

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRAFICAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA



INFORME FINAL

PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

Nº 2006-42

**“ESTUDIO BIOLÓGICO-PESQUERO Y REPRODUCTIVO DEL
RECURSO ALFONSINO EN EL ARCHIPIELAGO DE JUAN
FERNANDEZ”**

(2da Licitación)

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

CONCEPCION, NOVIEMBRE DE 2008

AGRADECIMIENTOS

Queremos dedicar los esfuerzos de este trabajo a nuestro amigo y compañero Raúl Gili (Q.E.P.D.), quien supo ganarse el afecto de quienes lo conocimos.

Resumen Ejecutivo

Con el objetivo general de realizar un estudio biológico-pesquero y reproductivo del stock de alfonsino de los montes submarinos alrededor de las Islas Juan Fernández, se realizó un monitoreo biológico-pesquero a bordo de naves que operan sobre el stock en la temporada de 2007, y se realizaron muestreos de fauna acompañante en la flotas arrastreras de la plataforma continental entre la IV y X Regiones entre el verano de 2007 y el verano de 2008. El marco general del estudio fue contrastar la hipótesis acerca del ciclo reproductivo anual que involucraba una migración reproductiva del stock adulto desde los montes submarinos de las Islas Juan Fernández hacia la plataforma continental para desovar en el verano, siendo los montes submarinos las áreas de alimentación. Esta hipótesis explicaba la ausencia de individuos reproductivamente activos o post-desovados en la pesca comercial durante los casi 9 años de historia de la pesquería, y la ausencia de larvas durante un crucero de muestreo zooplanctónico llevado a cabo en los montes submarinos en Octubre y Noviembre de 1999.

La composición de tallas, edades y sexos de alfonsino se efectuó por zona y año, utilizando la base de datos de la Universidad Austral de Chile, correspondiente a los cruceros hidroacústicos realizados entre los años 2003 y 2007. La estructura de tallas presenta diferencias entre años y entre montes. En general, se observan dos períodos, uno entre 2004 y 2005 en que las tallas disminuyen aparentemente por efecto de la extracción pesquera, y otro período entre 2005 y 2007 en que el aumento en la presencia de individuos menores sugiere la entrada de cohortes relativamente fuerte de reclutas. Este fenómeno se evidencia con diferencias de grado entre los montes.

Se identificó efectos significativos de año y sexo sobre la talla media. La media general de LF para hembras alcanzó a $34 \text{ cm} \pm 1,0$ (EE), significativamente mayor que la media general $32 \text{ cm} \pm 1,0$ (EE) estimada para los machos. Los individuos juveniles de sexo indeterminado alcanzaron la talla media de $27 \text{ cm} \pm 1,1$ (EE).

El peso medio siguió cercanamente las tendencias de la talla media, la media general del peso total para hembras alcanzó a $1.010 \text{ g} \pm 74$ (EE), significativamente mayor que los pesos medios de $850 \text{ g} \pm 74$ (EE) y 620 ± 76 (EE) estimados para machos e indeterminados, respectivamente.

Los cambios observado en la estructura de edad entre años y zonas, obtenidos mediante la construcción de una clave talla-edad basada en lecturas de anillos de crecimiento en otolitos, se prestan para una interpretación coincidente.

Los datos de edad y talla indican que el mejor modelo de crecimiento para ambos sexos por separado es el modelo de Schnute, un modelo paramétricamente más complejo que el de von Bertalanffy, ajustado previamente para el recurso. La mortalidad natural estimada es del orden de 0.23 año^{-1} en hembras, y 0.28 año^{-1} en machos. La edad crítica, talla crítica, y masa corporal críticas son 6.4 años, 35.5 cm longitud de horquilla, y 1006 gr en hembras respectivamente, y de 5.3 años, 31.9 cm, y 738 gr respectivamente en machos.

El análisis global de todos los datos (zonas y años combinados) indicó una predominancia de hembras que alcanzaron un $57\% \pm 0,5$ (EE) de los ejemplares capturados y muestreados. Esta cifra excluye los individuos de sexo indeterminado, que representaron un 2,7% del total de individuos muestreados.

