parenquima gonadal, desarrollado en la presente investigación. La presencia de ovarios con ovocitos atrésicos fue registrada, pero no se cuantificó esta condición dentro de cada ovario

La frecuencia de ocurrencia de cada uno de los estadios de madurez sexual fueron representados mensualmente por sexo para cada zona, con el propósito de observar las variaciones de la condición reproductiva durante el año.

Además, se analizó la proporción sexual por zona y mes, y fueron comparadas usando el test estadístico chi cuadrado.

### **3.4. Estimar la talla de primera madurez sexual y fecundidad del recurso bacalao de profundidad, considerando dos subzonas que comprendan desde la I a IV Regiones y desde la V a la X Regiones**

#### **Talla de primera madurez sexual**

Para la estimación de la talla de primera madurez sexual se realizó un análisis histológico de las gónadas, que permitió la diferenciación de los estadios sexuales inmaduros de los maduros, los que fueron utilizados como criterio para discernir, entre gónada con actividad reproductiva y gónada inactiva (Oliva, *et al.* 1982; Maridueña, 1984). Lo anterior implicó que aunque existiera



un sólo ovocito con vitelo se consideraba como un ovario en actividad gonadal y en el caso de los machos cuando se evidenciara la transformación de las espermatidas en espermatozoide, para los efectos del cálculo de la talla de primera madurez sexual (criterio estructural). En consecuencia los estadios microscópicos 1 y 2, tanto en machos como en hembras, correspondieron a ejemplares inmaduros y de los estadios 3 en adelante fueron clasificados como maduros.

En este punto es importante señalar, que en el área de estudio no se observó un período de desove, y en consecuencia no se encontraron ejemplares en plena madurez, lo que dificultó la estimación de la talla de primera madurez. Esta se estimó con información de aquellos meses en que se observó una mayor proporción de gónadas maduras.

Se aplicó el criterio del 50% de acuerdo a Hernández y Cordo (1986), a nivel microscópico, para determinar la clase de talla a la cual el 50% de los ejemplares estaban maduros. Una vez obtenida la frecuencia de madurez por clase de talla se ajustó una función logística.

### Modelo Logístico

$$P_{LT} = \frac{1}{1 + \exp^{(-a-b \cdot L_t)}}$$

$P_{L_t}$  = Proporción de ejemplares maduros a la longitud  $L_t$

$a, b$  = Parámetro del modelo

$L_t$  = Longitud total



Los parámetros del modelo fueron estimados por un procedimiento iterativo, empleando el módulo de regresión no lineal del programa SPSS (7.5.2 para W).

### **Estimación de la fecundidad**

La fecundidad se define como el número de ovocitos maduros producidos por una hembra antes del desove; por lo tanto, para la realización de un estudio de esta naturaleza se requiere contar con ovarios que presenten un estado de desarrollo lo más avanzado, previo al desove, que permita diferenciar claramente la fracción de ovocitos que van a ser desovados en la presente temporada de aquellos que madurarán en el año siguiente.

En este estudio prácticamente no se observaron ovarios maduros; sin embargo, se estimó una fecundidad sobre la base de un examen histológico de 69 ejemplares que presentaron ovarios con vitelogénesis, cuyas distribuciones de frecuencia del tamaño de los ovocitos permitieron identificar al grupo modal más avanzado.

Para la estimación de la fecundidad se utilizó el método gravimétrico, basado en el recuento de ovocitos de la moda más avanzada.

Las secciones de tejido se preservaron en solución de Gilson y se pesaron con una precisión de 0,0001 g. Los ovocitos una vez disgregados del estroma, se separaron por clase de tamaño a través de una batería de tamices, con un rango de 200 a 850  $\mu\text{m}$  a intervalos de 50  $\mu\text{m}$ . El sistema de tamices se dispuso sobre un agitador con velocidad variable y en su base una bomba de succión que elimina el agua con que se va lavando para facilitar el paso de los ovocitos.



El número de ovocitos retenidos en cada malla, se contó bajo lupa, identificando los diferentes grupos de tamaño, mediante el análisis de progresión modal de Bhattacharya (1967), disponible en el paquete computacional Fisat.

La fecundidad potencial se estimó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F = \left( \frac{H_s}{W_s} \right) \cdot W$$

F = Fecundidad

$H_s$  = Número de ovocitos en la submuestra

$W_s$  = Peso de la submuestra

W = Peso del ovario

Se emplearon funciones de regresiones para examinar la relación entre la fecundidad y la longitud y el peso eviscerado del ejemplar. Se utilizaron los datos sin transformar y con transformación logarítmica, de manera de encontrar el mejor ajuste entre las variables.

Diferencias significativas entre los valores medios de la fecundidad de las distintas zonas fueron testeados a través de análisis de varianza (ANOVA,  $\alpha = 0,05$ ).

### Corrección por fijación

Al fijar las gónadas de los especímenes en formalina se provoca una variación en el peso, por lo cual se recomienda realizar la corrección de esta variable por efecto de la fijación.



Para estimar el factor de corrección por fijación, se efectuó una experiencia con 38 ejemplares, a los que se les registró el peso de la gónada en fresco, luego se fijó la gónada en formalina al 10% neutralizada con fosfato de sodio y posteriormente, se realizó un seguimiento diario del peso de la gónada fijada, durante 32 días.

Dada la dificultad de encontrar ejemplares maduros y muestras frescas, no fue posible obtener gónadas grandes; por lo tanto, la muestra estuvo constituida por gónadas que pesaron entre 8 y 179 gramos.



## 4 RESULTADOS

### 4.1 Muestras

En general la pesquería de bacalao de profundidad que se desarrolla al norte del paralelo 47° L.S. presenta un carácter estacional, concentrándose la actividad en el segundo semestre (Young *et al.*, 1986, 1997; Moreno & Rubilar, 1993). Este patrón se mantuvo durante 1998, observándose una baja generalizada de la actividad en el primer semestre entre la I y X Región del país, que se vio afectada además por una disminución del poder comprador, lo que se reflejó en el bajo número de muestras recopiladas en dicho período, principalmente en la Zona Norte del área de estudio (Tabla 2).

La amplitud de tamaño de la muestra analizada fluctuó entre los 40 y 186 centímetros de longitud total, presentando un mayor rango en la Zona Norte (Tabla 3). Las distribuciones de tamaños mostraron diferencias que fueron estadísticamente significativas ( $\chi^2=1104$ ;  $p = 0,000$ ) (Fig. 1). En la Zona Norte los ejemplares muestreados fueron de mayor tamaño, sobre el 50% correspondieron a ejemplares que estaban sobre los 100 cm; en tanto, en la Zona Sur este porcentaje alcanzó al 25%. En esta última zona se observaron dos modas importantes en la muestra analizada, una que está entre los 65-69 cm. y una segunda moda en los 95-99 cm, la primera asociada a los muestreos provenientes de Lebu-Valdivia y la segunda al puerto de San Antonio. Esta situación responde a la estratificación por tamaño que presenta este recurso con la profundidad (Young *et al.*, 1992, 1995; Salas *et al.*, 1987 ; Prenski *et al.*, 1994; Cassia & Perrotta, 1996). De hecho la flota de Lebu-Valdivia centró su actividad a profundidades menores de 1.000



metros, a diferencia de San Antonio, donde la flota capturó sobre los 1.000 metros. En la figura 2 están representadas las distribuciones de talla de las capturas por puerto de la Zona Sur, obtenida durante el monitoreo de la pesquería de bacalao en 1998, que confirma lo indicado anteriormente. La distribución de talla de la muestra de la Zona Norte se podría considerar representativa de la captura de esta zona, puesto que se muestrearon parte importante de los viajes realizados en 1998.

En la Tabla 3 se presentan los indicadores estadísticos globales de la longitud total de la muestra procesada, por zona y sexo. En general se observó una mayor presencia de hembras, en ambas zonas éstas representaron el 71% de la muestra observada en histología. Además, en las Tablas 4 y 5 se detalla por mes los indicadores estadísticos por zona de las variables talla, peso eviscerado, peso de gónada e índice gonadosomático.

#### **4.2 Índice gonadosomático**

En la Figura 3 a 10 se puede observar la distribución y la dispersión que presentó el índice gonadosomático mensualmente, separado por zona, sexo, estadio madurez y tamaño, identificando los valores outliers (círculos blancos). Para efectos de representación algunos datos muy escapados se eliminaron, para poder visualizar la tendencia de la variable. En estas figuras se despliega la mediana y los cuartiles (la caja corresponde al rango de IGS donde se concentra el 50 % de las observaciones).

En la Zona Norte el IGS fluctuó entre 0,01 y 4,89, con un promedio y mediana en torno a 0,3. En general, este índice se presenta en niveles bajos y bastante



estabilizado en la serie analizada, exceptuando el mes de enero donde se estimó un índice un poco mayor, pero hay que tener en consideración que corresponde a una muestra de sólo 8 ejemplares (Tabla 4, Fig. 3).

En la Zona Sur, el IGS se mantiene en niveles bajos, con una amplitud que varió entre 0,02 y 3,31, un valor promedio de 0,36 y una mediana alrededor de 0,29. En esta área el índice fue más heterogéneo; sin embargo, no se observaron fluctuaciones marcadas como se ha reportado en otras áreas. Las estimaciones más altas del IGS correspondieron de marzo (Tabla 5; Fig. 4).

El análisis del IGS por sexo, en la Zona Norte mantiene la estabilidad descrita en torno a la mediana, tanto en machos como en hembras en el período abril-diciembre, con un índice mayor en enero en el caso de las hembras, mes que tuvo una baja representación de datos. Destaca el bajo valor del índice de los machos, en comparación con las hembras (Fig. 5). En la zona Sur, el IGS en ambos sexos presenta una mayor dispersión, principalmente en machos en los primeros cinco meses, con un índice mayor en marzo. En hembras, no se observa mayores fluctuaciones y los índices más altos se estimaron en junio (Fig. 6).

El análisis de este índice de acuerdo a la madurez, en la Zona Norte muestra por una parte que en los machos prácticamente no se observaron ejemplares maduros y por otra parte, que las hembras calificadas como maduras presentaron un índice más alto, pero tampoco se observaron variaciones importantes que permitan identificar meses de una mayor actividad gonádica, que pudiera asociarse con un período de desove (Fig. 7). En la Zona Sur, en



machos se encontraron ejemplares maduros en marzo-abril y presentaron IGS más altos que el resto de la muestra; en tanto, en las hembras se calificaron como maduros ejemplares capturados en el período enero-marzo y diciembre, destacando este último mes con índices promedios más altos (Fig. 8). Finalmente, en las figuras 9 y 10 se grafica el IGS discriminando entre ejemplares mayores o iguales a 90 cm., valor promedio referencial en torno al cual se encontraría la talla de primera madurez reportada en la literatura, donde se observa que no hay un mayor aporte respecto al comportamiento del índice descrito en las representaciones anteriores.

En la figura 11 se muestra el comportamiento del IGS según los estadios de madurez microscópico, por sexo y zona. Se observa una progresión del índice a medida que aumenta el estado de desarrollo de la gónada; sin embargo, en los estadios más avanzados el IGS es bajo comparativamente con lo observado en otras latitudes.

Con el propósito de establecer comparaciones entre los resultados obtenidos en el presente estudio y lo observado en la zona sur austral, se procesaron los datos de esta última zona, correspondiente al período septiembre-junio de 1991-92. En las figuras 12 y 13 se presenta la variación del IGS por zona y mes, índice que muestra un comportamiento diferente a lo observado en la zona de estudio, con valores más altos en septiembre y en mayo-junio, con una tendencia creciente en los dos últimos meses, lo que podría proyectar un mayor aumento del índice en julio-agosto, período donde se ha reportado el desove de esta especie. En la zona sur-austral, en septiembre se observaron algunas gónadas maduras con pesos entre los 3 y 6 kilos e IGS entre 10 y 20, los cuales quedaron fuera del rango



representado en las figuras. Comparativamente, las estimaciones del IGS y del peso de gónadas obtenidas en el presente estudio, al norte del paralelo 47°, se ubicaron dentro del rango de valores estimados en la zona sur austral entre noviembre y marzo, período que podría denominarse de reposo reproductivo.

Por otra parte, es importante destacar de estas figuras que los mayores índices se obtuvieron entre los paralelos 53°-57° L.S., disminuyendo hacia el norte. En efecto, entre las latitudes 47° y 50° S., esta variable no presentó fluctuaciones tan marcadas, asimilándose más al comportamiento obtenido en el presente estudio que a lo observado en la zona más austral.

#### **4.3 Proporción Sexual**

La proporción sexual en general presentó un claro predominio de las hembras, en una relación anual de 2,4:1. La superioridad numérica de las hembras se observó sistemáticamente en toda el área y el período de estudio. La proporción sexual fue significativamente diferente de la relación 1:1, en ambas zonas ( $\chi^2 = 368$ ,  $p=0,000$ ;  $\chi^2 = 370$ ,  $p = 0,000$ ).

En la Zona Norte, en todos los meses se observó un mayor número de hembras en las capturas. La proporción presentó una cierta estabilidad en el período mayo-diciembre; en tanto, en enero y abril casi la totalidad de la muestra analizada correspondió a hembras. En la Zona Sur, nuevamente se registró una mayor presencia de hembras, pero la proporción sexual presentó mayores fluctuaciones mensuales que las observadas en la Zona Norte, alcanzando una relación cercana a 1:1 solamente en marzo (Fig. 14).



#### 4.4 Relación longitud peso

En la figura 15 se representa la relación entre la longitud total (cm.) y el peso eviscerado (g.), por zona y sexo. El análisis de regresión entre estas variables y la estimación de parámetros se entregan en las tablas 6 y 7. Las relaciones quedaron representadas por las siguientes ecuaciones:

##### Zona Norte

Machos  $PE = 0,007961 \cdot LT^{3,040915}$  ;  $r^2 = 0,898$   $n = 504$

Hembras  $PE = 0,005554 \cdot LT^{3,119953}$  ;  $r^2 = 0,928$   $n = 1055$

##### Zona Sur

Machos  $PE = 0,012730 \cdot LT^{2,920337}$  ;  $r^2 = 0,933$   $n = 342$

Hembras  $PE = 0,004761 \cdot LT^{3,133363}$  ;  $r^2 = 0,933$   $n = 760$

En la figura 16 está representada la relación entre la longitud total y el peso de la gónada. En ambas zonas se observa que los ovarios son de mayor peso que los testículos, para una misma longitud del pez, en el rango de desarrollo gonadal observado en este estudio, ya que en estadios de madurez avanzada pueden presentar gónadas de similar tamaño.



#### **4.5 Desarrollo de la gónada**

De acuerdo a la revisión microscópica de los ovarios del bacalao de profundidad, esta especie correspondería a un desovador sincrónico (conocido también como desovadores totales o isocronales) en grupos, es decir, con la presencia de dos grupos de ovocitos de diferente tamaño, donde los ovocitos de mayor diámetro constituyen el grupo que se liberaría en el presente desove y los de menor tamaño se liberarían en el siguiente evento reproductivo.

##### **4.5.1 Desarrollo del ovario**

En términos generales el ovario de bacalao de profundidad presentó una amplitud de tamaño y peso que fluctúa de 5 a 18 centímetros y de 1 a 1.400 gramos, respectivamente. Estas características dependen del estado funcional del ovario, el cual puede ser endocrino y gametogénico. Esta última función se evaluó microscópicamente, a través de técnicas histológicas, mediante el análisis del desarrollo del folículo, unidad que comprende al ovocito y células foliculares que lo envuelven.

El desarrollo de los ovocitos en el ovario es un proceso continuo desde aquellos ejemplares que durante el reposo reproductivo presentan ovocitos inmaduros, sin depositación de vitelo pasando posteriormente por aquellos con presencia de vitelo hasta el proceso de hidratación, el cual se produce en la época y momento, en que las condiciones tanto biológicas como ambientales son adecuadas para la evacuación del ovocito y su posterior fertilización, pero fundamentalmente para el desarrollo embrionario, alimentación y crecimiento de las larvas.



## **Desarrollo del ovocito**

Una breve descripción secuencial del desarrollo del ovocito comprende las siguientes fases:

### **Crecimiento primario**

En esta fase los ovocitos fueron de tamaño muy variable, con un rango de 13 a 300  $\mu\text{m}$ . Se caracterizan por presentar una relación núcleo-citoplasma entre 0,6 y 0,7. En los ovocitos más pequeños (13  $\mu\text{m}$ ) el citoplasma se presenta homogéneo y con una intensa basofilia, la cual disminuyó, en la medida que los ovocitos fueron creciendo. Durante esta fase de crecimiento no se registró depósito de vitelo, ya sea endógeno o exógeno. La zona pelúcida comienza su desarrollo y se presentó como una delgada capa en los ovocitos que alcanzaron un tamaño superior a 250  $\mu\text{m}$ . Los ovocitos pequeños tienen una capa folicular levemente visible, formada por tres a cinco células foliculares planas, mientras que en los más grandes, las células foliculares comenzaron a proliferar y a crecer, originando un epitelio folicular cúbico-plano. El núcleo es central y presentó numerosos nucleolos en la periferia, con una débil acidofilia, lo que es un indicador de una baja síntesis de proteína (Fig. 17 y 18).

### **Formación de vesícula de vitelo**

Estos ovocitos generalmente fueron esféricos y midieron  $258 \pm 60 \mu\text{m}$  de diámetro. La capa granulosa estuvo formada por células cúbicas bajas que midieron 5  $\mu\text{m}$  de espesor. Entre las células foliculares y el ovocito, es notorio el desarrollo de la zona pelúcida, alcanzando un grosor de 5-6  $\mu\text{m}$ . Presentan



un núcleo de tipo vesiculoso en posición central, con un diámetro de  $99,5 \pm 33 \mu\text{m}$  y numerosos nucleolos acidófilos en la periferia del núcleo.

El citoplasma, antes de formar vacuolas, presentó vacuolas cromófobas que midieron 20-30  $\mu\text{m}$ , distribuidos en una o varias capas. Estas vacuolas corresponden a la actividad de síntesis de vitelo endógena del ovocito y se corresponden con una alta síntesis de proteínas, asociada a la intensa acidofilia nucleolar (Fig. 19 y 20).

### **Vitelogénesis exógena**

Se caracteriza por la transferencia de vitelogenina desde el hígado, vía sanguínea, hacia el ovario, depositándose en forma de vitelo en el citoplasma de los ovocitos. En una primera etapa, el vitelo se deposita en forma de gránulos en la zona adyacente a la capa pelúcida y posteriormente se van fusionando, formándose glóbulos de vitelo que ocupan todo el citoplasma.

Paralelamente al depósito de vitelo, el ovocito presenta un rápido crecimiento, llegando a medir hasta 700  $\mu\text{m}$  de diámetro. La capa granulosa alcanzó un grosor máximo de 17  $\mu\text{m}$  y la pelúcida de 22  $\mu\text{m}$ . El núcleo es esférico y permaneció en una posición central alcanzando un diámetro de 300  $\mu\text{m}$ . Numerosos nucléolos perinucleolares teñidos con colorante ácido indican una intensa actividad de síntesis de proteínas en estos ovocitos (Fig. 21 a 26).

### **Maduración**

En esta etapa el ovocito alcanzó su máximo desarrollo. La síntesis de vitelo ha cesado y los glóbulos de vitelo comienzan a fusionarse, por la incorporación



de líquido al citoplasma (hidratación), tomando éste un aspecto hialino. La meiosis se reinicia y el núcleo comienza a emigrar hacia la periferia, desorganizándose al llegar al polo animal. Al término de la primera meiosis, se produce la desorganización de las envolturas del ovocito (tecas y granulosa), produciéndose la liberación del ovocito II (ovulación) y formación del folículo postovulatorio (Fig. 27 y 28).

### **Folículos atrésicos**

Estos corresponden a ovocitos que en algún momento interrumpen la depositación de vitelo, deteniendo su desarrollo, sin llegar a madurar. La zona pelúcida se disgrega, las células foliculares se hipertrofian y adquieren capacidad fagocítica, reabsorbiendo completamente el citoplasma y núcleo del ovocito (Fig. 29 y 30).

#### **4.5.2 Escala de Madurez**

De acuerdo al estudio microscópico de las gónadas observadas en el presente estudio, se elaboró una escala de madurez sexual aplicable al bacalao de profundidad, la cual se describe a continuación:

### **HEMBRAS**

#### **Estadio 1: virginal o reincidente (Inmaduro)**

El ovario tiene solamente ovocitos no vitelados. También en esta categoría se ubican a los organismos adultos (aquellos que han desovado a lo menos una vez), estadio que se puede denominar reposo. Los ovocitos tienen diámetro muy variable y arbitrariamente se pueden agrupar en las siguientes categorías:



**Pequeños:** Miden entre 13 y 100  $\mu\text{m}$  y el núcleo entre 8 y 60  $\mu\text{m}$ , en concordancia al tamaño del ovocito. El citoplasma se presenta homogéneo y tiene una intensa basofilia. El núcleo se encuentra en posición central y presenta numerosos nucleolos ubicados en los márgenes del área nuclear. Externamente el ovocito está rodeado por una capa de células foliculares planas.

**Medianos:** Miden entre 100 y 200  $\mu\text{m}$  y el núcleo desde 43 y 90  $\mu\text{m}$ . El citoplasma tiene menor basofilia que los ovocitos pequeños y presenta un aspecto finamente granular.

**Grandes:** Varían entre 200 y 300  $\mu\text{m}$  y el núcleo entre 100 y 120  $\mu\text{m}$ . El citoplasma fibrilar tiene una basofilia de menor intensidad que los anteriores y el núcleo presenta hasta 40 nucleolos que se tiñen moderadamente con la eosina. Una capa de células foliculares cúbicas bajas, rodea completamente al ovocito y bajo esta granulosa se observa la presencia de una delgada zona pelúcida.

## **Estadio 2: Previtelino (inmaduros)**

En el ovario se encuentran además de los ovocitos no vitelados los ovocitos vacuolados. Estos ovocitos generalmente son esféricos y miden  $258 \pm 60 \mu\text{m}$  de diámetro. Presentan un núcleo de tipo vesiculoso en posición central y de diámetro de  $99,5 \pm 33 \mu\text{m}$ , con numerosos nucleolos acidófilos en la periferia del núcleo. El citoplasma presenta vacuolas cromóforas que miden 20-30  $\mu\text{m}$ , distribuidas en una o varias corridas en la corteza o hasta las porciones profundas del citoplasma. La capa granulosa de células cúbicas bajas (5  $\mu\text{m}$



de espesor) que rodea al ovocito se encuentra sobre la zona pelúcida de 5-6  $\mu\text{m}$  de espesor.

### **Estadio 3: Vitelino (en maduración)**

Según el aspecto, distribución, tamaño y coloración se establecen las siguientes subcategorías:

- **3A. Vitelino inicial.** Presentan ovocitos en estado de vitelogénesis inicial. Estos ovocitos se caracterizan por tener gránulos de vitelo, con leve afinidad por la hematoxilina, se encuentran, entre las vacuolas, distribuidos en el primer tercio superior del citoplasma del ovocito. La capa granulosa está formada por células generalmente cúbicas y tiene un espesor de 10 a 11  $\mu\text{m}$ . La zona pelúcida es notoria y tiene un grosor muy similar al de la granulosa. El diámetro de los ovocitos vitelados iniciales es de  $474 \pm 50$  y el del núcleo  $191 \pm 15$   $\mu\text{m}$ . Además en el ovario hay ovocitos no vitelados.
- **3B. Vitelina parcial.** El ovocito mide  $520 \pm 30$   $\mu\text{m}$  de diámetro y el núcleo, de forma esférica y posición central,  $260 \pm 39$   $\mu\text{m}$ . La zona pelúcida tiene un espesor de 12 a 16  $\mu\text{m}$  y la granulosa formada por células cúbicas 10 a 15  $\mu\text{m}$ . En estos ovocitos se encuentran plaquetas de vitelo acidófilicas, con un tamaño de 10 a 18  $\mu\text{m}$ , distribuidas entre el primer y segundo tercio externo del citoplasma. Coexisten con los ovocitos vitelados parciales, ovocitos vacuolados y los no vitelados
- **3C. Vitelada total.** El ovario presenta ovocitos no vitelados, ovocitos en vitelogénesis inicial y ovocitos en vitelogénesis total. Estos últimos ovocitos



tienen plaquetas de vitelo, que se localizan en todo el citoplasma, llegando a medir hasta 31  $\mu\text{m}$ . La capa granulosa está formada por células cúbicas cuya altura es de 11 a 17  $\mu\text{m}$  y una zona pelúcida de 17 a 22  $\mu\text{m}$ . Los ovocitos son esféricos y de contornos levemente irregulares, tienen en promedio  $600 \pm 42 \mu\text{m}$  de diámetro y el núcleo esférico y en posición central de  $260 \pm 32 \mu\text{m}$ .

#### **Estadio 4: Predesove (maduro)**

En este estadio los ovarios muestran ovocitos en fase de hidratación. Las plaquetas de vitelo comienzan a fusionarse formándose glóbulos de vitelo de tamaño variable. El ovocito aunque muestra contornos irregulares es de forma esférica midiendo en promedio  $700 \pm 55 \mu\text{m}$ . El núcleo comienza a emigrar desde el centro a la periferia y mide  $254 \pm 32 \mu\text{m}$ . La zona pelúcida alcanza un grosor de 35  $\mu\text{m}$ . Junto a los ovocitos en hidratación hay ovocitos en vitelogénesis parcial y no vitelinos.