Los estudios de fecundidad se limitaron a la modelación de la fecundidad potencial, pues se contaron ovocitos de la moda más avanzada en hembras que no habían completado su proceso de madurez sexual. Esto se debió a la baja presencia de hembras en época de desove y post-desove. El modelo de fecundidad ajustado fue un modelo lineal y la fecundidad potencial fue del orden de cientos de miles de ovocitos.

Los estudios histológicos para la fecundidad revelaron que la más probable causa de que no se observen hembras maduras en las capturas en los meses cercanos a la supuesta época de desove (verano) es que la escala de madurez macroscópica utilizada hasta la fecha es defectuosa, clasificando peces maduros como peces inmaduros.

La talla del 50% de madurez fue estimada para machos y hembras con las bases de datos históricas del Centro Trapananda y rindió resultados irreales, pues los peces alcanzarían su madurez sólo al final de su vida. En cambio, la talla de 50% de madurez estimada con los resultados de los estudios histológicos resulta ser factible, 40 cm de longitud de horquilla en hembras, cerca de 8 años de vida, antes de la mitad de la longevidad.

No se observaron alfonsinos sexualmente activos o post-desovados a pesar de haber realizado extensivos muestreos de la fauna acompañante en la pesca de arrastre de la plataforma continental entre la IV y X Regiones, durante dos veranos consecutivos. Además, se observó una cohorte fuerte de alfonsino de edad cero en los caladeros de los montes submarino aledaños al Archipiélago de Juan Fernández. Estos dos resultados del proyecto, son fuertemente contradictorios con la hipótesis de la migración reproductiva hacia la plataforma en verano.

Al unir esos resultados con el hallazgo de la errónea clasificación de peces maduros como peces inmaduros, se concluye que el modelo conceptual según el cual el alfonsino migra en verano hacia la plataforma para desovar, debe ser descartado.

Un nuevo modelo conceptual de funcionamiento del stock debe considerar una o más áreas de desove en los montes submarinos, probablemente a profundidades mayores que las que barre la flota comercial.

ÍNDICE GENERAL

Listado de Autores y Horas Hombre por Objetivo Específico.....	10
Objetivos de Proyecto.....	11
Introducción.....	12
1.Objetivo Específico 1. Determinar la composición por tallas, edades y sexos de los ejemplares por zona	
1.1.Materiales y Métodos.....	12
Muestreo biológico 2007.....	14
Campaña de obtención de alfonsinos maduros.....	14
Composición de tallas y pesos.....	15
Composición de edades.....	17
Modelo Lineal General Mixto.....	18
1.2.Resultados y discusión.....	19
Composición de tallas por año y zona.....	19
Tallas y pesos medios.....	19
Estructura de tallas por zona y año.....	19
Estructura de pesos por sexo, zona, año.....	20
Composición de edades.....	28
Clave talla-edad.....	28
2.Objetivo Específico 2. Determinar la proporción sexual global y a la talla, por periodo y zona.	
2.1.Materiales y Métodos.....	34
Proporción Sexual.....	34
2.2.Resultados y Discusión.....	34
Variabilidad entre tallas.....	35
Variabilidad entre zonas.....	35
Variabilidad estacional.....	35
3.Objetivo Específico 3. Determinar crecimiento individual, mortalidad natural, talla crítica.	
3.1.Materiales y Métodos.....	39
Modelo de Crecimiento Individual.....	39
Relación Longitud-Peso.....	41
Mortalidad Natural.....	42
Edad Crítica, Talla Crítica, y Peso Crítico.....	42
3.2.Resultados y Discusión.....	42