El siguiente estadio no fue visualizado en la muestra analizada. Sin embargo, sobre la base del esquema propuesto por Oliva *et al.* (1982), se debería corresponder con las siguientes características:

#### **Estadio 5: Desovado (regresión)**

Predominio de ovocitos inmaduros y presencia de atresia folicular. El ovario presenta folículos postovulatorios en diferentes fases de envejecimiento.

En relación a este estadio, Collado (1994) analizó 6 ovarios de ejemplares capturados en noviembre de 1993 que se encontraban estadio desovado. El



análisis microscópico, indicó la presencia de ovocitos previtelogénicos de un diámetro promedio de  $0,117 \pm 0,06$  mm (58%) y ovocitos vitelogénicos de un diámetro de  $0,401 \pm 0,120$  mm (41%) y alrededor del 1% de ovocitos residuales, de un diámetro promedio de  $2,405 \pm 0,007$  mm.

## **MACHOS**

### **Estadio 1: Virginal o reincidente (Inmaduros)**

En el testículo, los túbulos seminíferos poseen espermatogonias y ocasionalmente escasos espermatocitos primarios en estadios tempranos de la profase meiótica (Fig. 31 y 32). También en esta categoría se ubican los organismos adultos (aquellos que han desovado a lo menos una vez), estado que se puede denominar reposo. A veces, en estos animales se distinguen espermatozoides residuales.

### **Estadio 2: Espermatogénesis inicial (en maduración)**

Se caracteriza por la proliferación de los espermatocitos primarios y secundarios, encontrándose en los túbulos numerosos cystos, ya sea con espermatocitos primarios, secundarios y espermátidas redondas (Fig. 33 y 34).

### **Estadio 3: Espermiogénesis temprana (madurez temprana)**

En los túbulos seminíferos se ha iniciado la espermiogénesis, siendo frecuente distinguir espermátidas elongadas y escasos espermatozoides adheridos a la pared tubular o libres en el espacio luminal.



Los dos siguientes estadios no fueron observados en la muestra analizada. Sin embargo, sobre la base del esquema propuesto por Oliva *et al.* (1982), se debería corresponder con las siguientes características:

#### **Estadio 4: Espermioogénesis activa (maduros)**

Los túbulos tienen gran actividad espermiohistogénica con lo cual aparecen llenos de espermatozoides, los que también se encuentran en el conducto deferente.

#### **Estadio 5: evacuado (regresión)**

Hay pocos cystos de espermatocitos, pero la espermiohistogénesis sigue siendo intensa con lo cual la cantidad de espermatozoides es abundante. Con frecuencia los túbulos aparecen fusionados.

En la Tabla 8 se indican las equivalencias entre las escalas de madurez sexual macroscópica reportada por Kock & Kellerman (1991) y microscópica propuesta en el presente estudio.

### **4.5.3 Estacionalidad de los estadios de madurez**

El análisis microscópico de los estadios de madurez, indicó que la mayor proporción de la población, en 1998, se encontró inmadura, comportamiento que se acentuó aun más en los machos, los cuales presentaron el 99,7 y 95,6% de los testículos inmaduros en la Zona Norte y Sur, respectivamente (Tablas 9 a 12).



Los ejemplares maduros estuvieron representados principalmente por hembras capturadas en la Zona Norte, las cuales se caracterizaron por la presencia de ovarios al inicio de la vitelogénesis y una baja proporción de ovarios con un mayor desarrollo gonadal.

El análisis del comportamiento reproductivo de bacalao de profundidad, indicó que este recurso no desovó en el área de estudio. En la Zona Norte se observaron hembras maduras, con una contribución que varió entre 10 y 52% en noviembre y abril, respectivamente; además, 8 ejemplares que se analizaron en enero presentaron los ovarios maduros (Tabla 10). En la Zona Sur el porcentaje de hembras maduras varió entre 0 y 18%, con mayores niveles en los meses de verano (Tabla 12). En términos generales, se visualizó un mayor desarrollo gonadal entre diciembre y abril, caracterizado por la presencia de hembras en vitelogénesis temprana e intermedia, período que correspondería a la preparación de los especímenes para el desove, el cual probablemente, se evidencia en meses posteriores y en zonas diferentes a las que opera la flota artesanal espinelera. Es probable que el bacalao migre hacia latitudes altas para desovar y que corresponden a zonas frías, donde se han reportado áreas de desove para este recurso (Young *et al.*, 1992; Prenskey & Almeyda, 1997).

Analizando los ejemplares mayores de 90 cm. de longitud, se confirma la ausencia de machos maduros en la Zona Norte y el porcentaje de hembras maduras en promedio representó el 32% (Tabla 13 y 14). En la Zona Sur, tanto en machos como en hembras los ejemplares maduros en la muestra analizada no superaron el 9%, en machos la mayor proporción de maduros se observó en marzo-abril y en hembras en enero-febrero (Tabla 15 y 16).



La frecuencia mensual de los estadios de madurez muestran que en la Zona Norte la mayor proporción de machos se encontró en estadio 1 y en el caso de las hembras en estadio 2 (Fig. 35; Tabla 17 y 18); en tanto, en la Zona Sur ambos sexos presentaron la mayor fracción de ejemplares con gónadas en estadio 1 (Fig. 36; Tabla 19 y 20).

En las Tablas 21 y 22 se detalla la condición gonádica de muestras recopiladas en 1996, 1997 y 1999. Al igual que lo observado en 1998, la mayor proporción de los ejemplares se encontraban en estado inmaduro, principalmente los machos. En hembras, algunos ovarios presentaron un mayor grado de desarrollo gonadal en verano, pero se encontraban al inicio de la vitelogénesis.

#### **4.5.4 Atresia folicular**

El análisis microscópico de los ovarios reveló que un porcentaje importante de hembras presentó atresia folicular. En la Zona Norte, la proporción de hembras maduras que presentó este fenómeno, a nivel mensual, fluctuó entre 0 y 95%, con un promedio de un 82% (Tabla 23). En la Zona Sur el porcentaje de atresia también fue alto, en el período junio-diciembre las pocas hembras que estaban maduras en su mayoría presentaron atresia (Tabla 24).

#### **4.6 Talla de primera madurez sexual**

El análisis de los estadios de madurez sexual indicaron que el bacalao de profundidad no desovó en esta zona durante el período de estudio; por lo tanto, no fue posible encontrar ejemplares en plena madurez, lo cual dificulta la estimación de la talla de primera madurez sexual. Sin embargo, se exploró la información con el propósito de seleccionar algunos meses, donde se



observara la mayor proporción de ejemplares maduros (estadio 3 y mayor), basándose en el análisis microscópico de los ovarios. Se identificó en la Zona Norte el período mayo-septiembre (Tabla 18) y en la Zona Sur enero-marzo (Tabla 20), los cuales se utilizaron para el cálculo de la talla al 50%. Se estimó el tamaño de primera madurez sexual sólo en hembras, debido a que los machos maduros prácticamente no estuvieron representados en la muestra analizada.

Finalmente, se pudo estimar una talla a la cual el 50% de los ejemplares estaban maduros, sólo en el caso de las hembras de la Zona Norte. El comportamiento de la proporción de maduros respecto a la talla se presenta en la figura 37. La estimación de la talla de primera madurez, a través de la función logística, entregó un valor de 128,7 cm de longitud total (I.C. 95%: 126,6 – 130,9).

Es muy probable que este valor este sobrestimado, ya que en condiciones normales de desove se esperaría que una fracción de inmaduros se reclute a la fracción madura.

#### **4.7 Fecundidad**

La estimación de la fecundidad se efectuó con hembras que calificaron como maduras, utilizando ovarios en estadio vitelogénico inicial e intermedio, según la escala microscópica elaborada en el presente estudio. De acuerdo a lo anterior no se cumplió con una de las premisas básicas para el cálculo de la fecundidad, que es contar con hembras maduras en el estadio de vitelogénesis más avanzado. El hecho que este recurso no desovó durante 1998 en el área investigada, imposibilitó coleccionar hembras maduras con un



estadio de desarrollo adecuado para estimar la fecundidad. Además, es importante señalar que gran parte de los ovarios utilizados para estimar la fecundidad en la Zona Norte presentaban signos de atresia folicular en diferentes grados.

Estas características de la muestra que se empleó para cuantificar la fecundidad de esta especie, pueden introducir sesgos importantes en la estimación; aspecto que se debe tener en consideración al momento de establecer comparaciones con otros estudios. No obstante las limitaciones, éste constituye uno de los primeros estimados de fecundidad para la zona norte y centro de Chile, que podrá ser corroborado y discutido en estudios posteriores.

El factor de corrección del peso de la gónada por la fijación de ésta en formalina, fue estimado en un 14% (D.S: 4,19) para la muestra analizada. Esta experiencia se deberá repetir con muestras de ovarios maduros, que es precisamente a los cuales se le aplica la corrección para posteriormente estimar la fecundidad.

Se seleccionó una muestra de 69 ovarios para estimar la fecundidad, 61 en la Zona Norte y sólo 8 en la Zona Sur. La fecundidad potencial, obtenida en la primera zona fluctuó entre los 23.425 y 504.271 ovocitos, correspondientes a ejemplares que midieron entre 100 y 164 cm., con una fecundidad promedio de 176.376 ovocitos (I.C. 95%: 150.852–201.900). En la Zona Sur la amplitud de la fecundidad estimada varió entre los 183.106 y 552.305 ovocitos, en ejemplares entre los 122 y 170 cm., con un promedio de 354.349 ovocitos (I.C. 95%: 231.689 – 477.008) (Tabla 25).



Al comparar ambas zonas, se observa una mayor fecundidad en la Zona Sur (Fig. 38), y las diferencias de los datos transformados ( $\ln$ ) fueron estadísticamente significativas ( $F=12,82$ ;  $p=0,001$ ). Esta diferencia se podría explicar porque la mayoría de los ejemplares observados en la Zona Norte presentaron atresia folicular, lo que puede llevar a subestimar la fecundidad.

En general, la relación entre la fecundidad potencial y la longitud y peso está positivamente correlacionada en la mayoría de las especies; sin embargo, en bacalao de profundidad en la Zona Norte donde se analizó un tamaño de muestra mayor, no hubo una correlación significativa entre la fecundidad estimada y la longitud y peso del pescado (Fig. 39 y 40). Se observó una variabilidad importante en la fecundidad de ejemplares de similar tamaño. Este aspecto ya había sido señalado por Kock y Kellerman (1991), quienes indican que en bacalao de profundidad no se presenta una relación clara entre la fecundidad y la talla y peso, señalando que existen otros factores como forma del cuerpo, edad u otro que influyen en la fecundidad. Lo anterior también ha sido observado en orange roughy en algunas áreas (Clark *et al.*, 1994).

En la Zona Sur, las observaciones presentaron una relación positiva entre la fecundidad y la longitud y peso eviscerado, el modelo de regresión lineal entregó el mejor ajuste entre la fecundidad y talla ( $n = 8$ ;  $r^2 = 0,42$ ;  $p = 0,08$ ) y el modelo de regresión lineal entre la fecundidad y el logaritmo natural del peso eviscerado ( $n = 8$ ;  $r^2 = 0,46$ ;  $p = 0,065$ ) (Fig. 39 y 40). Las relaciones funcionales que describen la relación entre estas variables se indican a continuación:



$$\text{Fecundidad} = -459.703 + 6132,22 \cdot \text{talla}$$

$$\text{Fecundidad} = -537.395 + 293.317 \cdot \ln(\text{PE})$$

La relación peso de gónada (g) y fecundidad presentó una relación positiva y significativa en ambas zonas (Fig. 41). En la Zona Norte, al eliminar algunos puntos atípicos, el modelo de regresión lineal entregó el mejor ajuste ( $n = 59$ ;  $r^2 = 0,47$ ;  $p = 0,000$ ). En la Zona Sur, aun cuando el número de observaciones es muy reducido, también se ajustó un modelo lineal ( $n = 8$ ;  $r^2 = 0,54$ ;  $p = 0,038$ ). Las ecuaciones son las siguientes:

$$\text{Fecundidad} = 24.287 + 651,45 \cdot \text{PG} \quad \text{Norte}$$

$$\text{Fecundidad} = 165.083 + 586,57 \cdot \text{PG} \quad \text{Sur}$$

La fecundidad relativa en la Zona Norte fluctuó entre 1 y 22 ovocitos/gramo de peso eviscerado, con un promedio de 5,7 ovocitos/gramos (I.C. 95%: 4,7 – 6,8). En la Zona Sur, consecuentemente con la mayor fecundidad potencial estimada, la fecundidad relativa fue más alta, con una amplitud entre los 11 y 23 ovocitos/gramos y un promedio de 16,5 ovocitos/gramos (I.C. 95%: 11,6 – 21,4) (Tabla 25).





## 5. DISCUSION

Los Nototénidos son un grupo de peces altamente endémico de las aguas antárticas y subantárticas. Investigaciones sobre su biología reproductiva indican un patrón característico generalizado que comprende: desovadores sincrónicos, una prolongada gametogénesis, un desove anual, corto período de desove, baja fecundidad y huevos vitelados relativamente grandes (Andriashev, 1965 *fide* Kock & Kellermann, 1991; Yukhov, 1971; Everson, 1977; Chikov & Mel'nikov, 1990; Zhivov & Krivoruchko, 1990; Kock & Kellerman, 1991; Collado, 1994).

El bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898) presenta las características reproductivas indicadas anteriormente para nototénidos, con un peak de desove sincronizado en invierno (Zacharov & Frolkina, 1976 *fide* Kock *et al.*, 1985; Young *et al.*, 1992, Collado, 1994; Prensky & Almeyda, 1997). Si bien existen antecedentes acerca de la reproducción de esta especie, el conocimiento disponible para el Pacífico es muy escaso y fragmentario.

La presente investigación, constituye el primer estudio formal orientado a dilucidar el comportamiento reproductivo de este recurso, al norte del paralelo 47° L.S., en términos de localizar áreas y época de desove y estimar la talla de primera madurez sexual y su fecundidad.

El análisis de la dinámica del índice de madurez (IGS), no evidenció un patrón estacional, que permitiera discriminar un período de desove sobre la base de este índice, aún cuando en la Zona Sur el IGS pudiera estar afectado por el menor tamaño de los ejemplares capturados; sin embargo,



en el caso de los machos se podría haber esperado un patrón claro de crecimiento de la gónada, ya que se ha reportado que la maduración de los machos en el sector Atlántico y antártico se produce entre los 64 y 94 cm (Kock *et al.*, 1985; Zhivov & Krivoruchko, 1990), Prenski & Almeyda (1997) la sitúan en 80 cm para ambos sexos; por su parte, Moreno (1998) en la zona de las Islas Georgias, señala una talla de primera madurez para los machos en los 76 cm. Por otra parte, en el caso de las hembras se debería esperar que los ejemplares maduros observados en la muestra, presentaran gónadas bastante desarrolladas y estadios de madurez avanzados en la temporada previa al desove, como se ha observado en la zona sur-austral de Chile, donde se han estimado índice de madurez cercanos al 20% del peso corporal.

El análisis histológico de los ovarios y testículos, reveló que los ejemplares no alcanzaron un desarrollo gonadal avanzado, lo cual resulta consistente con el comportamiento del índice de madurez macroscópico (IGS). La ausencia de hembras con ovocitos hidratados y folículos postovulatorios en la muestra, sugiere que el bacalao de profundidad no desova en las áreas donde se desarrolla la pesquería artesanal.

Una segunda hipótesis es que el bacalao no desovó durante el período y en el área donde se desarrolló el estudio, lo que podría indicar que una fracción de la población no desova todos los años. Este comportamiento reproductivo ha sido reportado para *Champsocephalus gunnari* en el océano Atlántico, situación que también fue observada en dos poblaciones de la región de Kerguelen durante 1983 (Kock y Kellerman, 1991). Este fenómeno ha sido



informado para otra especie de fondo, orange roughy, en aguas de Tasmania (Bell *et al*, 1992; Bulman *et al*, 1994), sugiriendo que frente a la escasez de alimento y en conjunto con el costo que demanda formar agrupaciones desovantes, puede resultar en desoves intermitentes (no desovan todos los años), principalmente es especies de larga vida. Ante esta presión se puede desencadenar una atresia folicular. Esta situación ha sido comprobada experimentalmente en especies tales como *Pseudopleuronectes americanus* (Burton & Idler, 1987) *Pleuronectes platessa* (Horwood *et al*, 1989), en donde una reversión de la maduración gonadal y disminución de la fecundidad fue inducido, mediante la reducción de alimento. En este sentido, en ambientes relativamente estables de las profundidades del mar, la disponibilidad de alimento puede jugar un rol importante en la definición del ciclo reproductivo anual. La tercera hipótesis, es que el bacalao desova en esta área pero, no se alimenta durante el período de desove, por lo tanto no está disponible para la captura del espinel hasta después que ha completado la reabsorción de los folículos post-ovulatorio. Esta última hipótesis aparece como menos viable, puesto que en otras latitudes se capturan ejemplares maduros y desovados de bacalao de profundidad, empleando este mismo aparejo de pesca.

En la zona sur austral durante el período septiembre de 1991 y junio de 1992, se realizó una pesca de investigación en bacalao de profundidad, cuyos resultados indicaron que el mayor desarrollo gonadal de los ejemplares se localizó en la zona más austral de la pesquería (53°-57° L.S.) y en los meses de septiembre y mayo-junio (Young *et al.*, 1992). También destaca un claro predominio de los machos en las capturas de dicha zona, en una relación cercana a 4:1 en marzo-mayo y de 6:1 en junio. Estos autores postulan que la



baja proporción de hembras en las capturas en estas latitudes, se debería a que éstas son menos vulnerables al aparejo de pesca, por encontrarse levantada del fondo marino, comportamiento que ha sido observado en algunas especies de merlúcidos durante el desove. Chikov & Mel'nikov (1990), señalan que hembras maduras y en desove no estaban presentes en las pescas de arrastre de fondo en la zona de las Islas Kerguelen, lo cual corroboraría el comportamiento reproductivo señalado.

Sobre la base de estos antecedentes es que Young *et al.* (1992), señalan que el desove del bacalao de profundidad en la zona sur austral de Chile se produciría entre los meses de junio y agosto, probablemente en el área de los 53°-57° L.S. En la zona de las Georgias y en el sur de la Patagonia, se han observado ejemplares maduros en junio y agosto (Zacharov & Florkina 1976, *vide* Kock *et al.*, 1985; Zhivov & Krivoruchko, 1990). Por su parte, Prenski & Almeyda (1997), señalan que el desove de bacalao de profundidad en la zona Atlántica se produce entre junio y octubre en latitudes mayores de 54° S, lo que coincide con lo que postulan Young *et al.* (1992).

Entre la I y X Región es poco frecuente observar gónadas maduras, esta afirmación se sustenta en el conocimiento de los autores sobre la pesquería, y en las comunicaciones de pescadores artesanales, quienes coinciden en señalar que ejemplares maduros de esta especie se localizan hacia la zona sur-austral, antecedentes que podrían corroborar la hipótesis de que el bacalao de profundidad no desova en estas latitudes. Otro resultado relevante de la presente investigación y que permite sustentar la ausencia de desovantes en el área de estudio, fue la alta proporción de hembras maduras con atresia folicular. Esto podría indicar, que al aproximarse el período



reproductivo, que se manifiesta principalmente en invierno en otras latitudes, las hembras maduras que se encuentran fuera de las áreas de desove o no encuentran las condiciones ambientales adecuadas para cumplir con su proceso fisiológico (desove), al no gatillarse éste, reabsorben los ovocitos vitelados. Adicionalmente, durante todo el período de estudio se observó una baja presencia de machos y ausencia de machos maduros, los cuales tienen un efecto sinérgico para inducir al desove.

En esta área, la proporción sexual del bacalao de profundidad, en 1998, se alejó significativamente de la relación 1:1, observándose en ambas zonas una superioridad numérica de las hembras en una proporción de 2,4:1, relación que en algunos meses aumentó a valores aún más altos. Young *et al.* (1987) reportan una mayor proporción de hembras en las capturas comerciales de la zona centro-sur de Chile, que confirma lo observado en este estudio; de igual manera, Martínez (1975) en un crucero de investigación encontró una mayor presencia de hembras, Salas *et al.* (1987) en una pesca experimental en la zona de Talcahuano también reportan más hembras en la captura. En Perú, entre Callao y Pisco en agosto de 1996, se observó una mayor presencia de hembras (Bustamente, 1997). Young *et al.* (1992) informan una mayor proporción de machos al sur de la latitud 47° S., que aumentaba en forma notable hacia latitudes más altas y a medida que se aproxima la época de desove; en efecto, en la zona comprendida entre los paralelos 53°-57° L.S. la proporción sexual entre marzo y junio de 1992 aumentó de una relación de 4:1 a 6:1 en favor de los machos, respectivamente, y se debería, como se indicó anteriormente, a que las hembras son menos vulnerables al espinel, por encontrarse levantada del fondo marino.



Este estudio también estaba orientado a estimar la talla de primera madurez sexual, pero este objetivo no se logró a cabalidad porque no se encontraron ejemplares maduros en las capturas, principalmente en los machos. En la Zona Norte se estimó una talla de primera madurez para las hembras de 129 cm. de longitud total. Esta estimación es alta, comparada con las disponibles en la literatura, que indican que la maduración de las hembras se produce entre los 85 y 115 cm, en la mayoría de los casos entre 90 y 100 cm (Zhivov & Krivoruchko, 1990); para las Islas Georgias se reporta una longitud de 110 cm (Moreno, 1998) y en Atlántico de 80 cm (Prenski & Almeyda, 1997).

La fecundidad absoluta estimada para la Zona Norte fluctuó entre 23.425 y 504.271 ovocitos, para bacalaos de 100 a 164 cm., con un valor promedio de 176.376 ovocitos y para la Zona Sur, la amplitud varió entre 183.106 y 552.305 ovocitos, para ejemplares de 122 a 170 cm., con un promedio de 354.349 ovocitos. Estas diferencias, podrían indicar que el número de ovocitos por hembra madura esté subestimado particularmente en la Zona Norte, debido a la presencia de un alto porcentaje de ovarios con atresia folicular. Por otra parte, las estimaciones de fecundidad también pueden estar sesgada, ya que los ovarios utilizados para el cálculo se encontraban aun en un estadio de madurez intermedio, debido a que no se detectó una época de desove, lo que pudo llevar a no considerar dentro de la moda más avanzada ovocitos que aun pudieran desarrollarse.

Los estimados del presente estudio, se encuentran dentro de los rangos de fecundidad señalados en la literatura. En el banco de Burdwood, se reportó una fecundidad absoluta que fluctuó entre los 238.314 y 545.665 ovocitos, para bacalaos de 93 a 131 cm (Kock *et. al.*, 1985), mientras que para la región



de las Islas de Kerguelen se encontraron valores entre los 48.900 y 528.900 ovocitos por hembra (Chikov & Mel'nikov, 1990). De igual forma, Collado (1994) también encuentra, en *Dissostichus eleginoides* presente en el talud continental del extremo sur de Chile, una fecundidad absoluta con valores que variaron entre los 135.591 y 893.692 ovocitos en hembras maduras con tamaños entre los 87 y 173 cm de longitud total y con una fecundidad relativa entre los 10,9 y 24,9 ovocitos por gramo de peso corporal. Estos últimos valores se aproximan a las estimaciones de la Zona Sur, que indican una fecundidad relativa entre 11 y 23 ovocitos/gramo.

A la luz de estos antecedentes, resulta oportuno plantear la necesidad de realizar un estudio reproductivo en la fracción de la población que actualmente se explota en la zona sur-austral de Chile y la vez, realizar un seguimiento del comportamiento reproductivo de bacalao de profundidad en el área estudiada, de tal manera de corroborar si lo observado en 1998 es un hecho puntual o efectivamente esta especie no desova en estas latitudes.





## 6. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la revisión microscópica de los ovarios del bacalao de profundidad, esta especie correspondería a un desovador sincrónico (conocido también como desovadores totales o isocronales) por grupos.
- El índice gonadosomático no evidenció un patrón estacional que permitiera discriminar el período de desove de bacalao de profundidad, en el área de estudio.
- El análisis histológico reveló que la gran mayoría de las muestras analizadas se encontraban inmaduras. El poco desarrollo alcanzado por las gónadas y la ausencia de ovocitos hidratados y/o folículos postovulatorios, está indicando que la muestra fue colectada en un área donde no desovó el bacalao de profundidad.
- El análisis macroscópico y microscópico de las gónadas de bacalao de profundidad coinciden en señalar que esta especie no desova en el área donde se desarrolla la pesquería artesanal. Pero también es posible que desove en estas latitudes, y que este evento no se haya producido en 1998 o que esta especie no se alimente en la etapa previa y posterior al desove, por lo tanto no es capturada con el espinel.
- De las tres opciones planteadas, los antecedentes disponibles respaldan la hipótesis de que el bacalao de profundidad no desova en estas latitudes.



- La proporción de sexos reveló un claro predominio de las hembras durante todo el período de estudio, en una relación anual de 2,4:1.
- El análisis microscópico de los ovarios indicó que un porcentaje importante de las hembras presentó atresia folicular. La proporción de hembras maduras que presentó este fenómeno, fue de un 82% y 54% en la Zona Norte y Sur, respectivamente.
- Se estimó una talla de primera madurez sexual de 129 centímetros de longitud total para hembras capturadas en la Zona Norte, que puede estar sesgada, puesto que se realizó con ejemplares que se encontraban todavía en una etapa temprana de desarrollo gonadal. Este nivel está por sobre las estimaciones reportadas en la literatura.
- En la Zona Norte se estimó una fecundidad potencial promedio de 176.376 ovocitos, correspondiente a ejemplares que midieron entre 100 y 164 cm. En la Zona Sur, la fecundidad estimada fue mayor alcanzando en promedio a 354.349 ovocitos, en ejemplares entre los 122 y 170, diferencia que es significativa y se puede atribuir la alta proporción de gónadas con atresia folicular en la muestra analizada en la Zona Norte.
- La fecundidad relativa en la Zona Norte fluctuó entre 1 y 22 ovocitos/gramo, con un promedio de 5,7 ovocitos/gramo (I.C. 95%: 4,7 – 6,8). En la Zona Sur, la fecundidad relativa fue más alta, con una amplitud entre los 11 y 23 ovocitos/gramo y un promedio de 16,5 ovocitos/gramo (I.C. 95%: 11,6 – 21,4). La fecundidad relativa estimada en la Zona Sur se encuentra dentro de los rangos que reporta la literatura para este recurso.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bhattacharya, C. G. 1967. A simple method of resolution of the distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23:115-135.
- Bell, J. D., J. M. Lyle, C. M. Bulman, K. J. Graham, G. M. Newton and D.C. Smith. 1992. Spatial variation in reproduction, and occurrence of non-reproductive adults, in orange roughy, *Hoplostethus atlanticus* Collett (Trachichthyidae), from south – eastern Australia. *Journal of Fish Biology*.40:107-122.
- Bulman, C. M., S.E. Wayte & N.G. Elliot. 1994. orange roughy Surveys, 1988 and 1989; Parte B: Biological data. CSIRO Marine Laboratories. Report 125. 20 p.
- Burton, M. P. and D. R. Idler. 1987. An experimental investigation of the non-reproductive post-mature state in winter flounder. *J. Fish. Biol.* 30: 643-650
- Bustamante, M. 1997. La pesca comercial del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt) y la quimera (*Hydrolagus* sp.), efectuada por la e/p Pionero durante agosto de 1996. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú* N°51 febrero 1997.
- Cassia, M. y R. Perrotta. 1996. Distribución estructura de tallas, alimentación y pesca de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides* Smith, 1898) en un sector del Atlántico Sudoccidental. *INIDEP Inf. Téc.*, 9: 1-19.



- Clark, M.R., D.J. Fincham and D.M. Tracey. 1994. Fecundity of orange roughy (*Hiplostethus atlanticus*) in New Zealand waters. N. Z. J. Mar. Freshwat. Res. Vol. 28(2): 193-200.
- Chikov, V and Y. Mel'nikov. 1990. On the question of fecundity of patagonian toothfish, *Dissotichus eleginoides*, in the region of the Kerguelen Islands. J. of Ichthyology 30(8): 122 - 125
- Collado S. 1994. Ovogénesis, ciclo reproductivo y fecundidad del bacalao de profundidad *D. eleginoides* Smith, 1898 (*Perciformes-Nothotenidae*), capturado en el talud continental del extremo sur de Chile. Seminario para optar al título de Biólogo marino. Concepción. 40 p. + anexos.
- Duhamel, G. 1981. Caracteristiques biologiques des principales espèces de poissons du plateau continental des iles Kerguelen. Cybium 5(1): 94 -95
- Everson, I. 1977. The living resources of the southern ocean. FAO. GLO/SO/77/1. 1-156.
- Hernández D. y H.Cordo. 1986. Metodología aplicada en la estimación del largo de primera madurez sexual de la pescadilla de red y la pescadilla real. Publ. Com. Téc. Mix. Fr. Mar. Vol. 1 (1): 230-232.
- Horwood, J. W., M. Greer Walker and P. Witthames. 1989. The effect of feeding levels on the fecundity of plaice (*Pleuronectes platessa*). J. Mar. Bio. Ass U.K. 69: 81-92
- Hunter, J.R. 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. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 63-65.
- Kock, K. ; G. Duhamel y J.C. Hureau, 1985. Biology and Status of Exploited Antarctic Fish Stocks : A review. Biomass Scientific Series N°6. (Fecundidad).
- Kock, W. and H. Kellerman. 1991. Reproduction in Antarctic Notothenioids. A. Review. Antar. Sc. 3(2):125-150.
- Maridueña L. 1984. The sexual maturation of mackerel *Scomber scombrus*. Thesis submitted to the University of East Anglia for Degree of Master of Philosophy.
- Martínez, C. 1975. Análisis biológico del bacalao de profundidad *Dissostichus amissus* (Gill y Townsend). Serie de informes técnicos , Inst. Fom. Pesq. Chile. 16 p.
- Moreno, C. Y P. Rubilar. 1993. Investigación estimación de stock de bacalao de profundidad, 1993. U. Austral/SUBPESCA. Informe Técnico. 31 p. + Anexo
- Moreno, C. 1998. Do the males of *Dissostichus eleginoides* grow faster, or only mature before females?. CAMLR. WG-FSA – 98/16. 8 p.
- Oliva, J., W. Carvajal y A. Tressierra. 1982. Reproducción e histología de gónadas en peces. Universidad Nacional de Trujillo. Departamento de Ciencias Biológicas. Sección Recursos Acuáticos. Trujillo, Perú.



- Oliva J., J. Barañados y M. Tirado. 1989. Determinación de la fecundidad y frecuencia del desove de la sardina (*Sardinops sagax*), 1986. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número Especial). 341-348.
- Prenski, L.B. y S.M., Almeyda. 1997. Algunos aspectos biológicos relevantes a la explotación de la merluza negra (*D. eleginoides*) en la zona económica exclusiva argentina y sector oceánico adyacente. Informe Técnico. INIDEP.
- Salas, R. H. Robotham y G. Lizama. 1987. Investigación del Bacalao VIII Región. Informe Intendencia Región del Bio-Bio, Secretaría Regional de Planificación y Coordinación de la Región del Bio Bio, Instituto de Fomento Pesquero. Informe Técnico. 107 p.
- Santander, H., J. Alheit and P.E. 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. Inst. Mar Perú, Callao. 8: 209-250.
- Young, Z., M. Aguayo, R. Bustos, H. Robotham, C. Vera y R. Gili. 1986. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces). Zona Centro - Sur. Estado de situación del recurso. Informe Técnico. IFOP/SUBPES. 110 p.
- Young, Z., M. Aguayo, R. Bustos, R. Gili, C. Vera, J. Sateler, L. Cid y A. Muñoz. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces). Zona Centro - Sur 1986. Estado de situación del recurso. Santiago, Chile, CORFO/IFOP.



- Young, Z., A. Zuleta, H. Robotham, M. Aguayo y L. Cid. 1992. Evaluación del stock de bacalao de profundidad entre las latitudes 47°S. y 57°S. Informe Técnico. IFOP/SUBPES. 63 p + Anexo
- Young, Z. ; R. Gili ; L. Cid. 1995. Prospección de Bacalao de profundidad entre las latitudes 43° y 47° S. Inf. Tec. Inst. Fom. Pesq. Chile, 47 pp.
- Young, Z., González, H.M., y Galvez, P. 1997. Análisis de la Pesquería de Bacalao de Profundidad de la zona Sur-Austral. IFOP-FIP. *Inf. Tec.* :1-51
- Yukhov, V. L. 1971. The range of *Dissotichus mawsoni* Norman and some features of its biology. *J. Ichthyology* 11(1):8 – 18
- Zhivov, V.V. y V.M. Krivoruchko. 1990. On the biology of the Patagonian Toothfish, *Dissostichus eleginoides*, of the Antarctic Part the Atlantic. *Journal Ichthyology* 30(7), 142-146 pp.



INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO

---

# TABLAS

Tabla 1. Escala de madurez para nototénidos y channichthides basados en ciclos de ovarios y testículos de *Notothenia coriiceps*, *Champsocephalus gunnari*, *Chaenocephalus aceratus* y *Pseudochaenichthys georgianus* (Extraída de Kock and Kellerman, 1991).

ESTADO DE MADUREZ		DESCRIPCION
<b>HEMBRAS</b>		
1	Inmaduro	Ovario pequeño, firme, sin óvulos visibles a ojo desnudo.
2	Latente	Ovario más extendido, firme, pequeños ovocitos visibles, dando al ovario una apariencia granulosa.
3	En Desarrollo	Gónadas grandes, comienza a llenarse la cavidad abdominal, color varía de acuerdo a la especie, contiene ovocitos de dos tamaños.
4	Maduro	Gónadas grandes, cavidad abdominal llena o dilatada. Al abrir o cortar escurren los ovocitos grandes.
5	Desovado	Gónadas contraídas, flácidas, contiene unos pocos ovocitos residuales y muchos otros de pequeño tamaño.
<b>MACHOS</b>		
1	Inmaduro	Testículos pequeños, traslúcidos, blanquiscos, largos, delgada franja adherida a la columna vertebral.
2	Latente	Testículos blancos, planos, con pliegues, fácilmente visibles a ojo desnudo, cerca de 1/4 longitud de la cavidad abdominal.
3	En Desarrollo	Testículos grandes, blancos y con pliegues. Al presionar o cortar no escurre líquido seminal.
4	Maduro	Testículos grandes, blancos opalescente. Al presionar o cortar escurren gotas de líquido seminal.
5	Evacuado	Testículos contraídos, flácidos, color blanco barroso (sucio).

Tabla 2. Número de ejemplares de bacalao de profundidad analizados en el estudio histológico y amplitud de tamaño, por zona, puerto y mes, 1998.

Zona	Mes												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<b>NORTE</b>													
Tocopilla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	72	37	139
Mejillones	8	-	-	26	60	93	65	144	99	-	-	36	531
Caldera	-	-	-	-	-	85	39	124	281	294	154	231	1208
Coquimbo	-	-	-	-	-	-	61	59	37	57	17	16	247
<b>Subtotal</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>60</b>	<b>178</b>	<b>165</b>	<b>327</b>	<b>417</b>	<b>381</b>	<b>243</b>	<b>320</b>	<b>2125</b>
<b>Longitud</b>	<b>125 - 163</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>90 - 162</b>	<b>78 - 165</b>	<b>50 - 175</b>	<b>52 - 167</b>	<b>48 - 161</b>	<b>64 - 186</b>	<b>70 - 164</b>	<b>40 - 160</b>	<b>45 - 167</b>	<b>40 - 186</b>
<b>SUR</b>													
San Antonio	-	-	-	-	-	101	-	418	29	157	63	140	908
Lebu	-	64	30	41	15	36	50	171	102	-	-	-	509
Valdivia	74	130	106	6	1	-	-	48	-	-	1	135	501
<b>Subtotal</b>	<b>74</b>	<b>194</b>	<b>136</b>	<b>47</b>	<b>16</b>	<b>137</b>	<b>50</b>	<b>637</b>	<b>131</b>	<b>157</b>	<b>64</b>	<b>275</b>	<b>1918</b>
<b>Longitud</b>	<b>64 - 120</b>	<b>58 - 170</b>	<b>58 - 180</b>	<b>62 - 101</b>	<b>65 - 98</b>	<b>62 - 123</b>	<b>61 - 110</b>	<b>51 - 150</b>	<b>68 - 108</b>	<b>61 - 143</b>	<b>66 - 156</b>	<b>58 - 160</b>	<b>51 - 180</b>
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>194</b>	<b>136</b>	<b>73</b>	<b>76</b>	<b>315</b>	<b>215</b>	<b>964</b>	<b>548</b>	<b>538</b>	<b>307</b>	<b>595</b>	<b>4043</b>

Tabla 3. Número e indicadores estadísticos de la longitud total de los ejemplares analizados, por zona y sexo. 1998.

Zona	Sexo	Número	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Promedio	Desv. Est.
NORTE	Machos	625	60	161	101	104	107	18.37
	Hembras	1500	40	186	146	106	111	24.71
	Sub - total	2125	40	186	146	105	110	22.0
SUR	Machos	564	51	180	129	87	86	19.05
	Hembras	1354	53	170	117	84	87	18.49
	Subtotal	1918	51	180	129	85	87	18.66
Total		4043	40	186	146	97	99	24.17

Tabla 4. Indicadores estadísticos de las variables talla, peso eviscerado, peso de gónadas e índice gonadosomático de muestra de bacalao de profundidad analizada histológicamente, por mes. Zona Norte, 1998.

VARIABLE	ESTADIS	MES												TOTAL
		Ene	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
TALLA (cm.)	TICO	125	90	78	50	64	48	64	70	40	45	40	40	
	Mínimo	163	162	165	175	167	161	186	164	160	167	167	186	
	Máximo	148	138	129	116	108	101	109	103	101	105	105	105	
	Mediana	144	133	123	116	110	105	113	107	102	109	109	110	
	Des. Est.	12	18	23	23	24	23	23	19	21	20	20	22	
PESO_EVIS (kg.)	Mínimo	19,4	6,9	4,4	1,1	2,1	1,0	2,3	3,1	0,6	0,8	0,6	0,6	
	Máximo	44,3	43,5	46,0	52,6	47,8	45,0	66,9	46,4	49,4	47,8	66,9	66,9	
	Mediana	32,4	26,4	20,8	14,8	11,1	10,2	12,0	10,2	9,8	11,4	11,2	11,2	
	Media	30,5	25,0	20,5	17,4	14,3	13,0	15,9	13,0	12,1	14,4	14,5	14,5	
	Des. Est.	7,8	9,4	10,4	10,1	9,9	9,0	10,8	8,3	8,3	8,9	9,7	9,7	
PESO_GON (g.)	Mínimo	50,8	7,2	3,9	3,2	1,5	1,3	1,3	1,2	1,7	1,4	1,2	1,2	
	Máximo	310,8	195,0	1053,1	1255,5	320,3	326,0	280,8	267,2	691,2	504,6	1255,5	1255,5	
	Mediana	140,4	69,9	49,1	33,7	24,6	21,6	27,6	27,2	25,3	26,5	27,0	27,0	
	Media	172,3	85,8	86,8	69,0	50,9	38,0	50,6	39,4	37,9	48,1	48,1	48,1	
	Des. Est.	102,8	61,8	151,8	114,7	65,0	49,5	59,2	43,9	60,4	60,0	68,0	68,0	
IGS	Mínimo	0,16	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	
	Máximo	0,93	0,57	4,30	4,89	1,57	1,49	1,54	2,10	2,19	1,34	4,89	4,89	
	Mediana	0,53	0,35	0,31	0,32	0,32	0,27	0,29	0,30	0,28	0,28	0,29	0,29	
	Media	0,54	0,32	0,38	0,36	0,31	0,27	0,29	0,29	0,31	0,29	0,30	0,30	
	Des. Est.	0,24	0,16	0,58	0,41	0,22	0,19	0,22	0,20	0,28	0,20	0,25	0,25	

Tabla 5. Indicadores estadísticos de las variables talla, peso eviscerado, peso de gónadas e índice gonadosomático de muestra de bacalao de profundidad analizada histológicamente, por mes. Zona Sur, 1998.

VARIABLE	ESTADIS	MES												TOTAL
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
TALLA (cm.)	Mínimo	64	58	58	62	65	62	61	51	68	61	66	58	51
	Máximo	120	170	180	101	98	123	110	150	108	143	156	160	180
	Mediana	82	78	91	70	68,5	80	69	92	96	88	110	70	85
	Media	84	85	92	73	70	82	72	90	95	88	109	78	87
	Des. Est.	14	21	19	10	8	14	11	16	5	15	23	18	18
PESO_EVIS (kg.)	Mínimo	2,3	1,6	1,8	2,2	2,5	2,0	2,0	1,2	2,8	2,0	2,6	1,6	1,2
	Máximo	15,6	46,4	49,1	9,1	8,3	16,0	8,8	23,0	12,0	26,0	39,0	38,4	49,1
	Mediana	4,7	3,9	6,5	3,0	2,8	5,0	2,9	6,9	6,6	6,0	11,0	3,1	5,4
	Media	5,7	6,5	7,8	3,5	3,2	5,6	3,5	7,0	6,8	7,0	12,8	4,9	6,4
	Des. Est.	3,0	6,0	5,8	1,9	1,4	3,0	1,7	3,5	1,3	4,0	8,2	4,9	4,7
PESO_GON (g.)	Mínimo	1,6	1,1	1,2	6,0	11,0	2,8	3,0	1,4	2,1	1,3	2,7	1,1	1,1
	Máximo	125,5	741,8	593,5	175,0	155,5	67,6	35,0	185,0	83,5	84,7	139,7	164,3	741,8
	Mediana	14,5	11,6	39,3	13,0	13,5	14,2	16,0	15,4	14,6	11,4	31,6	9,8	14,0
	Media	21,7	34,8	85,7	25,5	22,4	17,1	14,1	22,7	17,4	18,1	40,1	18,7	27,0
	Des. Est.	20,9	76,8	105,8	37,8	35,5	11,6	7,9	23,8	12,5	18,0	36,3	22,8	45,4
IGS	Mínimo	0,03	0,02	0,04	0,26	0,41	0,04	0,07	0,03	0,07	0,03	0,05	0,03	0,02
	Máximo	0,97	1,84	2,55	2,24	1,87	1,00	1,09	1,18	0,70	0,62	0,58	3,31	3,31
	Mediana	0,31	0,29	0,45	0,44	0,48	0,34	0,42	0,20	0,24	0,25	0,34	0,30	0,29
	Media	0,35	0,39	0,65	0,56	0,56	0,34	0,45	0,25	0,26	0,24	0,31	0,46	0,36
	Des. Est.	0,20	0,37	0,56	0,39	0,35	0,19	0,27	0,19	0,14	0,14	0,15	0,53	0,35

Tabla 6. Análisis de regresión y estimación de los parámetros de la relación longitud peso eviscerado de bacalao de profundidad. Zona Norte, 1998.

SEXO: Machos

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	
Regression	2	94663764656	47331882328	
Residual	503	2239962370	4453205,506	
Uncorrected (Total)	505	96903727025		
(Corrected Total)	504	21997335578		
R squared 0.90				
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95% Confidence Interval Lower	Upper
A	0,00796	0,00172	0,00459	0,01133
B	3,04092	0,04490	2,95270	3,12913

SEXO: Hembras

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	
Regression	2	3,34349E+11	1,67174E+11	
Residual	1054	8156403199	7738522,959	
Uncorrected (Total)	1056	3,42505E+11		
(Corrected Total)	1055	1,12945E+11		
R squared 0.93				
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95% Confidence Interval Lower	Upper
A	0,00555	0,00079	0,00400	0,00711
B	3,11995	0,02906	3,06293	3,17698

Tabla 7. Análisis de regresión y estimación de los parámetros de la relación longitud peso eviscerado de bacalao de profundidad. Zona Sur. 1998

SEXO: Machos

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	
Regression	2	14710988022	7355494011	
Residual	340	308877078,1	908461,9944	
Uncorrected (Total)	342	15019865100		
(Corrected Total)	341	4622490234		
R squared 0,93				
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95% Confidence Interval Lower	Upper
A	0,01273	0,00240	0,00801	0,01745
B	2,92034	0,04076	2,84017	3,00051

SEXO: Hembras

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	
Regression	2	37632814466	18816407233	
Residual	754	881368134,1	1168923,255	
Uncorrected (Total)	756	38514182600		
(Corrected Total)	755	13110638725		
R squared 0,93				
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95% Confidence Interval Lower	Upper
A	0,00475	0,00063	0,00352	0,00598
B	3,13394	0,02825	3,07848	3,18939

Tabla 8. Equivalencia de las escalas de madurez sexual macroscópica reportada por Kock & Kellerman (1991) y microscópica propuesta en el presente estudio (Young *et al*, 1999).

ESTADIO DE MADUREZ MACROSCOPICO		ESTADIO DE MADUREZ MICROSCOPICO	
<b>HEMBRAS</b>			
1	Inmaduro	1	Virginal o Reincidente (Inmaduro)
2	Latente	2	Previtelino (Inmaduro)
3	En Desarrollo	3	Vitelino (En Maduración)
4	Maduro	4	Predesove (Maduro)
5	Desovado	5	Desovado (Regresión)
<b>MACHOS</b>			
1	Inmaduro	1	Virginal o Reincidente (Inmaduro)
2	Latente	2	Espermatogénesis inicial (En maduración)
3	En Desarrollo	3	Espermatogénesis Temprana (Madurez Temprana)
4	Maduro	4	Espermatogénesis Activa (Maduro)
5	Evacuado	5	Evacuado (Regresión)

Tabla 9. Frecuencia mensual de la condición gonádica de machos de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte, 1998.

Mes	Número	Condición gonádica(%)		Intervalo Longitud (cm)
		Inmaduros	Maduros	
Enero	-	-	-	-
Febrero	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-
Abril	1	100,0	0,0	141 - 141
Mayo	14	92,9	7,1	88 - 141
Junio	46	100,0	0,0	74 - 150
Julio	54	100,0	0,0	64 - 140
Agosto	101	99,0	1,0	60 - 155
Septiembre	135	100,0	0,0	75 - 161
Octubre	116	100,0	0,0	81 - 147
Noviembre	63	100,0	0,0	80 - 138
Diciembre	96	100,0	0,0	80 - 140
Total	626	99,7	0,3	60 - 161

Tabla 10. Frecuencia mensual de la condición gonádica de hembras de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte, 1998.

Mes	Número	Condición gonádica (%)		Intervalo Longitud (cm)
		Inmaduros	Maduros	
Enero	8	0,0	100,0	125 - 163
Febrero	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-
Abril	25	48,0	52,0	90 - 180
Mayo	46	73,9	26,1	78 - 165
Junio	132	65,2	34,8	50 - 175
Julio	111	67,6	32,4	66 - 167
Agosto	226	77,4	22,6	48 - 161
Septiembre	282	66,0	34	64 - 186
Octubre	265	76,6	23,4	70 - 164
Noviembre	180	90,0	10,0	40 - 160
Diciembre	224	71,9	28,1	45 - 167
Total	1499	73,0	27,0	40 - 186

Tabla 11 Frecuencia mensual de la condición gonádica de machos de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur, 1998.

Mes	Número	Condición gonádica (%)		Intervalo Longitud (cm)
		Inmaduros	Maduros	
Enero	27	100,0	0,0	64 - 115
Febrero	55	98,2	1,8	60 - 139
Marzo	65	66,2	33,8	58 - 180
Abril	18	88,9	11,1	62 - 98
Mayo	3	100,0	0,0	67 - 98
Junio	33	100,0	0,0	63 - 116
Julio	14	100,0	0,0	61 - 96
Agosto	141	100,0	0,0	51 - 137
Septiembre	36	100,0	0,0	81 - 99
Octubre	59	100,0	0,0	61 - 107
Noviembre	19	100,0	0,0	66 - 139
Diciembre	95	100,0	0,0	60 - 160
Total	565	95,6	4,4	51 - 180

Tabla 12 Frecuencia mensual de la condición gonádica de hembras de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur, 1998.

Mes	Número	Condición gonádica (%)		Intervalo Longitud (cm)
		Inmaduros	Maduros	
Enero	47	89,4	10,6	65 - 140
Febrero	139	82,0	18,0	58 - 170
Marzo	71	83,1	16,9	63 - 125
Abril	29	100,0	0,0	62 - 101
Mayo	13	100,0	0,0	65 - 74
Junio	104	99,0	1,9	62 - 123
Julio	36	100,0	0,0	64 - 110
Agosto	496	94,0	6,0	53 - 150
Septiembre	95	98,9	1,1	68 - 108
Octubre	98	99,0	1,0	63 - 143
Noviembre	45	91,1	8,9	71 - 156
Diciembre	180	91,7	8,3	58 - 160
Total	1353	93,1	6,9	53 - 170

Tabla 13. Frecuencia mensual de la condición gonádica de machos de bacalao de profundidad mayores o iguales a 90 cm de longitud, por mes. Zona Norte. 1998.

Mes	Número	Condición gonádica (%)	
		Inmaduros	Maduros
Enero	-	-	-
Febrero	-	-	-
Marzo	-	-	-
Abril	1	100,0	0,0
Mayo	13	92,3	7,7
Junio	43	100,0	0,0
Julio	45	100,0	0,0
Agosto	81	98,8	1,2
Septiembre	112	100,0	0,0
Octubre	103	100,0	0,0
Noviembre	50	100,0	0,0
Diciembre	88	100,0	0,0
Total	536	99,6	0,4

Tabla 14. Frecuencia mensual de la condición gonádica de hembras de bacalao de profundidad mayores o iguales a 90 cm de talla. Zona Norte. 1998.

Mes	Número	Condición gonádica (%)	
		Inmaduros	Maduros
Enero	8	0,0	100,0
Febrero	-	-	-
Marzo	-	-	-
Abril	24	45,8	54,2
Mayo	42	71,4	28,6
Junio	119	61,3	38,7
Julio	84	58,3	41,7
Agosto	174	71,3	28,9
Septiembre	232	59,9	40,1
Octubre	216	72,7	27,3
Noviembre	133	86,5	13,5
Diciembre	194	68,0	32,0
Total	1226	67,7	32,3

Tabla 15. Frecuencia mensual de la condición gonádica de machos de bacalao de profundidad mayores o iguales a 90 cm de talla, por mes. Zona Sur, 1998.

Mes	Número	Condición gonádica (%)	
		Inmaduros	Maduros
Enero	6	100,0	0,0
Febrero	16	93,8	6,3
Marzo	40	55,0	45,0
Abril	5	60,0	40,0
Mayo	1	100,0	0,0
Junio	12	100,0	0,0
Julio	1	100,0	0,0
Agosto	80	100,0	0,0
Septiembre	23	100,0	0,0
Octubre	21	100,0	0,0
Noviembre	12	100,0	0,0
Diciembre	25	100,0	0,0
Total	242	91,3	8,7

Tabla 16. Frecuencia mensual de la condición gonádica de hembras de bacalao de profundidad mayores o iguales a 90 cm de talla, por mes. Zona Sur, 1998.

Mes	Número	Condición gonádica (%)	
		Inmaduros	Maduros
Enero	21	76,2	23,8
Febrero	46	60,9	39,1
Marzo	19	89,5	10,5
Abril	1	100,0	0,0
Mayo	-	-	-
Junio	25	96,0	4,0
Julio	6	100,0	0,0
Agosto	224	95,1	4,9
Septiembre	83	98,8	1,2
Octubre	49	98,0	2,0
Noviembre	34	88,2	11,8
Diciembre	32	87,5	12,5
Total	540	91,3	8,7

Tabla 17. Frecuencia mensual de los estadios de madurez de machos de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte.

Mes	Número	Estadios de Madurez Sexual (%)			
		1	2	3	4
Enero	-	-	-	-	-
Febrero	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-
Abril	1	0,0	100	0,0	0,0
Mayo	14	78.6	14.3	0.0	7.1
Junio	46	97.8	2.2	0.0	0.0
Julio	54	90.7	9.3	0.0	0.0
Agosto	101	82.2	16.8	1.0	0.0
Septiembre	135	77	23	0.0	0.0
Octubre	116	75	25	0.0	0.0
Noviembre	63	71.4	28.6	0.0	0.0
Diciembre	96	49	51	0.0	0.0
Total	626	75.2	24.4	0.2	0.2

Tabla 18. Frecuencia mensual de los estadios de madurez de hembras de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte.

Mes	Número	Estadios de Madurez Sexual (%)			
		1	2	3	4
Enero	8	0.0	0.0	100	0.0
Febrero	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-
Abril	25	32,0	16,0	52.0	0.0
Mayo	46	4.3	69.6	26.1	0,0
Junio	132	9.8	55.3	34.1	0.8
Julio	111	26.1	41.4	32.4	0,0
Agosto	226	16.8	60.6	22.1	0.4
Septiembre	282	15.6	50.4	34.0	0.0
Octubre	265	14.7	61.9	23.4	0,0
Noviembre	180	36.7	53.3	9.4	0.6
Diciembre	224	11.2	60.7	27.2	0.9
Total	1499	17.6	55.4	26.7	0.3

Tabla 19. Frecuencia mensual de los estadios de madurez de machos de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur.

Mes	Número	Estadios de Madurez Sexual (%)			
		1	2	3	4
Enero	27	100	0,0	0,0	0,0
Febrero	55	87,0	11,0	1,8	0,0
Marzo	65	25,0	42,0	33,8	0,0
Abril	18	72,0	17,0	11,1	0,0
Mayo	3	67,0	33,0	0,0	0,0
Junio	33	97,0	3,0	0,0	0,0
Julio	14	100,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	141	93,0	7,0	0,0	0,0
Septiembre	36	83,0	17,0	0,0	0,0
Octubre	59	92,0	8,0	0,0	0,0
Noviembre	19	37,0	63,0	0,0	0,0
Diciembre	95	78,0	22,0	0,0	0,0
Total	565	79,3	16,3	4,4	0,0

Tabla 20. Frecuencia mensual de los estadios de madurez de hembras de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur.

Mes	Número	Estadios de Madurez Sexual (%)			
		1	2	3	4
Enero	47	85,1	4,3	10,6	0,0
Febrero	139	74,8	7,2	18,0	0,0
Marzo	71	50,7	32,4	16,9	0,0
Abril	29	65,5	34,5	0,0	0,0
Mayo	13	92,3	7,7	0,0	0,0
Junio	104	49,0	50,0	1,0	0,0
Julio	36	83,3	16,7	0,0	0,0
Agosto	496	45,6	48,4	6,0	0,0
Septiembre	95	51,6	47,4	1,1	0,0
Octubre	98	48,0	51	1,0	0,0
Noviembre	45	4,4	86,7	8,9	0,0
Diciembre	180	48,3	43,3	7,2	1,1
Total	1353	52	41,1	6,8	0,1

Tabla 21. Frecuencia mensual de la condición gonádica de bacalao de profundidad, por sexo, año y mes. Zona Norte, 1997 y 1999.

Mes	Número	Condición gonádica (%)	
		Inmaduros	Maduros
<b>Machos</b>			
1997			
Julio	4	100.0	0.0
Agosto	5	100.0	0.0
Septiembre	3	100.0	0.0
1999			
Enero	37	100.0	0.0
<b>Hembras</b>			
1997			
Julio	3	100.0	0.0
Agosto	10	100.0	0.0
Septiembre	1	100.0	0.0
1999			
Enero	57	64.8	35.2

Tabla 22 Frecuencia mensual de la condición gonádica de bacalao de profundidad, por sexo, año y mes. Zona Sur, 1996 y 1997.

Mes	Número	Condición gonádica (%)	
		Inmaduros	Maduros
<b>Machos</b>			
1996			
Diciembre	10	100.0	0.0
1997			
Enero	22	100.0	0.0
Marzo	18	100.0	0.0
Mayo	30	100.0	0.0
Diciembre	1	100.0	0.0
<b>Hembras</b>			
1996			
Diciembre	14	100.0	0.0
1997			
Enero	26	88.5	11.5
Marzo	34	94.1	5.9
Mayo	54	100.0	0.0
Diciembre	3	100.0	0.0

Tabla 23. Porcentaje de hembras maduras de bacalao de profundidad que presentaron atresia folicular, por mes. Zona Norte 1998.

Mes	Hembras maduras Totales (n)	Hembras con Atresia (%)
Enero	4	50.0
Febrero	-	-
Marzo	-	-
Abril	2	15.4
Mayo	12	0.0
Junio	38	82.6
Julio	33	94.4
Agosto	35	86.3
Septiembre	82	92.7
Octubre	57	95.2
Noviembre	16	94.4
Diciembre	41	71.4
Total	308	82.0

Tabla 24. Porcentaje de hembras maduras de bacalao de profundidad que presentaron atresia folicular, por mes. Zona Sur 1998.

Mes	Hembras maduras Totales (n)	Hembras con Atresia (%)
Enero	5	60.0
Febrero	25	24.0
Marzo	12	0
Abril	0	0
Mayo	0	0
Junio	1	100.0
Julio	0	0
Agosto	30	80.0
Septiembre	1	100.0
Octubre	1	100.0
Noviembre	4	75.0
Diciembre	15	80.0
Total	94	54.3

Tabla 25. Estimaciones de la fecundidad potencial y fecundidad relativa de bacalao de profundidad, por zona. 1998

	Número	Mínimo	Máximo	Mediana	Promedio	D.S.
<b>NORTE</b>						
Fecundidad potencial	61	23.425	504.271	169.791	176.376	99.658
Fecundidad relativa	61	1	22	5	5	4
Longitud total	61	100	164	150	148	12
<b>SUR</b>						
Fecundidad potencial	8	183.106	552.305	365.773	354.349	146.719
Fecundidad relativa	8	11	23	14	16	6
Longitud total	8	122	170	130	133	16



# FIGURAS

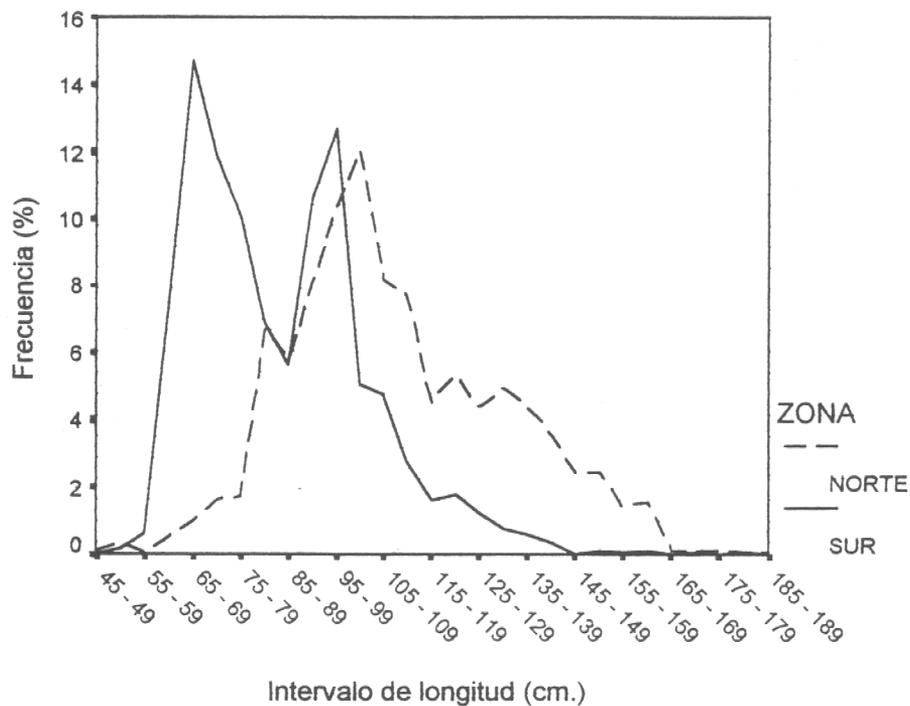


Fig 1. Distribución de frecuencia de longitudes de las muestras de bacalao de profundidad analizadas histológicamente, por Zona. 1998

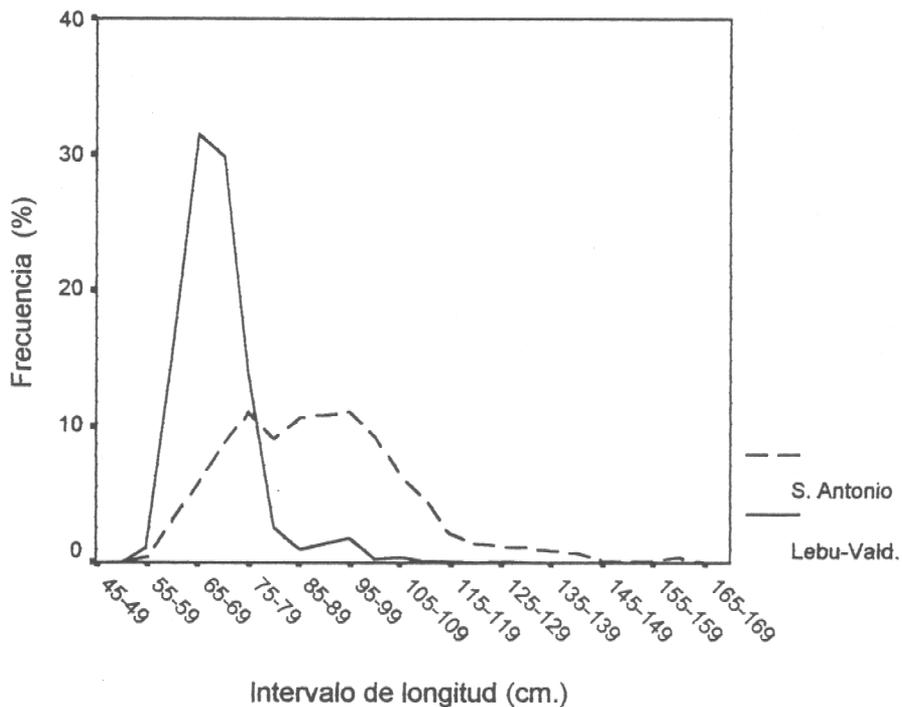


Fig 2. Distribución de frecuencia de longitudes de las capturas de bacalao de profundidad de la flota de San Antonio y Lebu-Valdivia. 1998.

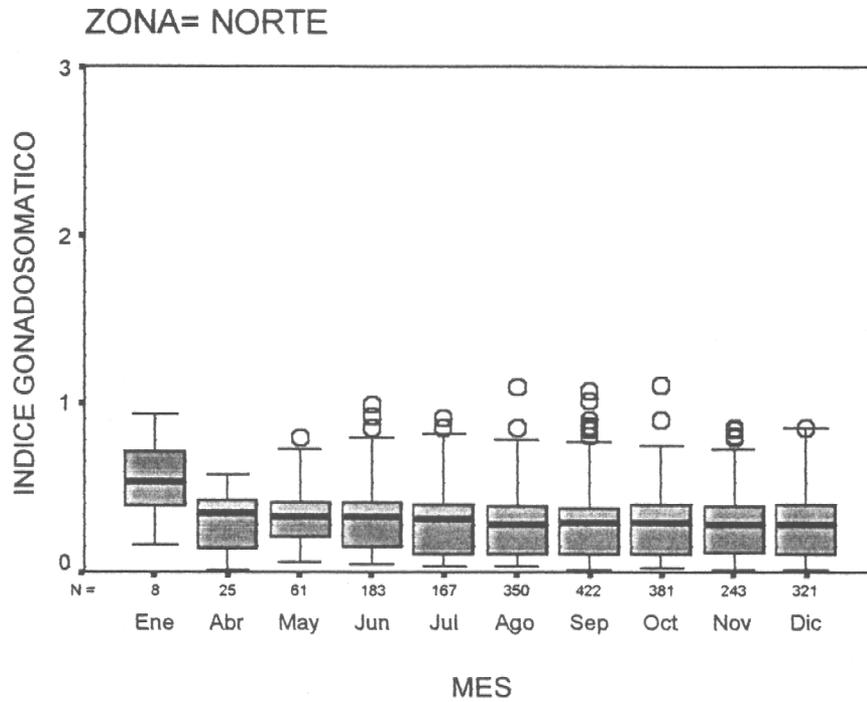


Fig. 3. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad, por mes. Zona Norte. 1998. (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).

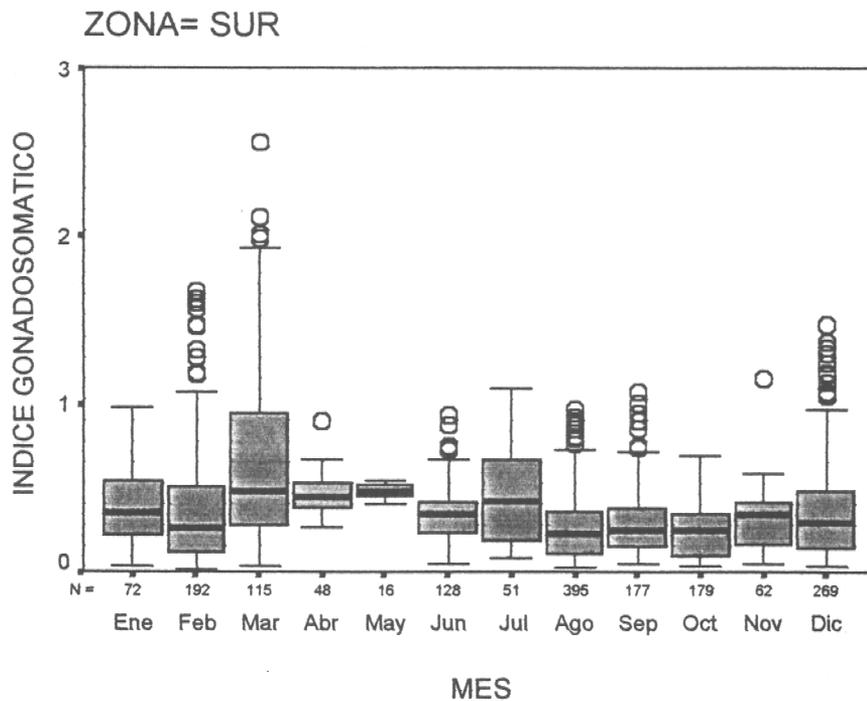


Fig. 4. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad, por mes. Zona Sur. 1998. (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).

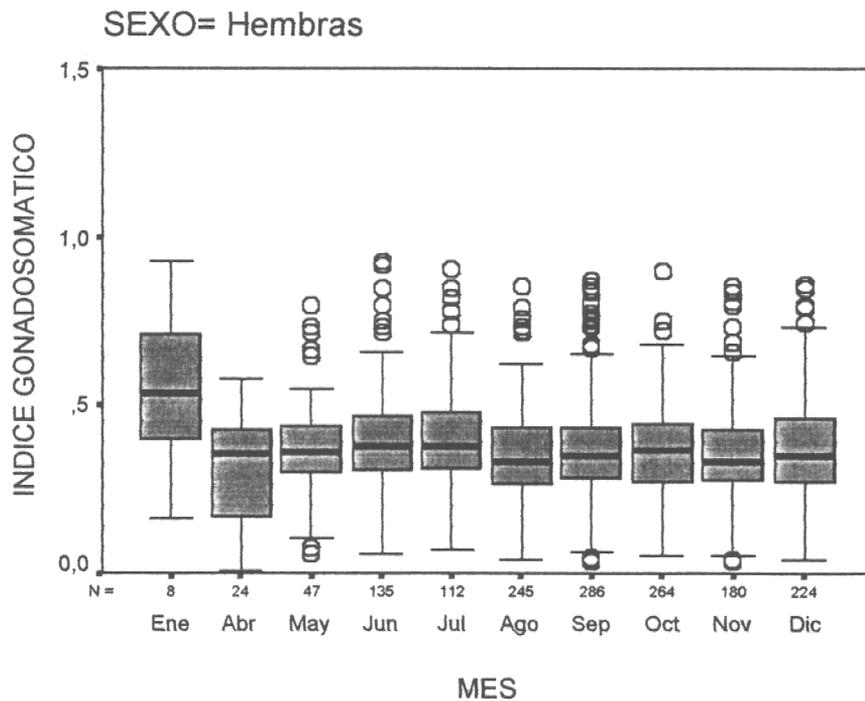
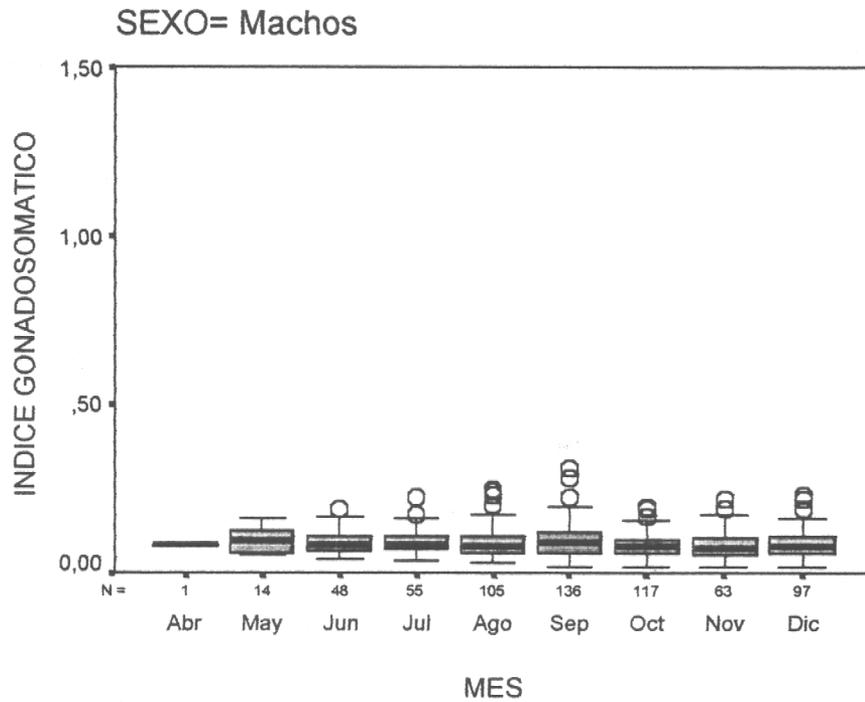


Fig. 5. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Norte, por mes y sexo. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones)

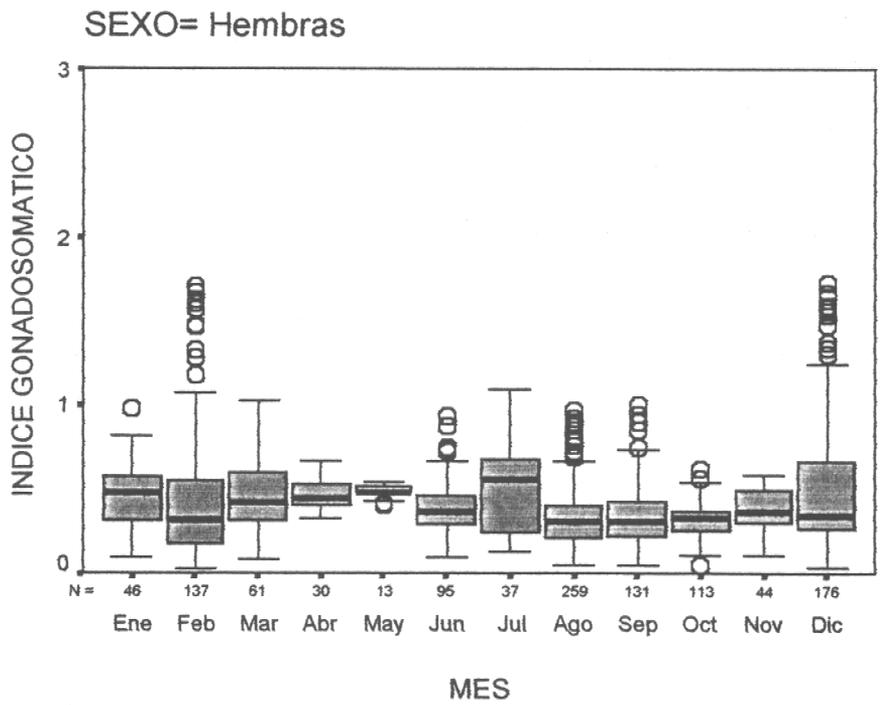
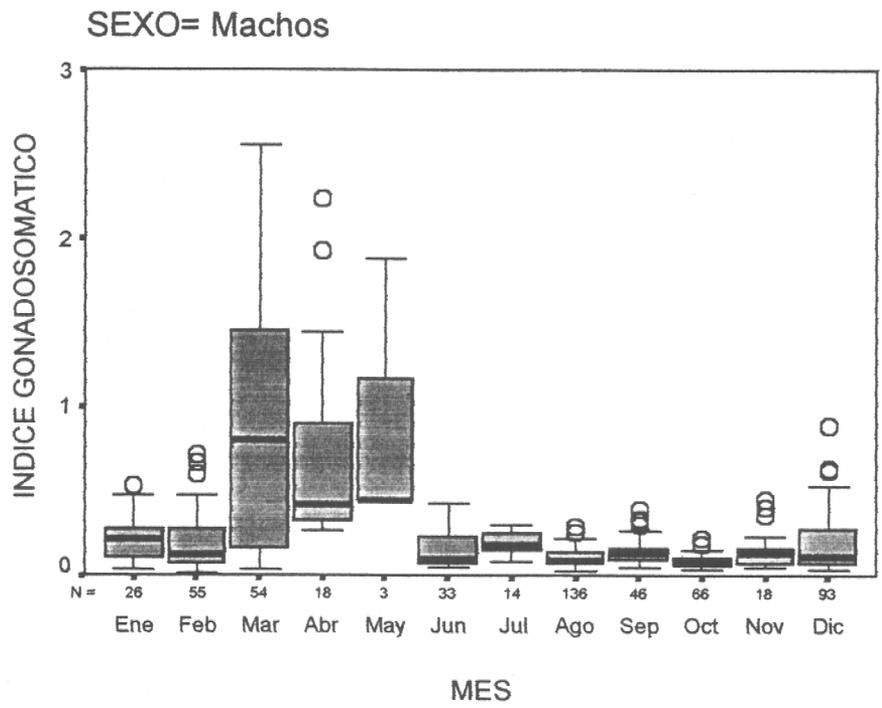


Fig. 6. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Sur, por mes y sexo. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones)

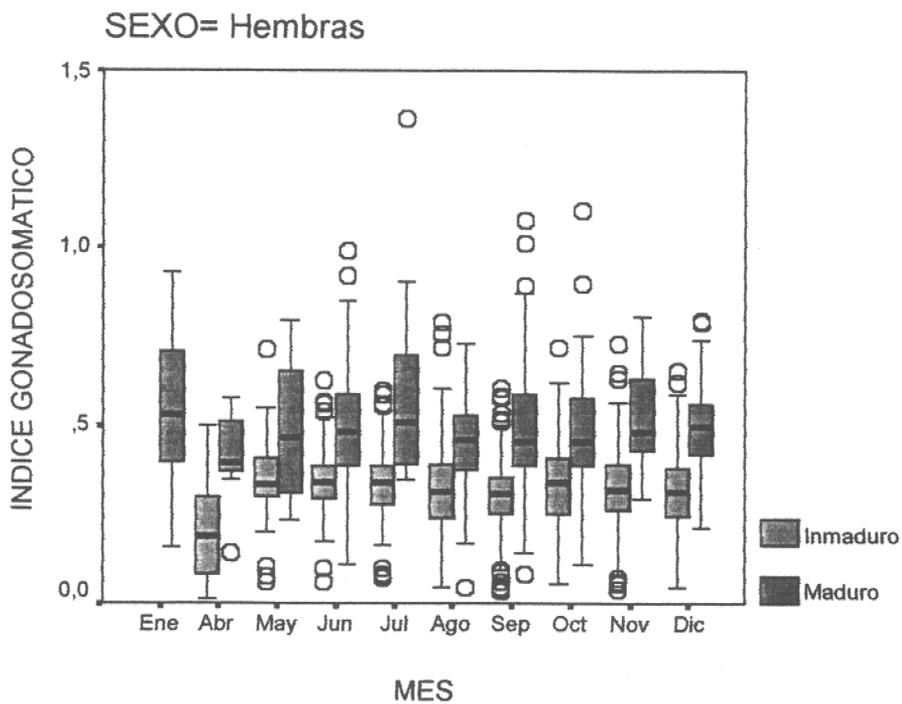
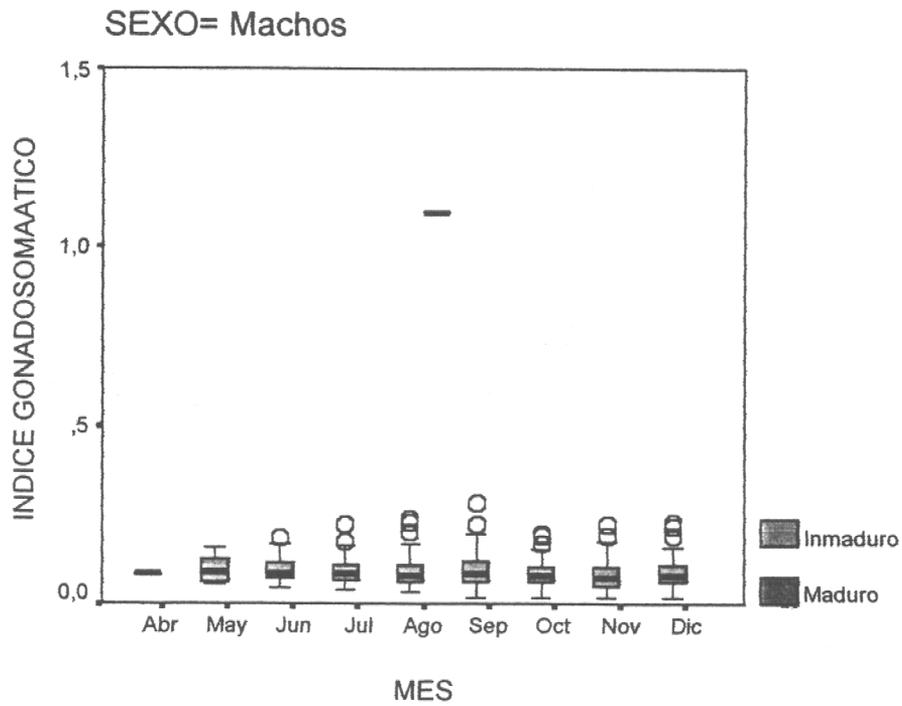


Fig. 7. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Norte, por mes, sexo, según madurez. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones)

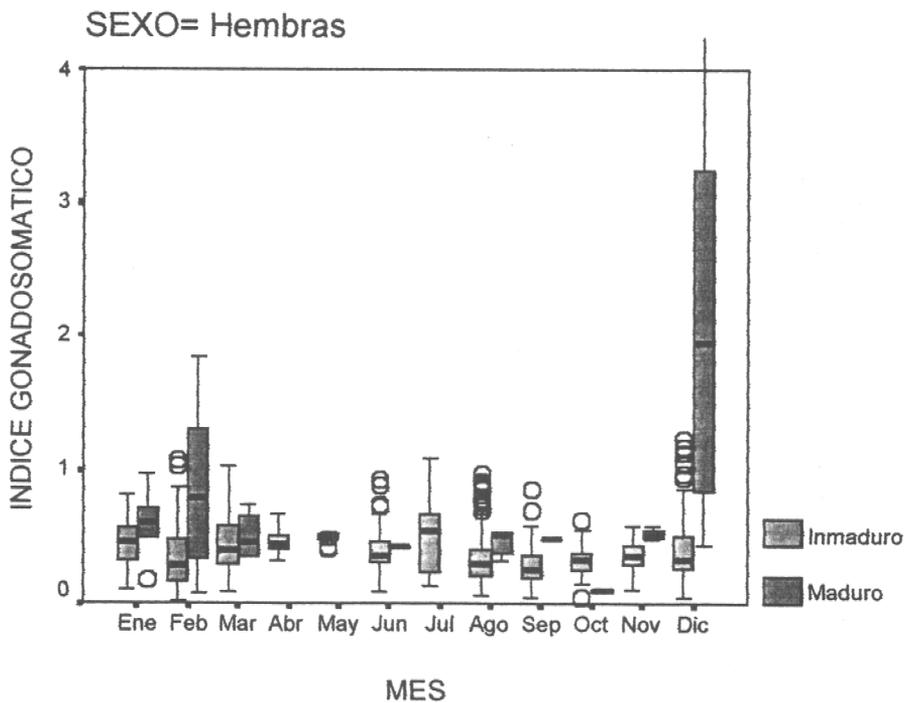
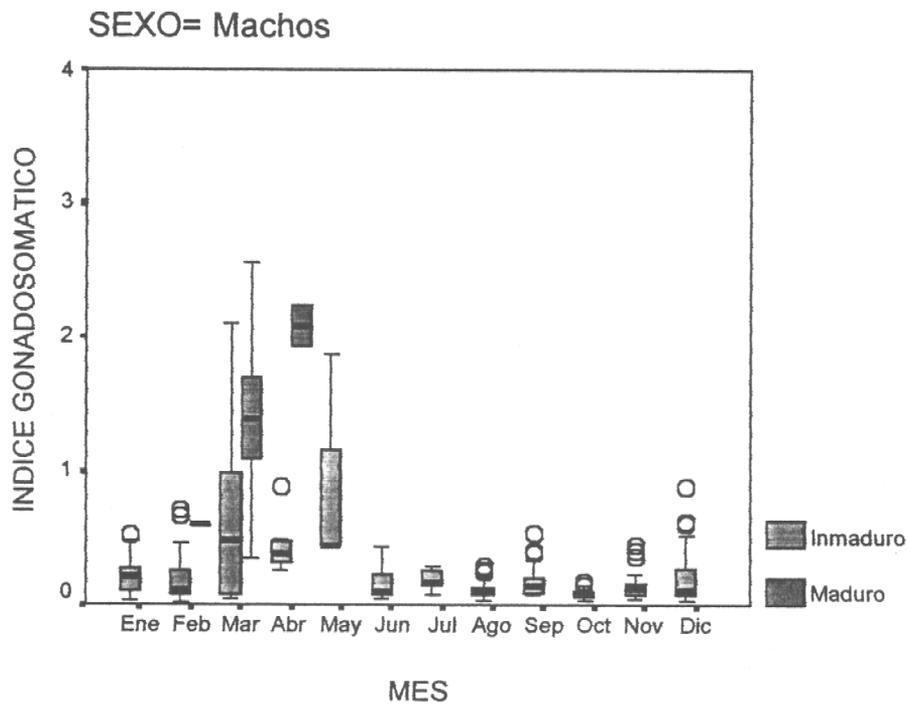


Fig. 8. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Sur, por mes, sexo, según madurez. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones)

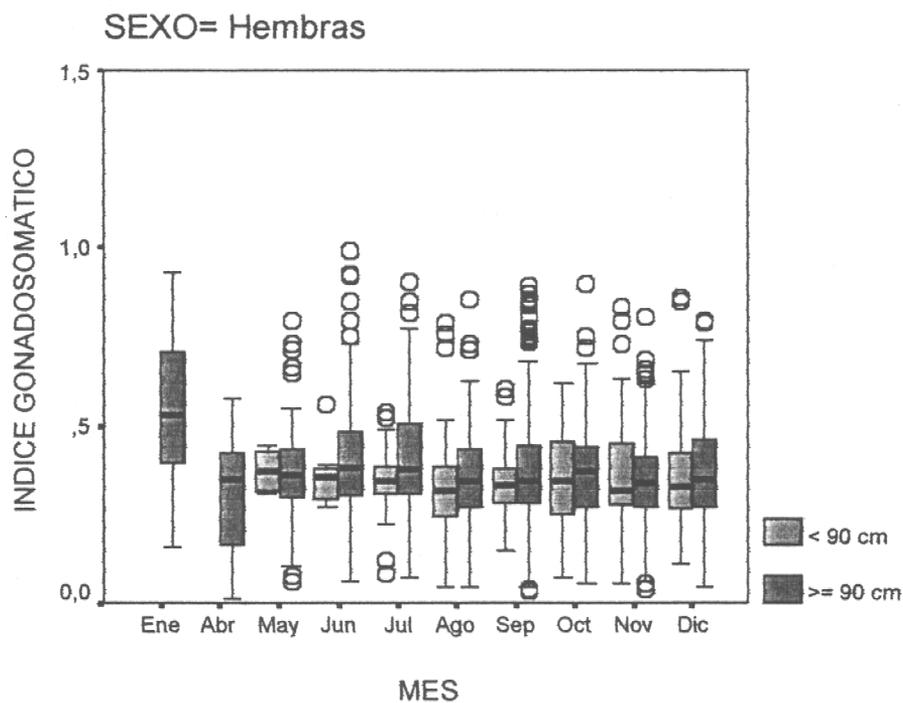
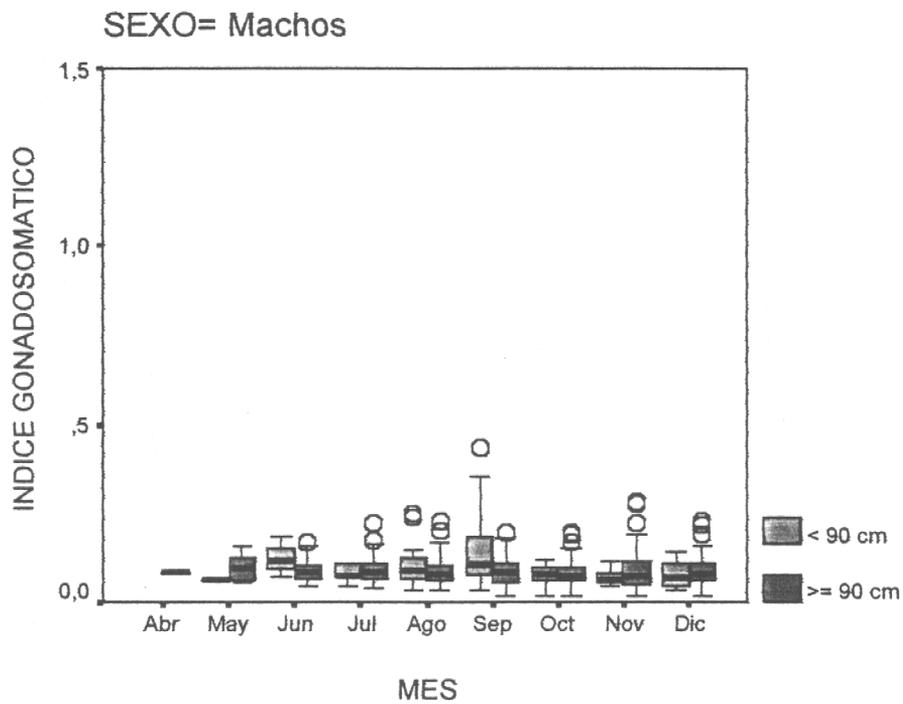


Fig. 9. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Norte, por mes, sexo, según longitud. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).

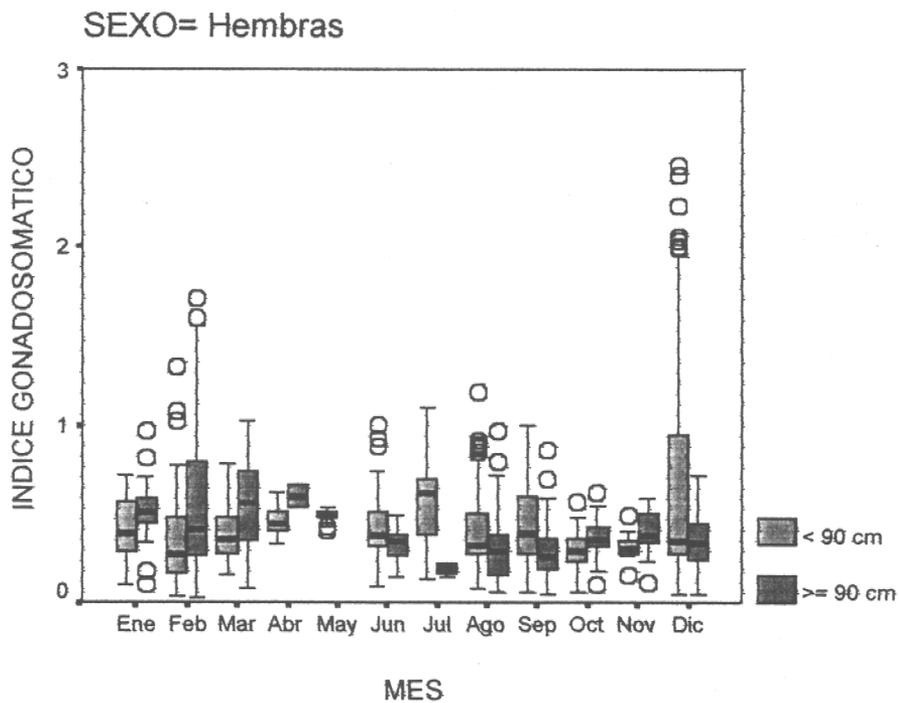
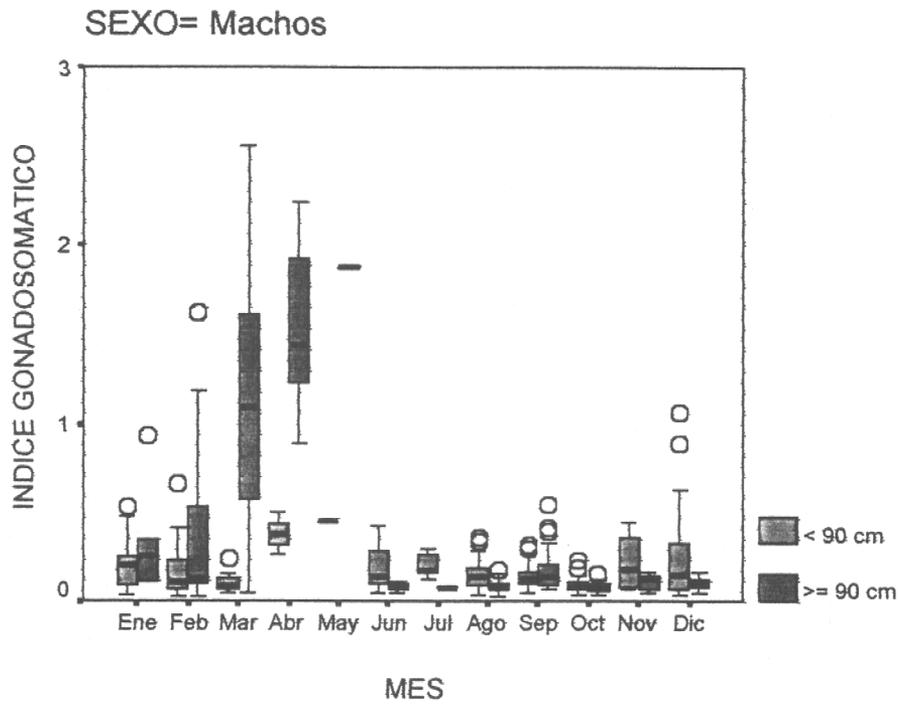


Fig. 10. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Sur, por mes, sexo, según longitud. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).

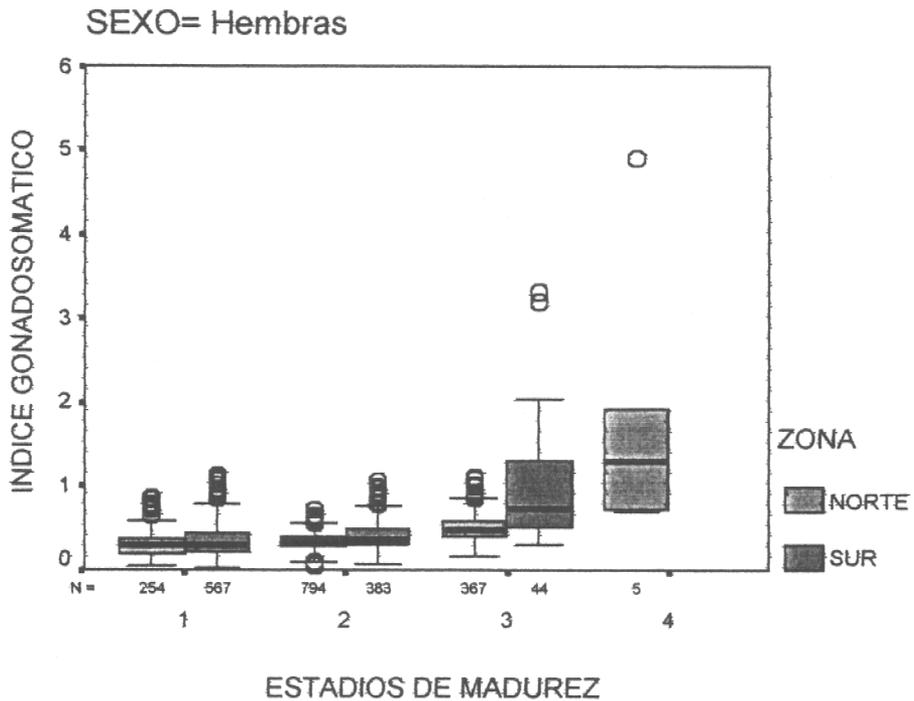
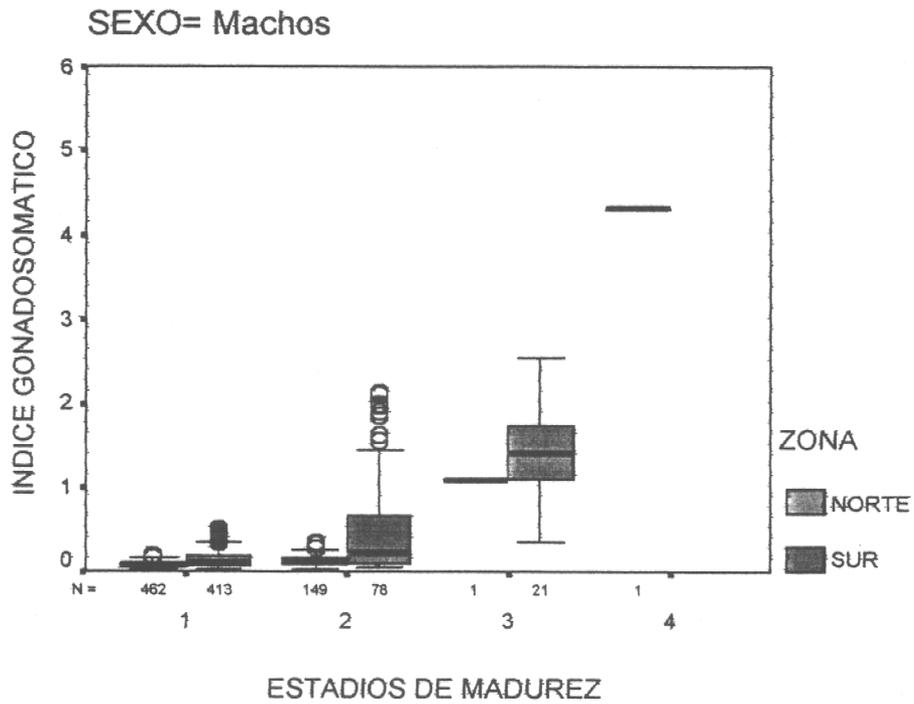


Fig 11. Índice gonadosomático de bacalao de profundidad según estadio de madurez sexual microscópica, por sexo y zona, 1998. (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones).

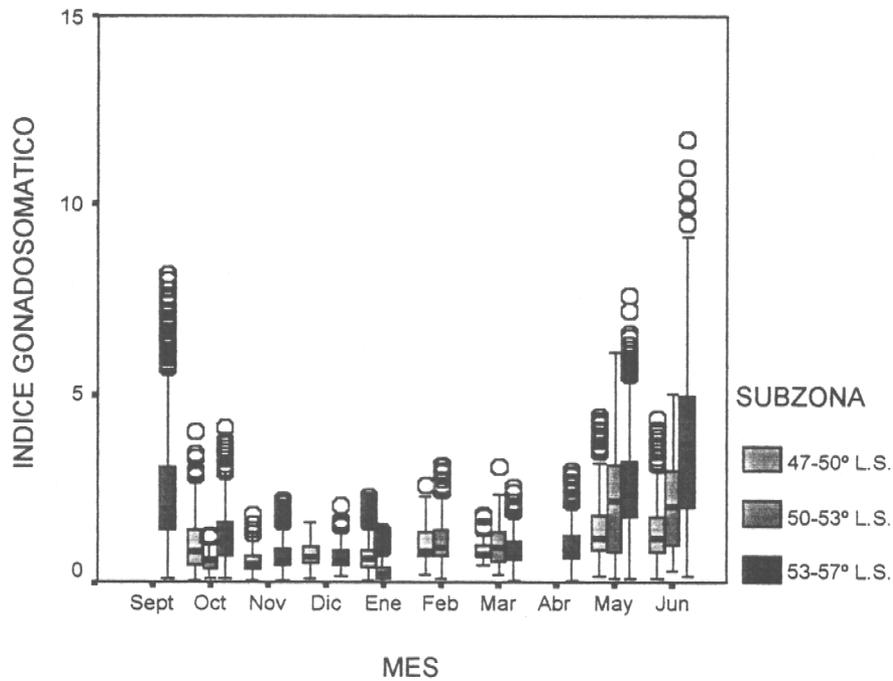


Fig. 12. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en la Zona Sur-austral de Chile (47° - 57° L.S.), por mes y subzona. Septiembre 1991 - junio 1992 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones)

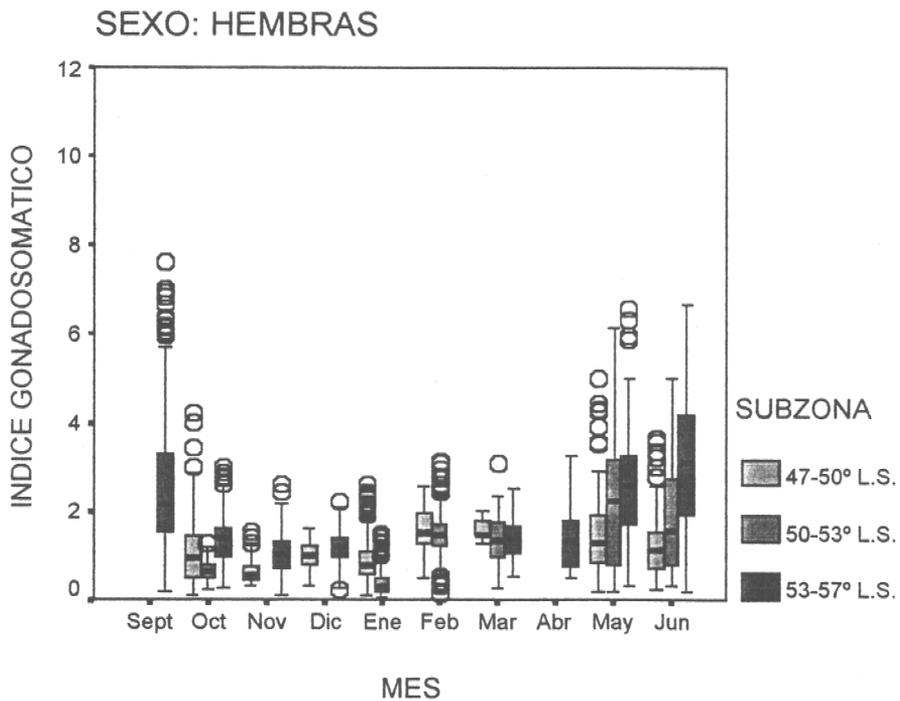
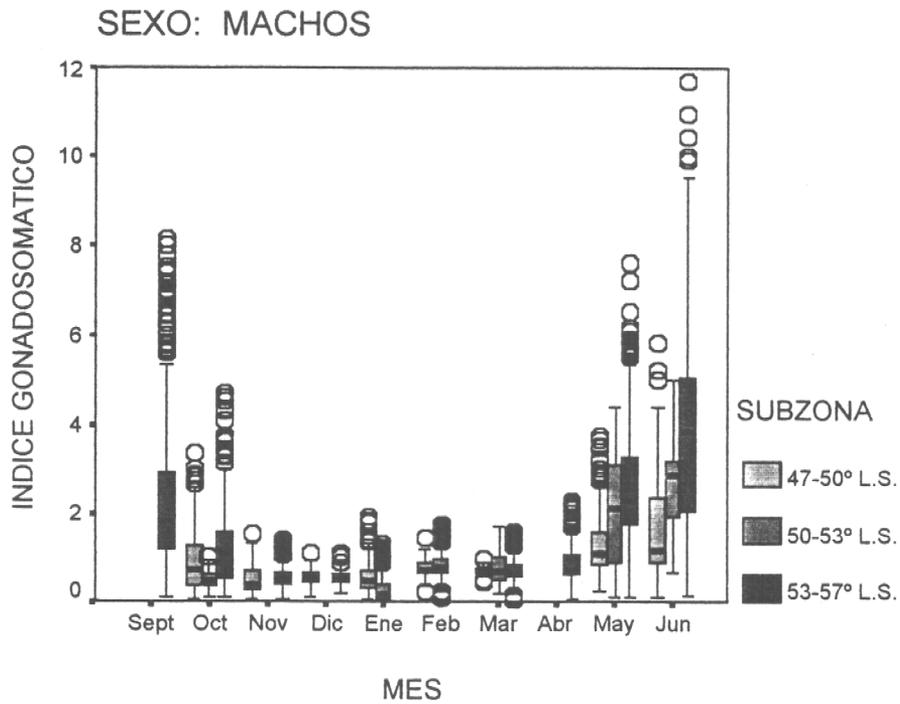


Fig. 13. Distribución del índice gonadosomático de bacalao de profundidad en las latitudes 47° - 57° S., por mes, sexo y subzona. Septiembre 1991 – junio 1992 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones)

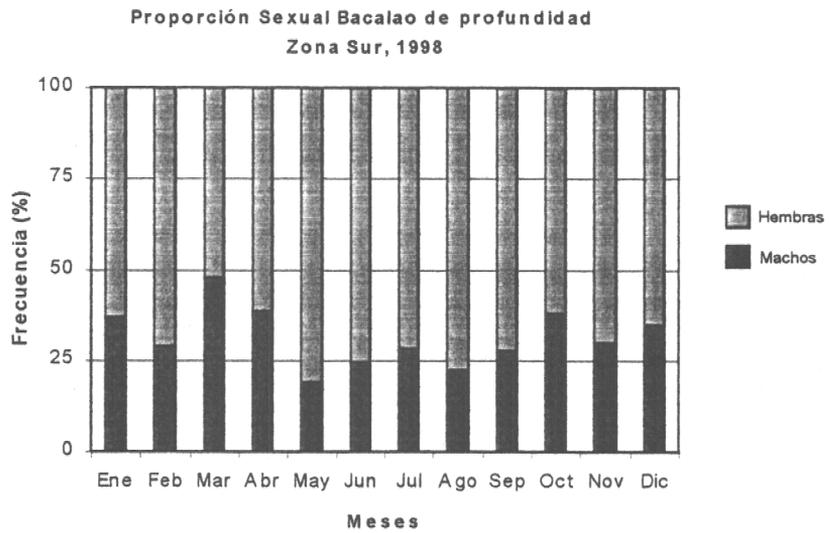
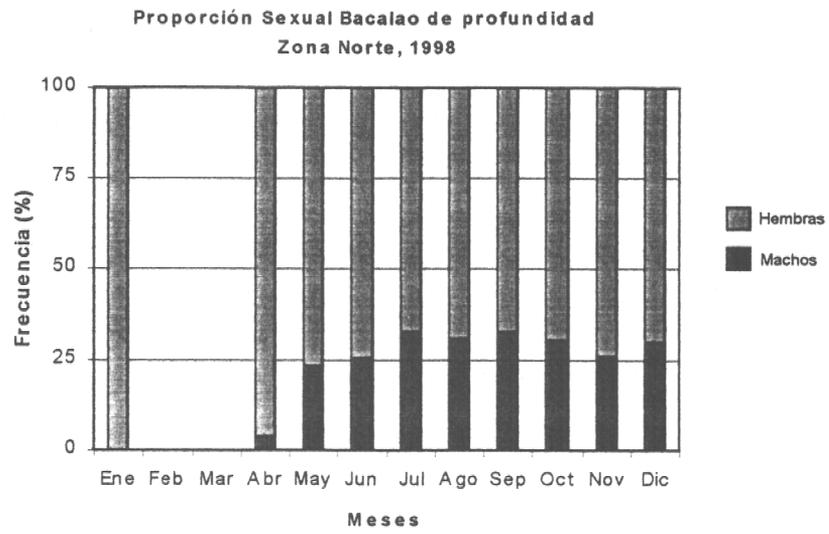


Fig. 14 Proporción sexual de las capturas de bacalao de profundidad en la zona Norte y Sur. 1998.

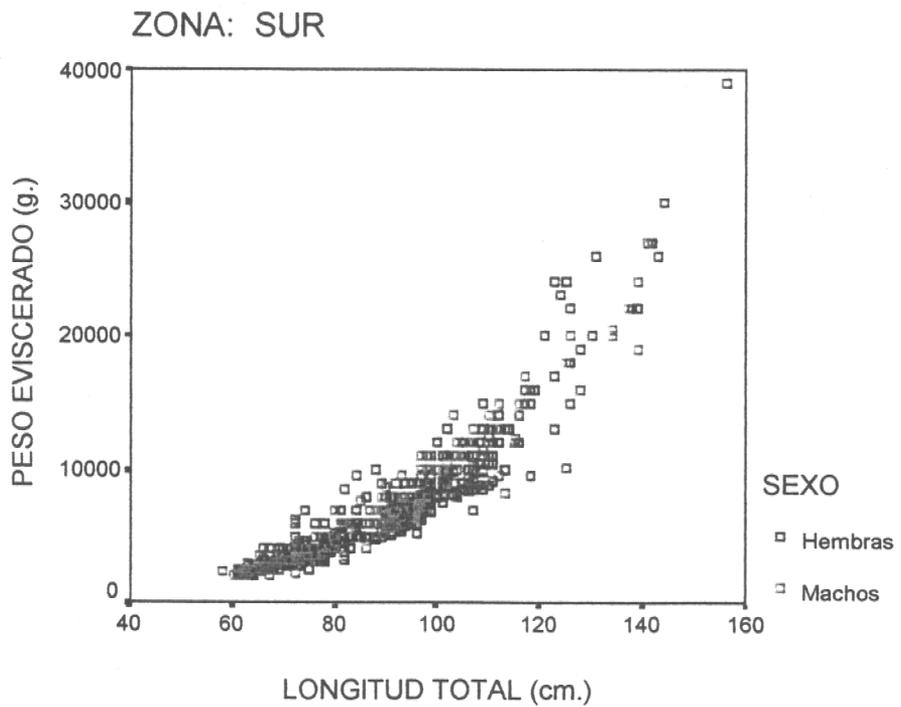
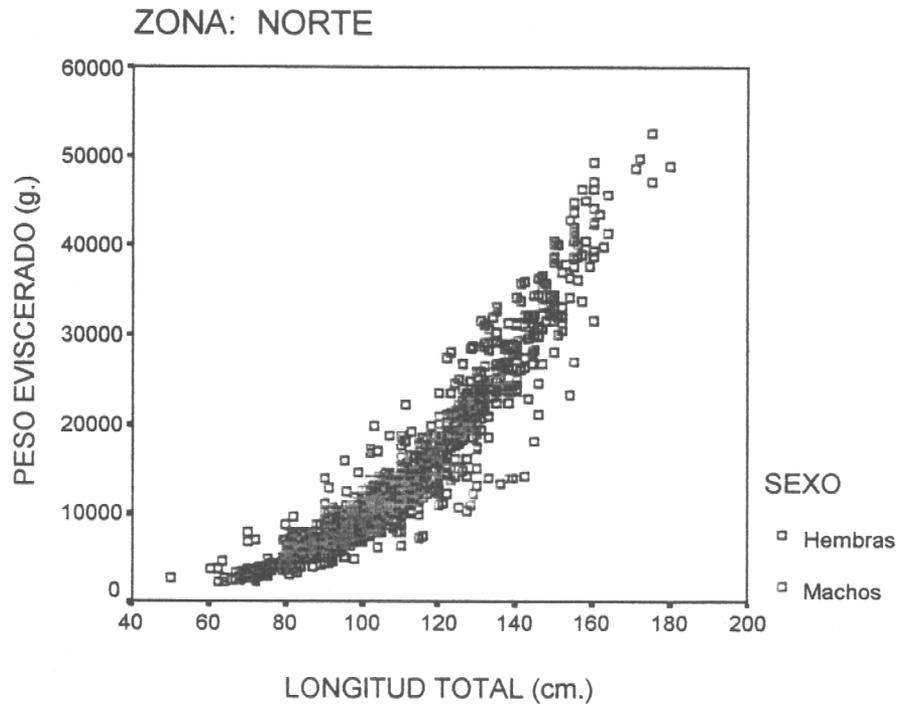


Fig. 15 Relación longitud total versus peso eviscerado de bacalao de profundidad, por Zona y sexo. 1998

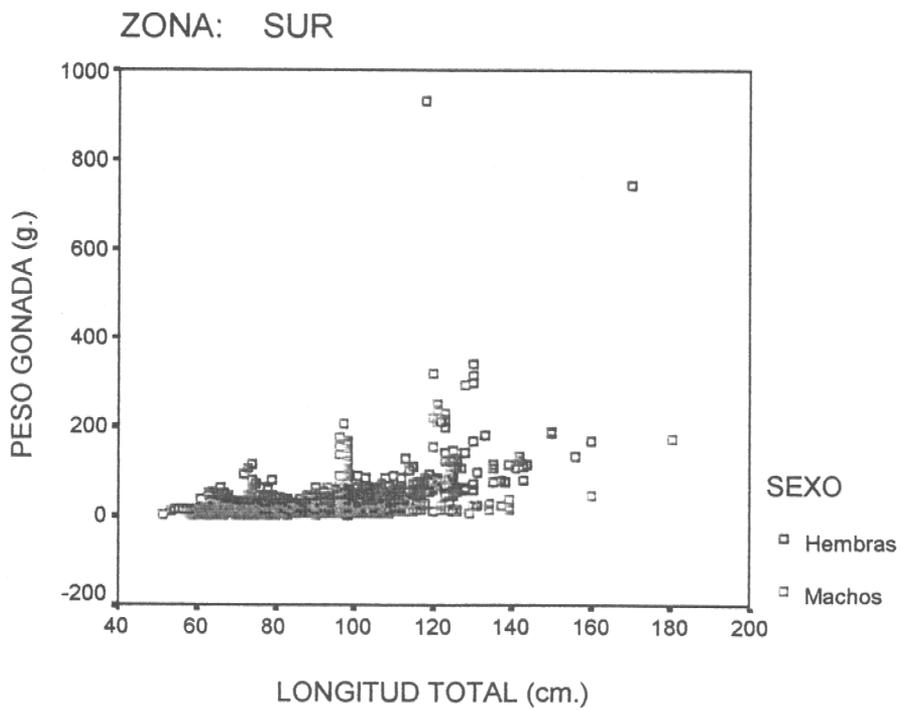
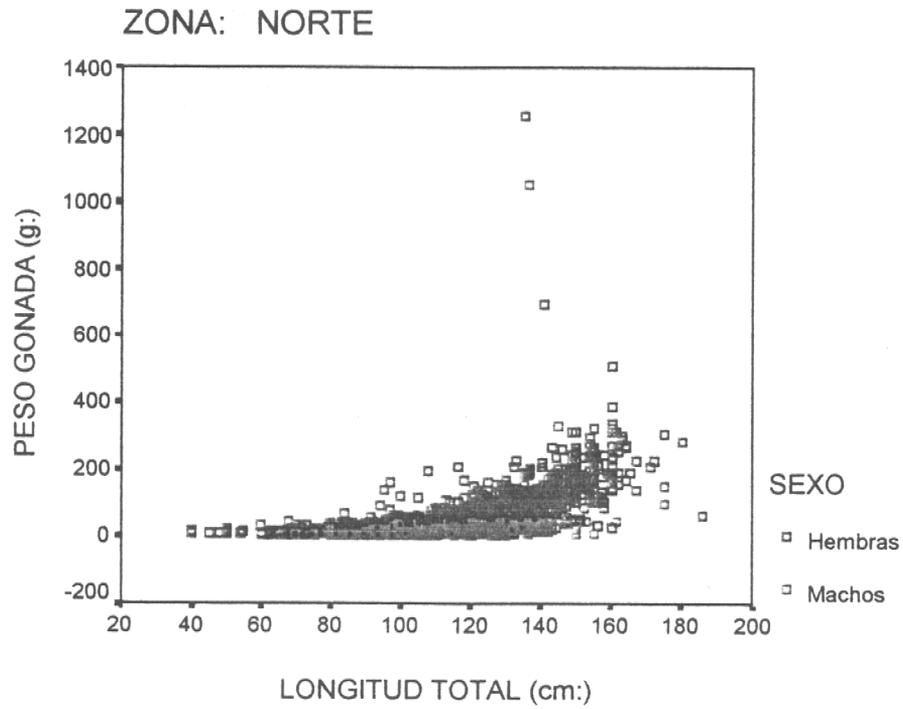


Fig. 16 Relación longitud total versus peso de gónada de bacalao de profundidad, por Zona y sexo. 1998

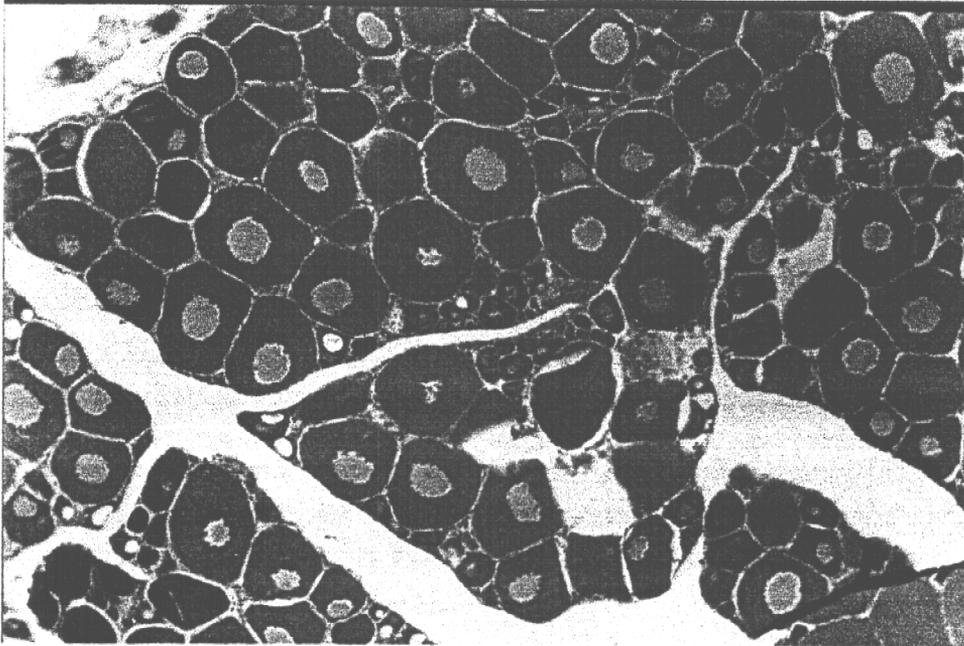


Fig. 17 Hembra en estadio 1: porciones de lamelas ovígeras, conteniendo ovocitos no vitelinos de diferentes tamaños. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).

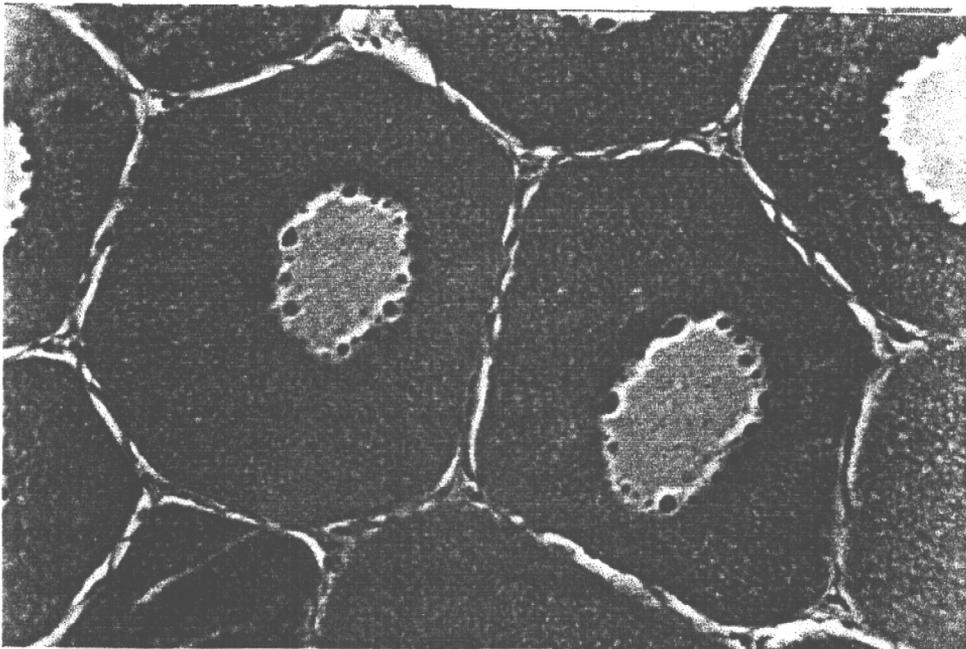


Fig. 18 Ovocito no vitelino envuelto por numerosas células foliculares planas. Se destaca el núcleo en posición central, con sus numerosos nucleolos en la periferia nucleolar. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).

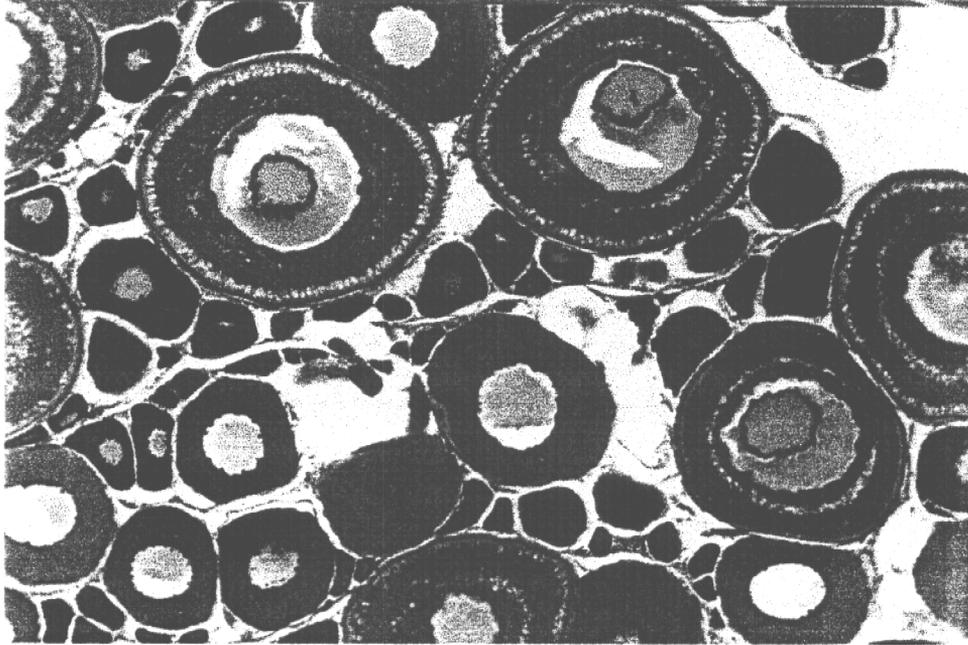


Fig. 19 Hembra en estadio 2: en las lamelas ovígeras se distinguen numerosos ovocitos no vitelinos y en menor cantidad ovocitos en vitelogénesis endógena. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).

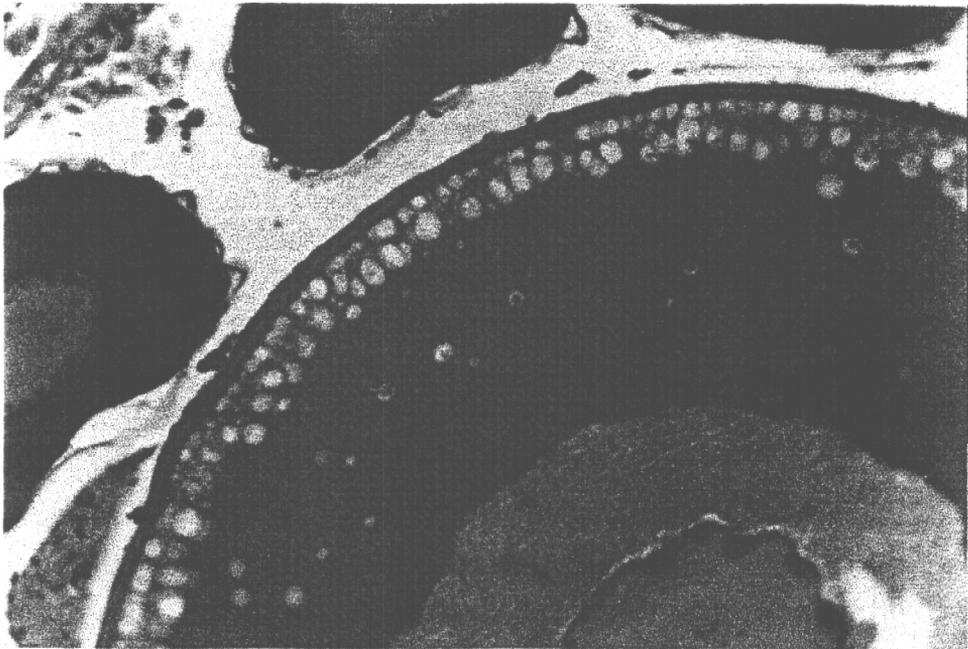


Fig. 20 Porción de un ovocito en vitelogénesis endógena, externamente se distingue la capa granulosa formada por células cúbicas planas y bajo ellas una delgada zona pelúcida. En el interior del citoplasma hay gran cantidad de vacuolas. El núcleo es eosinófilo y presenta numerosos nucleolos periféricos. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).

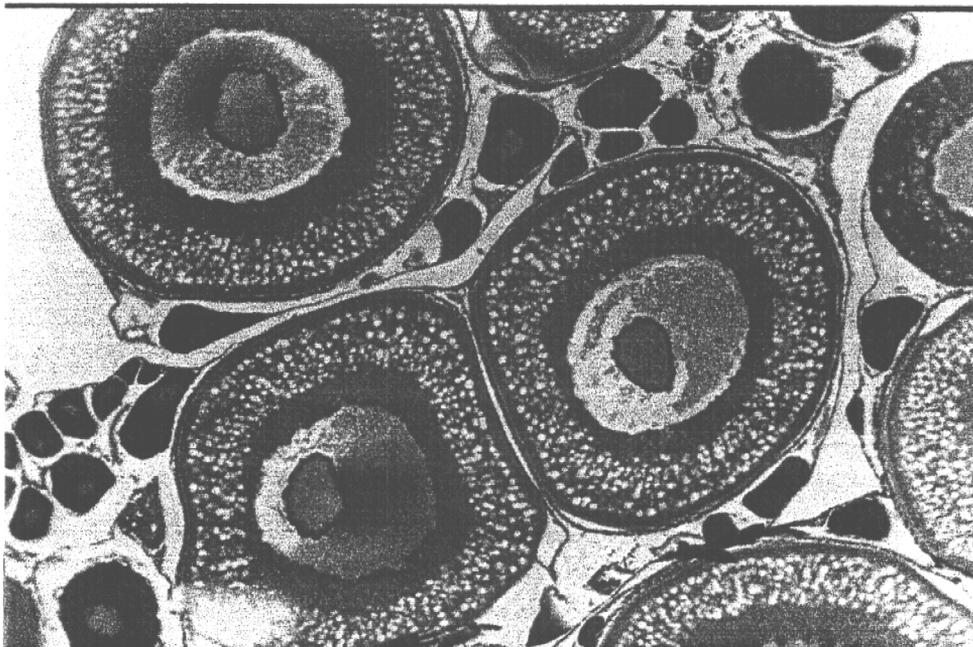


Fig. 21 Hembra en estadio 3a: en la lamela ovígera hay ovocitos no vitelinos y ovocitos en vitelogénesis exógena inicial. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).

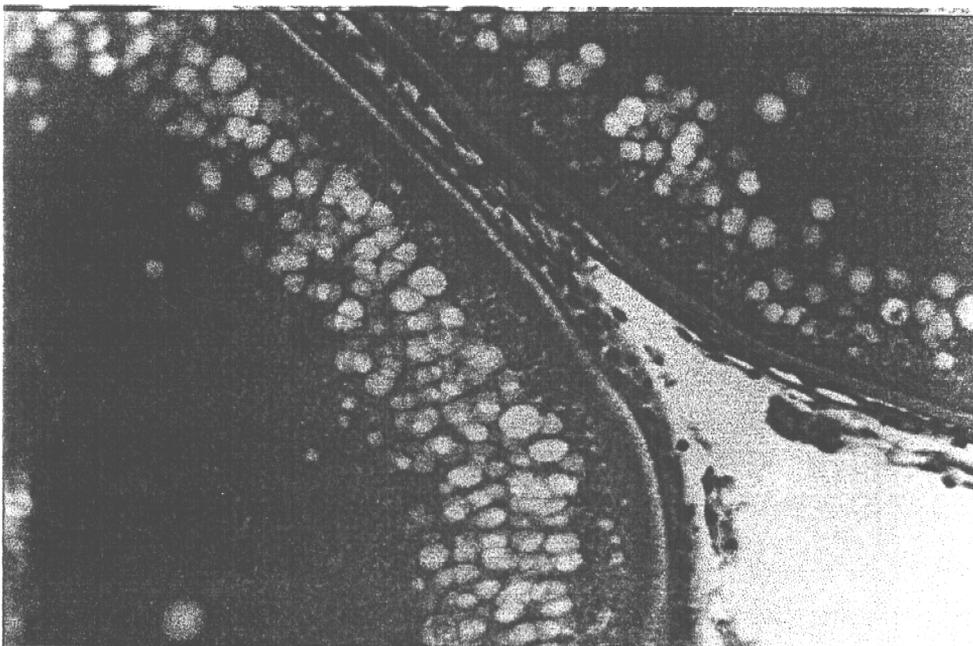


Fig. 22 Porción de dos ovocitos en fase de vitelogénesis oxógena inicial. En la periferia del citoplasma hay gran cantidad de gránulos de vitelo y bajo ellos vacuolas cromofobas. El ovocito está delimitado por la membrana pelúcida y las células foliculares lo limitan externamente. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).

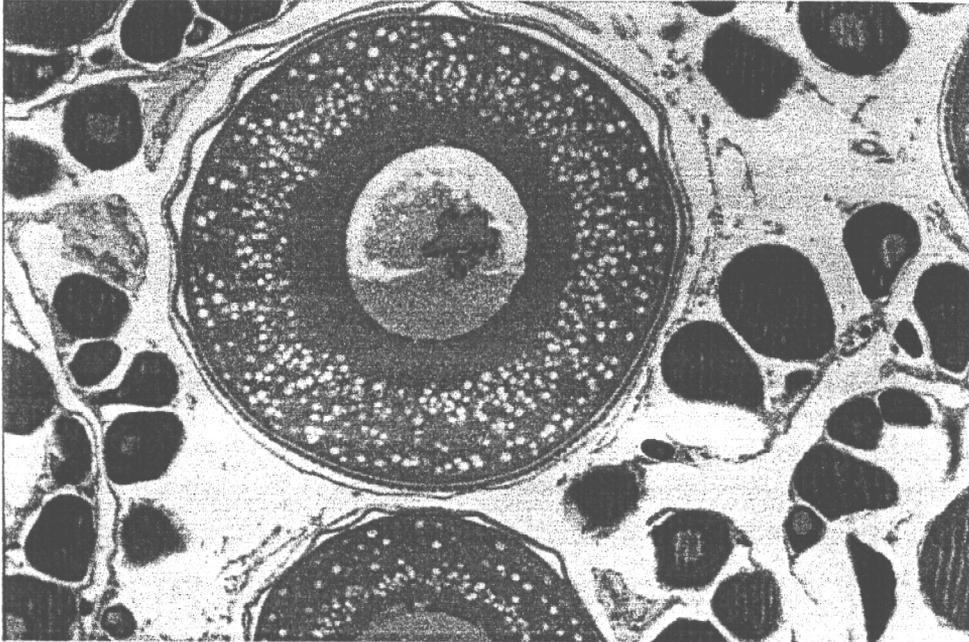


Fig. 23 Hembra en estadio 3b: el ovario tiene ovocitos en vitelogénesis parcial, coexistiendo con ovocitos no vitelados. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).

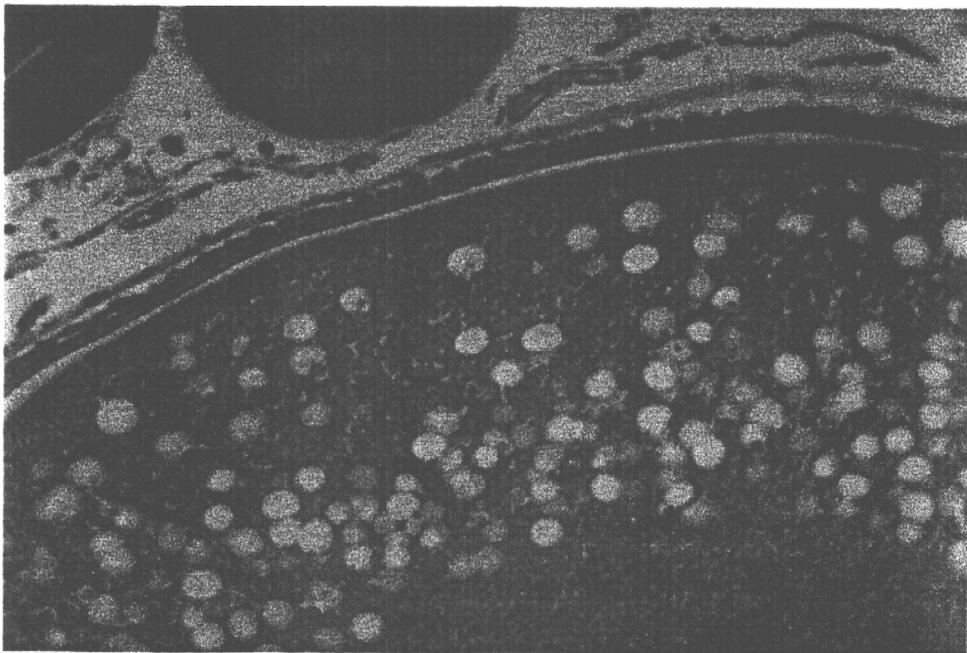


Fig. 24 Parte de un ovocito en vitelogénesis parcial. El ovocito contiene plaquetas de vitelo, localizadas hacia el 2/3 del citoplasma. Las células foliculares que constituyen la granulosa forman un epitelio cúbico. La zona pelúcida tiene un grosor similar al epitelio. Sobre el epitelio folicular se observa una delgada capa de células que constituyen la teca. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).

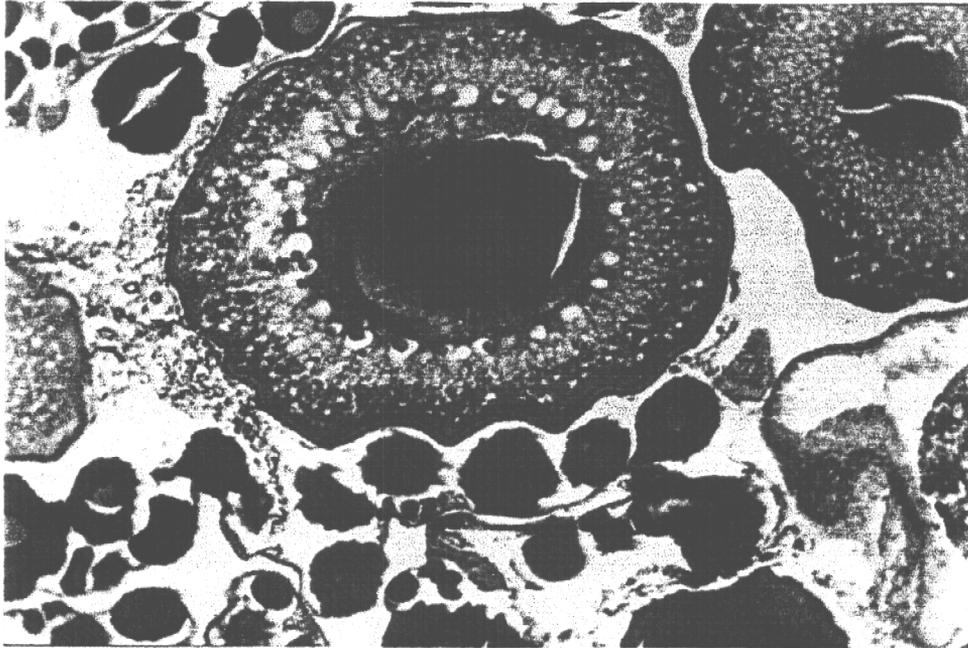


Fig. 25 Hembra en estadio 3c: El ovario contiene ovocitos en vitelogénesis total y numerosos ovocitos no vitelados. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).

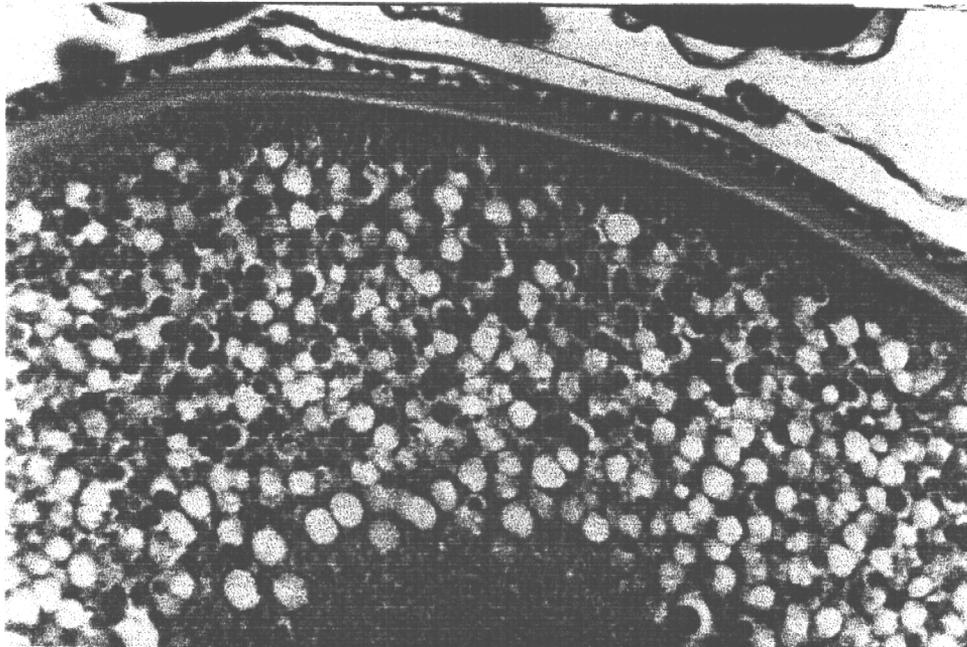


Fig. 26 Porción de ovocito en vitelogénesis total, caracterizado por una gran cantidad de plaquetas de vitelo que ocupan casi todo el espacio citoplasmático. Externamente se distingue, la teca y bajo ella la capa granulosa. La zona pelúcida es amplia, tiñéndose moderadamente con la eosina. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).

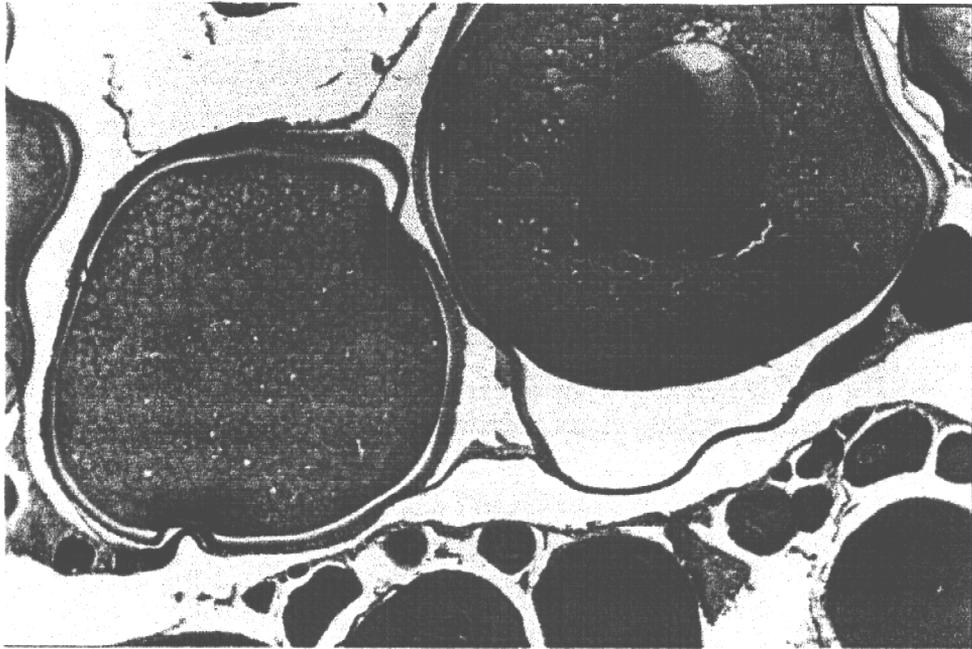


Fig. 27 Hembra en estadio 4. En el ovario los ovocitos han alcanzado el estado de hidratación y grandes glóbulos de vitelo se observan en todo el citoplasma. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).

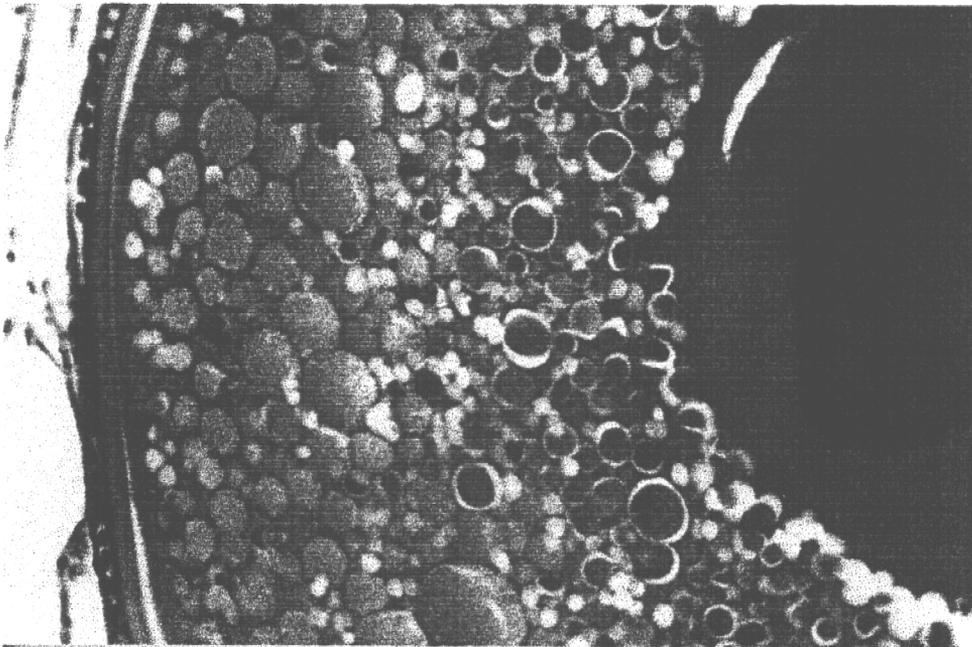


Fig. 28 Ovocito en hidratación. El citoplasma contiene numerosos glóbulos de vitelo, hasta las inmediaciones del área nuclear. En el núcleo los nucleolos muestran una tinción basófilica. Sobre la zona pelúcida se encuentra la capa granulosa y más externamente la teca. Objetivo 40 x (1cm = 24  $\mu$ m).

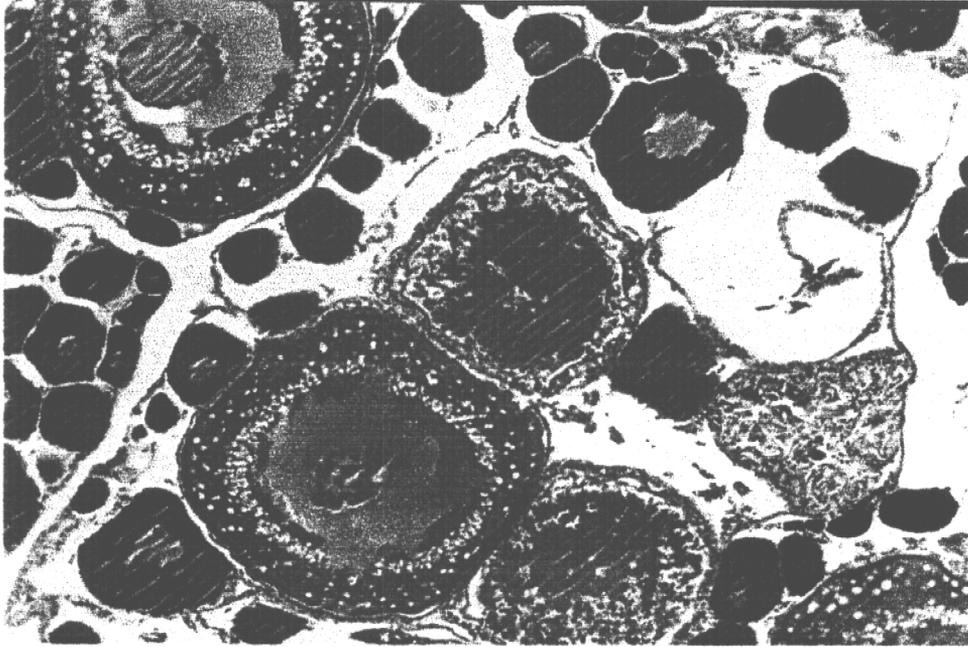


Fig 29 Hembra en estadio 2, con atresia. La lamela ovígera contiene ovocitos en vitelogénesis endógena y otros en diferentes fases de regresión folicular. Además ovocitos no vitelinos se encuentran entre los anteriores. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).

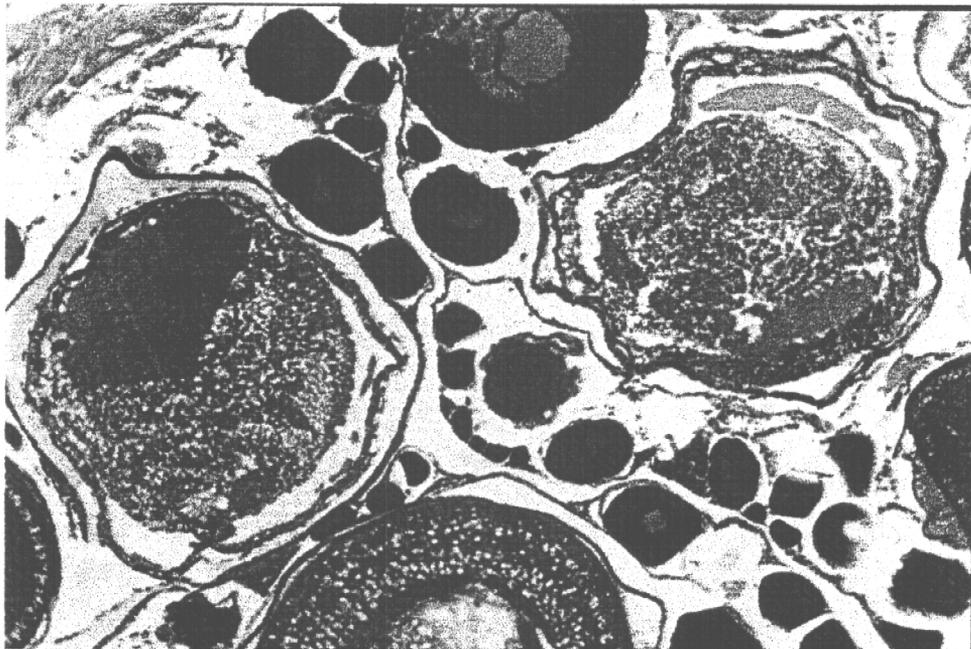


Fig. 30 Hembra en estadio 3b, con atresia. Ovocitos en vitelogénesis parcial están en grado variable de atresia y otros aparecen con morfología normal. Los ovocitos no vitelados no muestran alteraciones. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).

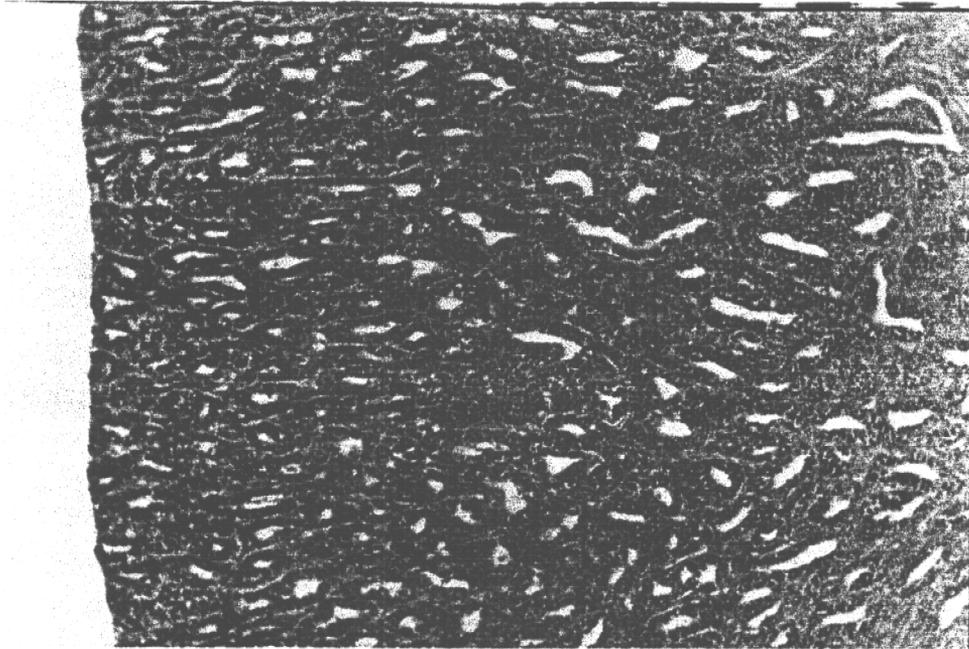


Fig. 31 Macho en estadio 1. Se diferencian dos zonas: La corteza, donde los túbulos seminíferos están próximos y separados por poco tejido conectivo y una zona medular en la cual escasas porciones de túbulos seminíferos están separadas por gran cantidad de tejido conectivo. Objetivo 10 x (1 cm = 96  $\mu$ m).

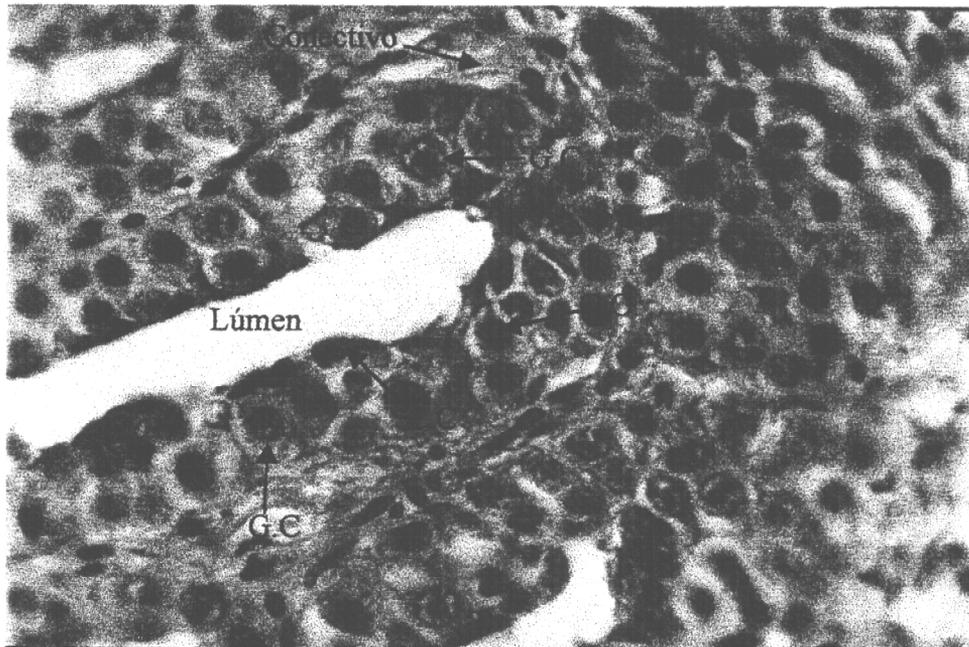


Fig. 32 Macho en estadio 1. Los túbulos seminíferos se encuentran separados por tejido conectivo intersticial. El túbulo presenta espermatogonias claras (G.C.) y oscuras (G.O.). Células cysticas (C.C.) envuelven a las espermatogonias. Objetivo 100 x (1cm = 10,5  $\mu$ m).

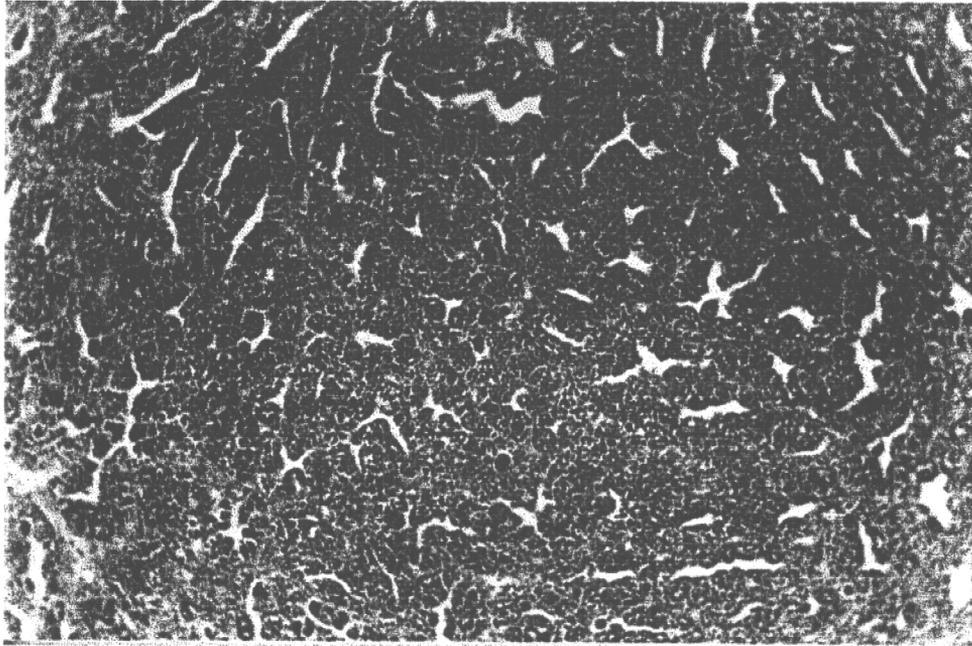


Fig. 33 Macho en estadio 2: porción de testículo intermedia, entre la corteza y médula. Los túbulos seminíferos se hayan separados por un delgado tabique de tejido conectivo intersticial y presentan un epitelio formado por gran cantidad de células germinales. Objetivo 10 x (1cm = 96  $\mu$ m).

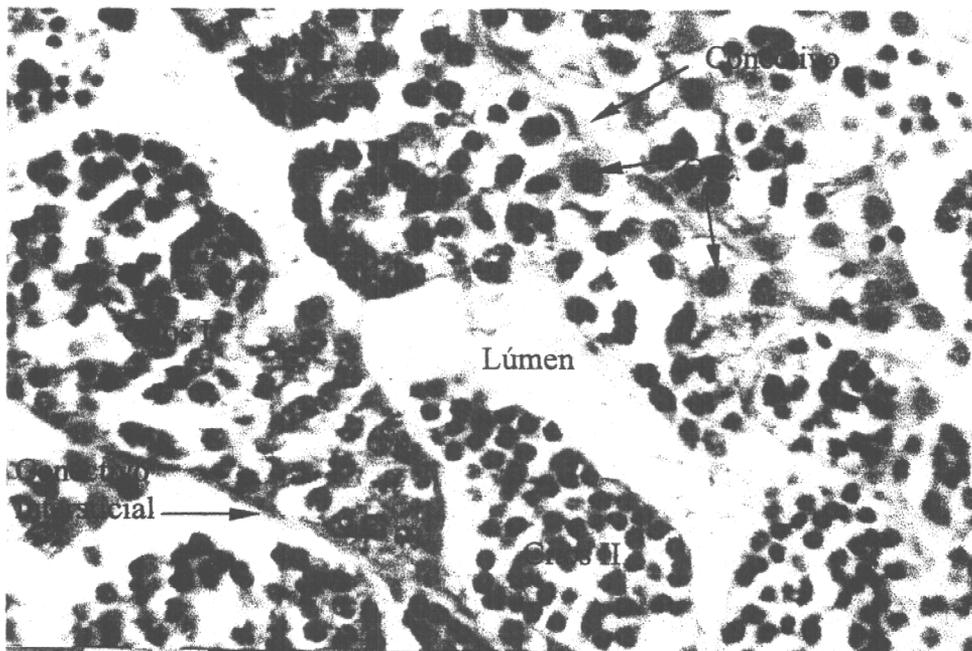


Fig. 34 Macho en estadio 2: El túbulo seminífero contiene células germinales agrupadas en numerosos cystos de espermatogonias claras (G.C.), espermatocitos primarios (citos I) y espermatocitos secundarios (citos II) Entre los túbulos seminíferos se localiza el tejido conectivo intersticial. Objetivo 100 x (1cm = 10,5  $\mu$ m).

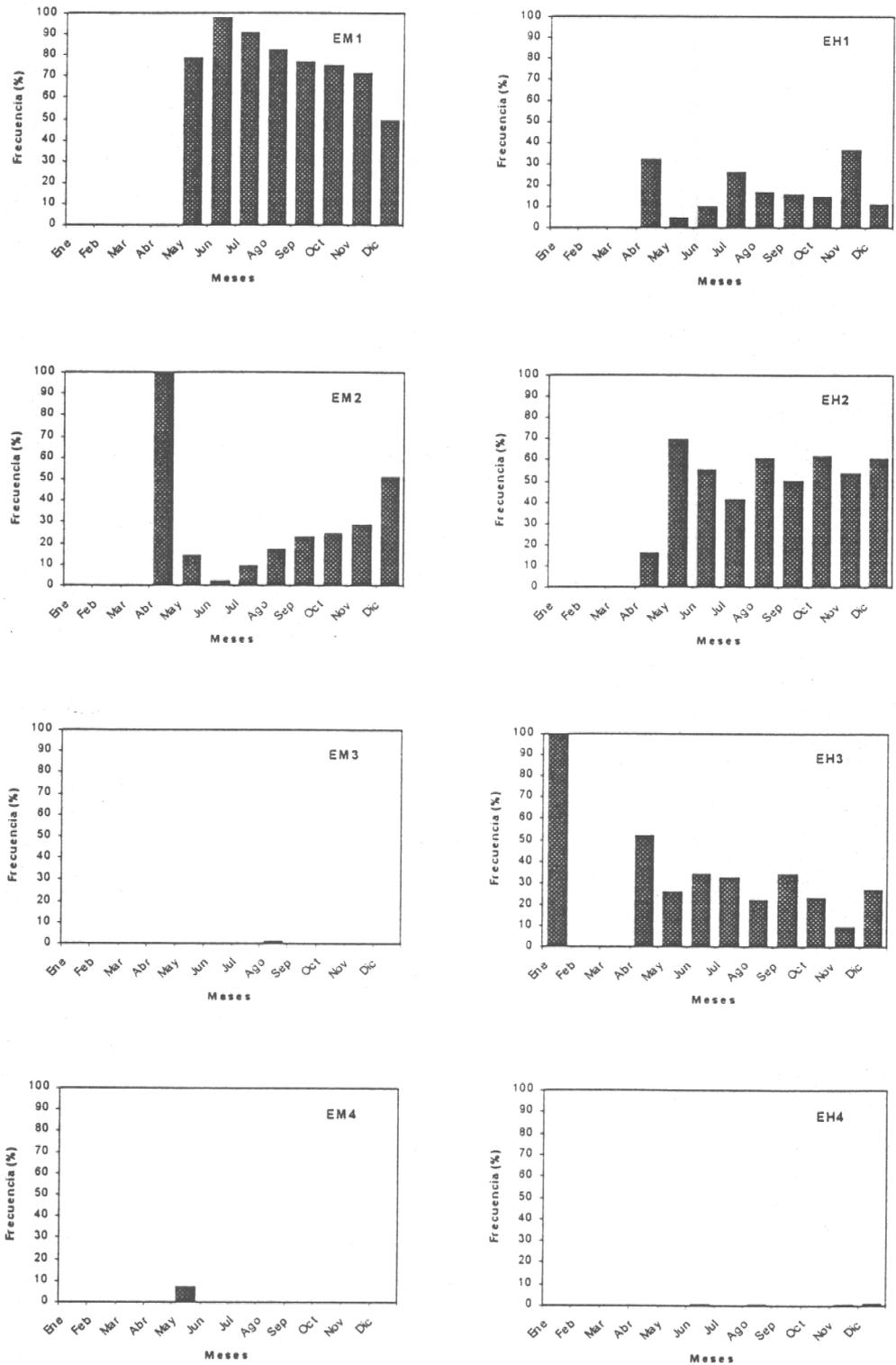


Fig. 35 Frecuencias de ocurrencia de cada uno de los estadios de madurez sexual (EM: Machos; EH: Hembras) de bacalao de profundidad, por sexo y mes. Zona Norte, 1998.

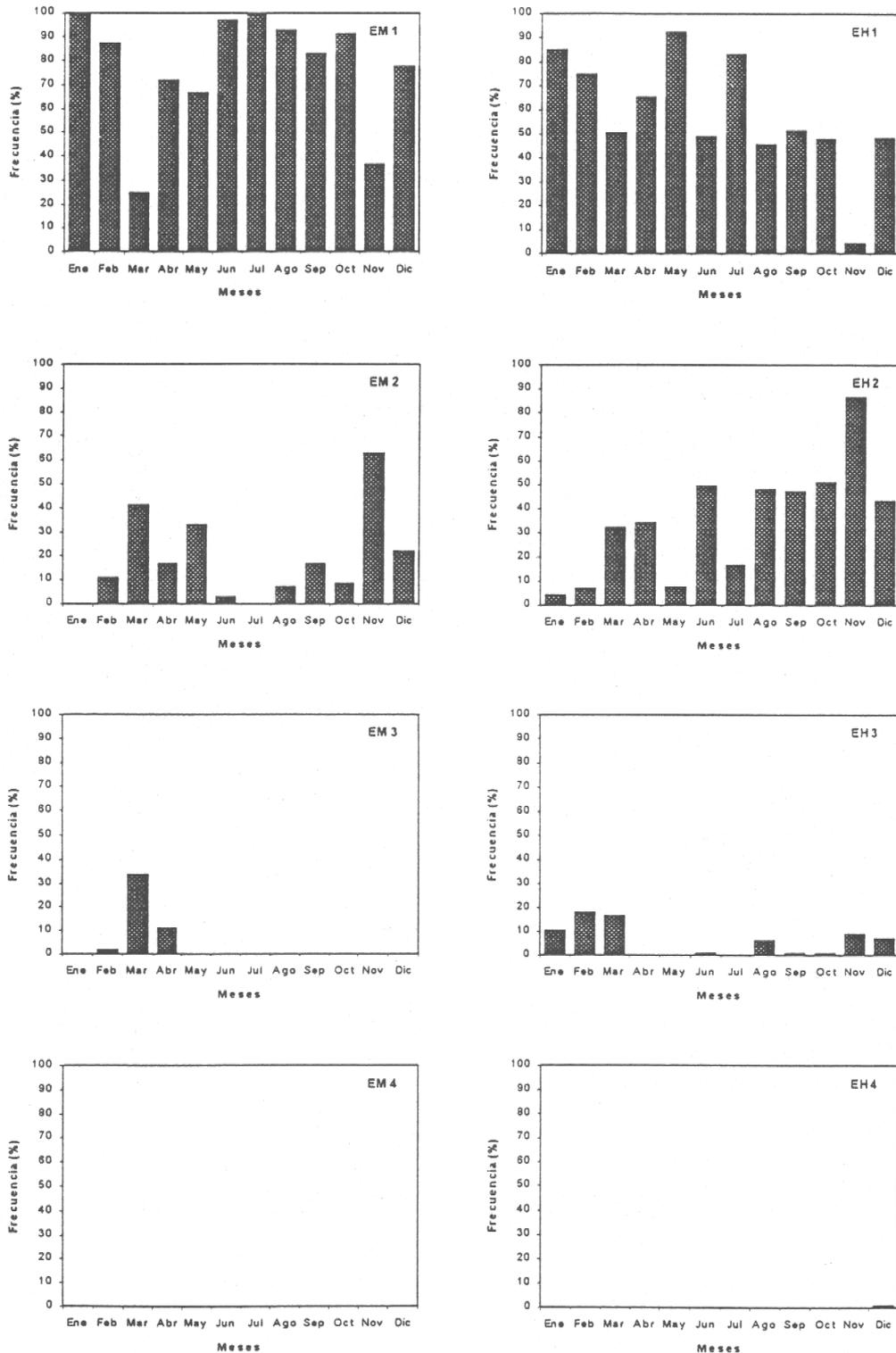


Fig. 36. Frecuencia de ocurrencia de cada uno de los estadios de madurez sexual (EM: Machos; EH: Hembras) de bacalao de profundidad, por sexo y mes. Zona Sur, 1998.

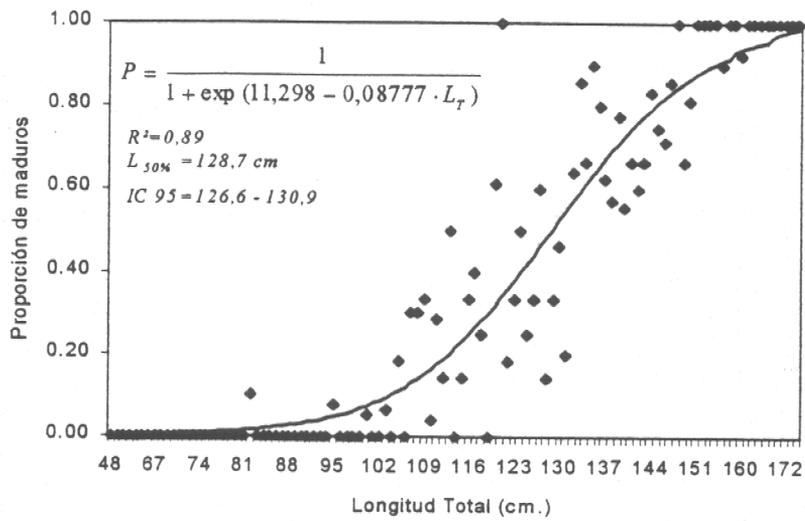


Fig. 37. Curva de madurez sexual microscópica de bacalao de profundidad, hembras, zona Norte.

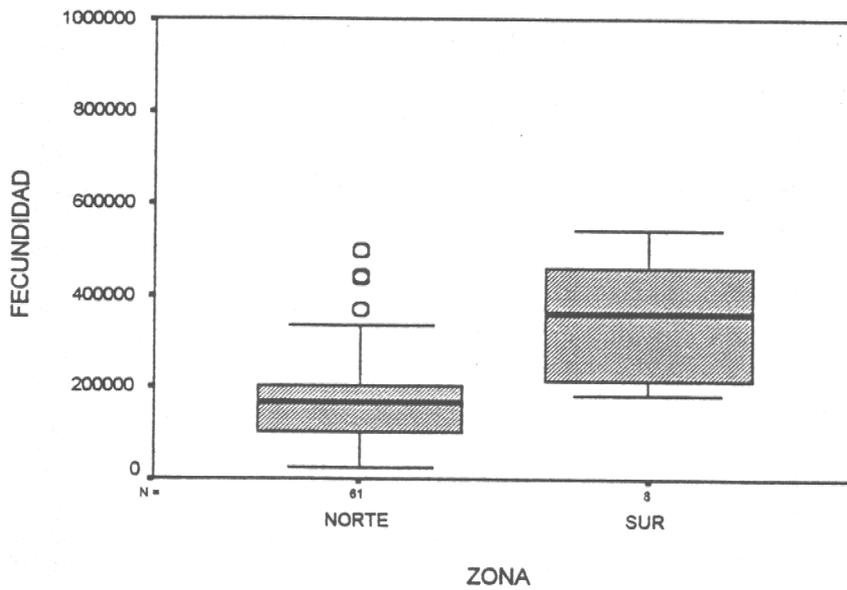


Fig. 38. Fecundidad potencial de bacalao de profundidad, por zona. 1998 (está señalada la mediana y los cuartiles, la caja representa el 50% de las observaciones)

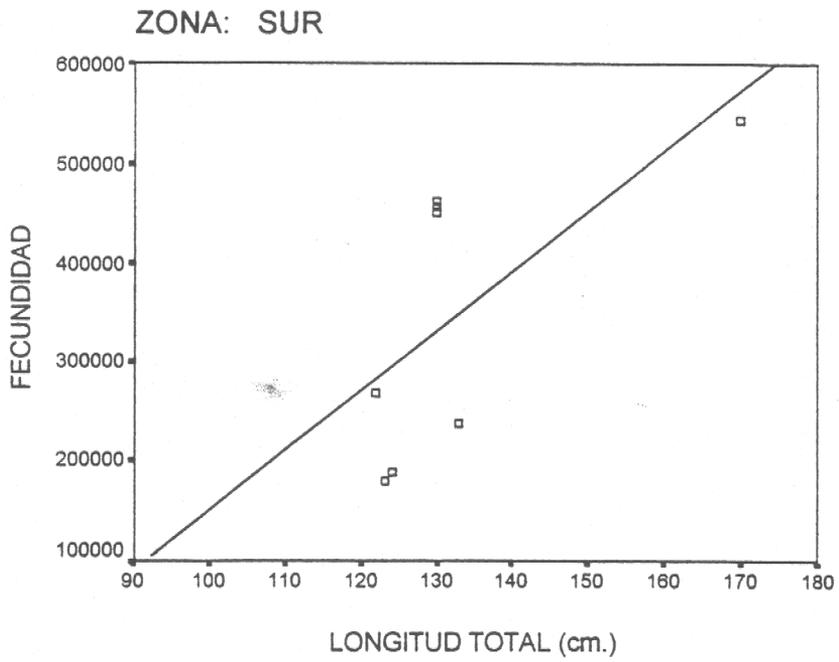
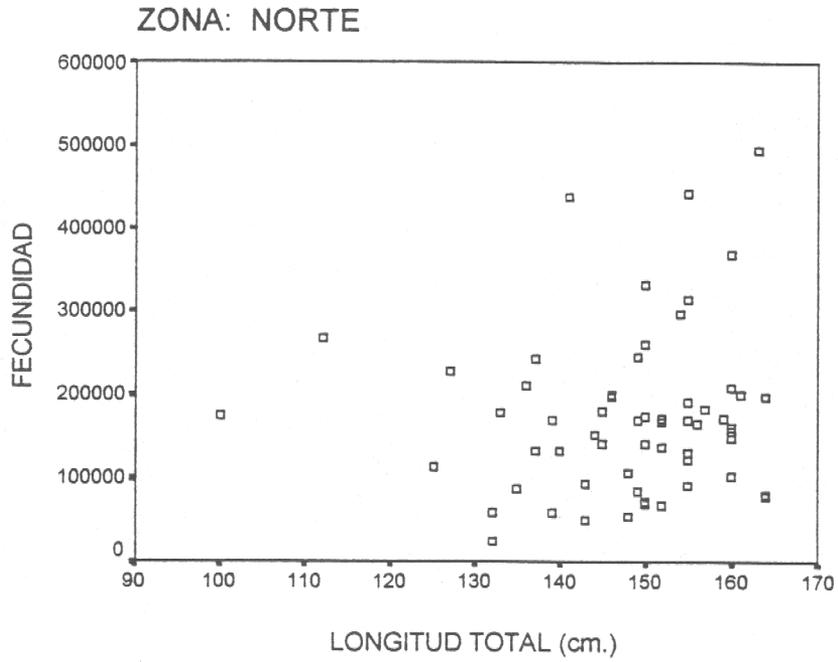


Fig. 39 Relación longitud total versus la fecundidad potencial de bacalao de profundidad, por Zona. 1998

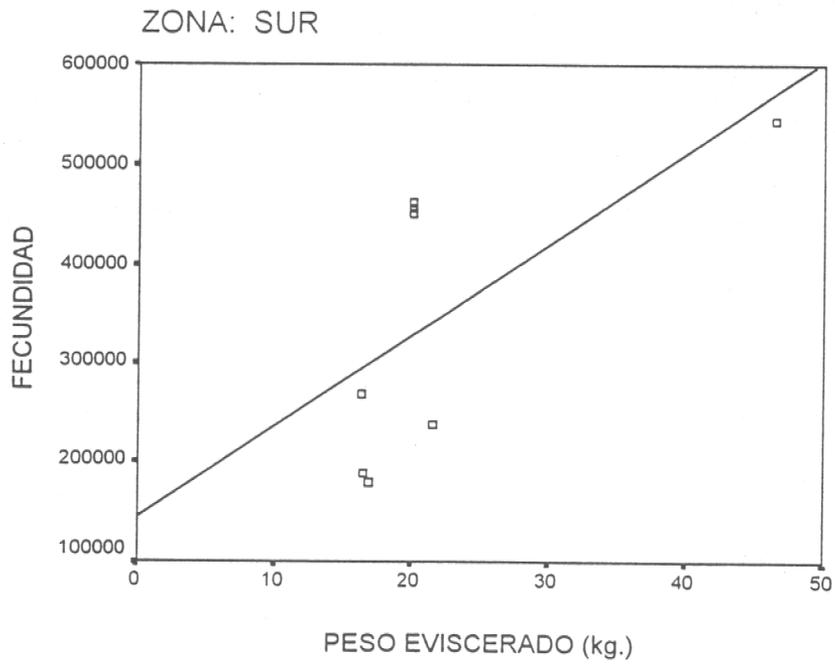
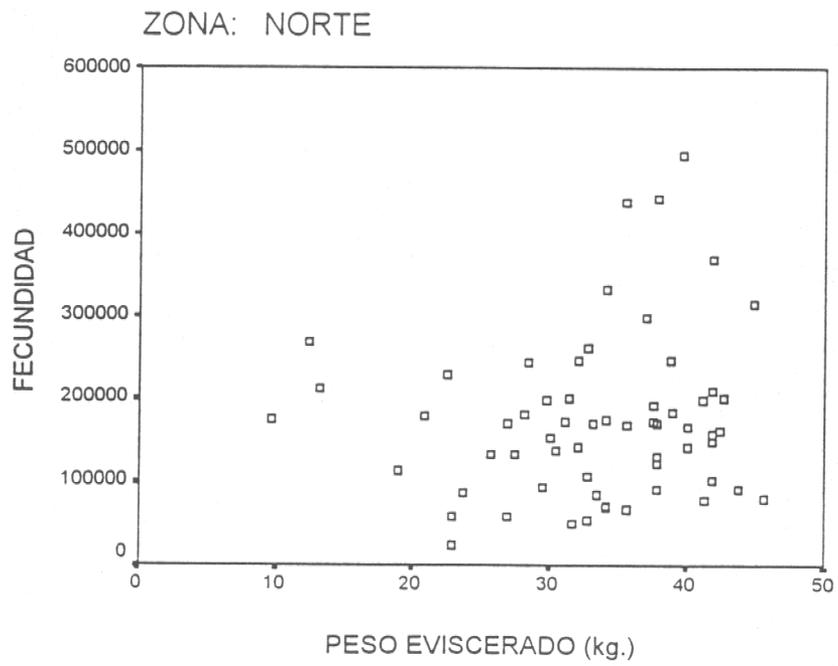


Fig. 40 Relación peso eviscerado versus fecundidad potencial de bacalao de profundidad, por Zona. 1998.

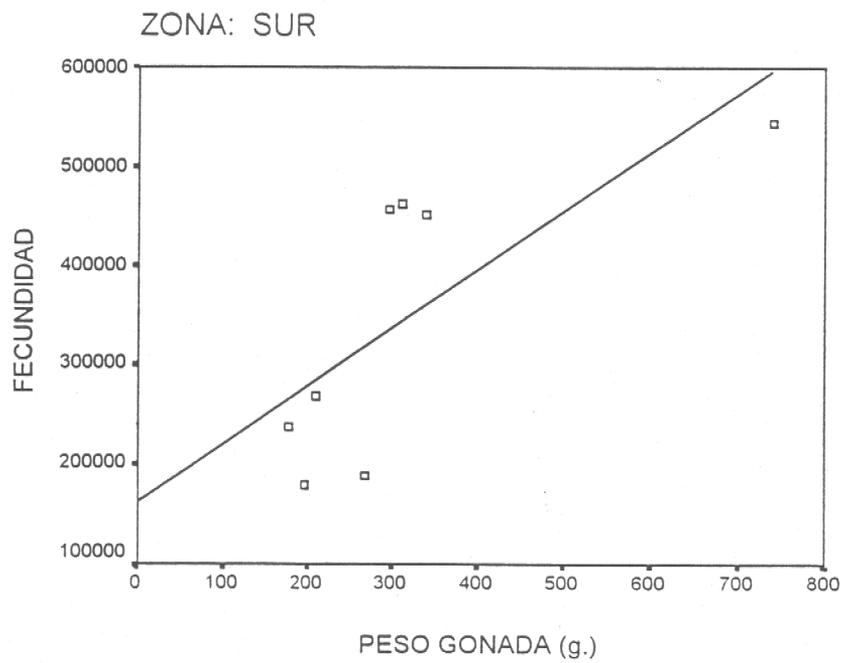


Fig. 41 Relación peso de gónada versus fecundidad potencial de bacalao de profundidad, por Zona. 1998



## **Documentación Archivo de Datos Reproducción Bacalao Profundidad**



## Estructura del Archivo de Datos Reproducción de Bacalao de profundidad, 1998 (FIP N° 97-16)

### 1. Variables

Variable:	N	Type: Number	Format: F5
Variable:	FECHA	Type: Number	Format: DATE11
Variable:	BARCO	Type: String	Format: A14
Variable:	LANCE	Type: Number	Format: F8
Variable:	TALLA	Type: Number	Format: F8
Variable:	PES_TOT	Type: Number	Format: F8
Variable:	PES_EVIS	Type: Number	Format: F8
Variable:	PEV_EST	Type: Number	Format: F8
Variable:	PES_GON	Type: Number	Format: F7.2
Variable:	PES_GONC	Type: Number	Format: F11.2
Variable:	SEXO	Type: Number	Format: F4
Variable:	EMS	Type: String	Format: A8
Variable:	COD_EMS	Type: Number	Format: F8
Variable:	MUESTRA	Type: String	Format: A6
Variable:	DUDOSO	Type: Number	Format: F8
Variable:	ATRESIA	Type: Number	Format: F11
Variable:	PUERTO	Type: Number	Format: F6
Variable:	ZONA	Type: Number	Format: F8
Variable:	MAD_INMA	Type: Number	Format: F6
Variable:	IGS	Type: Number	Format: F8.2
Variable:	PES_SUBM	Type: Number	Format: F8.6
Variable:	NUN_OVOC	Type: Number	Format: F8
Variable:	FECUNDID	Type: Number	Format: F8
Variable:	FEC_REL	Type: Number	Format: F6.2



## 2. Descripción de las variables

Variable:	TALLA	Longitud total, centímetros
Variable:	PES_TOT	Peso total, gramos
Variable:	PES_EVIS	Peso eviscerado, gramos
Variable:	PEV_EST	Esta variable contiene los pesos eviscerado y cuando el dato no estaba se estimó con las relaciones longitud-peso de las zonas y sexos correspondientes
Variable:	PES_GON	Peso gónadas, gramos
Variable:	PES_GONC	Peso gónadas corregida por factor de corrección por fijación (14 %), gramos
Variable:	SEXO	1: Machos; 2: Hembras
Variable:	EMS	Escala de Madurez sexual histológica
Variable:	COD_EMS	Código EMS 1: H1; 2: H2; 3: H3A, H3B, H3C; 4: H4; 6: M1; 7: M2; 8: M3; 9: M4
Variable:	MUESTRA	Código del bidón de la muestra
Variable:	DUDOSO	Variable que identifica algunos registros que presentaron inconsistencias. El valor <b>0 significa que el registro está Ok</b> ; y el <b>1 con dudas</b>
Variable:	ATRESIA	0: normal; 1: con atresia folicular
Variable:	PUERTO	1: Tocopilla; 2: Mejillones; 3: Caldera; 4: Coquimbo; 5: San Antonio; 6: Lebu; 7: Valdivia
Variable:	ZONA	1: Zona Norte (puerto 1- 4); 2: Zona Sur (puerto 5-7)
Variable:	MAD_INMA	1: Inmaduros (Cod_ems 1, 2, 6, 7); 2: Maduros (Cod_ems 3, 4, 8, 9)
Variable:	IGS	Indice gonadosomático
Variable:	PES_SUBM	Peso submuestra
Variable:	NUN_OVOC	Número de ovocitos en la submuestra
Variable:	FECUNDID	Fecundidad
Variable:	FEC_RELA	Fecundida relativa (Nº ovocitos/gramo)