Modelo de Crecimiento Individual.....	42
Base de Datos Centro Trapananda.....	42
Base de Datos IFOP.....	43
Base de Datos Conjunta.....	43
Relación Longitud-Peso.....	44
Mortalidad Natural.....	46
Edad Crítica, Talla Crítica, y Peso Crítico.....	46
4.Objetivo Específico 4. Determinar la fecundidad parcial y total a la talla.	
4.1.Materiales y Métodos.....	48
Estudios Histológicos.....	48
Material.....	48
Recuento ovocitario.....	49
Modelo de Fecundidad Potencial.....	50
4.2.Resultados.....	50
Definiciones.....	51
Recuento ovocitario.....	55
Estados de madurez sexual.....	57
5.Objetivo Específico 5. Determinar la talla de madurez sexual al 50%.	
5.1.Materiales y Métodos.....	57
5.2.Resultados.....	59
Base de datos Trapananda.....	59
Base de datos histología.....	60
6.Objetivo Específico 6. Identificar la(s) época(s) y zona(s) de desove.	
6.1.Materiales y Métodos.....	61
Muestras de la Pesca Comercial Islas Juan Fernández.....	61
Muestras de Fauna Acompañante Crustáceos y Merluza Común.....	62
6.2.Resultados.....	63
Muestras de la Pesca Comercial Islas Juan Fernández.....	63
Muestras de Fauna Acompañante Crustáceos y Merluza Común.....	63
7. Discusión General.....	70
8. Conclusiones.....	72

Referencias.....	73
Anexo I.....	76
Anexo II.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivo muestral según tamaño de captura.....	12
Tabla 2: Estados de madurez sexual machos alfonsino.....	13
Tabla 3: Estados de madurez sexual hembras alfonsino.....	14
Tabla 4: Fechas y embarcaciones de cruceros de toma de muestras de alfonsino en el año 2007.....	15
Tabla 5: Muestras de gónadas de alfonsino obtenidas durante 2007.....	15
Tabla 6: Lugares en donde se realizó difusión para la obtención de alfonsino zona sur austral.....	16
Tabla 7: Número de otolitos de alfonsino leídos por zona y año.....	17
Tabla 8: Longitud horquilla promedio de alfonsino machos y hembras por zona y año (2003-2007).....	20
Tabla 9: Clave talla edad para alfonsino ambos sexos.....	29
Tabla 10: Clave talla-edad para alfonsino machos.....	30
Tabla 11: Clave talla-edad para alfonsinos hembras	31
Tabla 12: Efectos fijos y aleatorios de modelo lineales generales mixtos	34
Tabla 13: Proporción de hembras con respecto a la talla.....	35
Tabla 14: Proporción de hembras por zona.....	36
Tabla 15: Proporción de hembras por estación del año.....	37
Tabla 16: Proporción de hembras considerando zona y estación del año.....	38
Tabla 17: Información descriptiva de las bases de datos de longitud y edad de alfonsino.....	41
Tabla 18: Estimación de los modelos de crecimiento.....	44
Tabla 19: Estimados de la relación longitud-peso y mortalidad natural.....	45
Tabla 20: Valores de los eventos críticos en la ontogenia de alfonsino.....	47
Tabla 21: Conteo de ovocitos.....	56
Tabla 22: Parámetros del modelo de fecundidad a la talla.....	56
Tabla 23: Número de gónadas en estados de madurez, macroscópica vs. Histología.....	57
Tabla 24: Registro de estados de madurez en base de datos UACH-Trapananda.....	59
Tabla 25: Número de hembras por mes y estado de madurez desde Islas Juan Fernández.....	61
Tabla 26: Número de embarcaciones en flotas de arrastre con presencia de alfonsino.....	62
Tabla 27: Total de viajes de pesca y lances monitoreados en la pesquería de crustáceos.....	64
Tabla 28: Total de viajes de pesca monitoreados por región en la pesquería de crustáceos.	66
Tabla 29: Total de viajes mensuales monitoreados por embarcación en la pesquería de merluzas.....	67
Tabla 30: Presencia mensual de alfonsinos, pesquerías arrastreras de crustáceos y merluzas.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona de estudio.....	13
Figura 2: Estructura de tallas de machos y hembras en JF1, periodo 2003-2007.....	21
Figura 3: Estructura de tallas de machos y hembras en JF2, periodo 2003-2007.....	22
Figura 4: Estructura de tallas de machos y hembras en JF4, periodo 2003-2005.....	23
Figura 5: Estructura de tallas de machos y hembras en JF5, año 2004.....	24
Figura 6: Estructura de tallas de machos y hembras en JF6, años 2004, 2006, 2007	24
Figura 7: Estructura de pesos de machos y hembras en JF1, período 2003 a 2007.....	25
Figura 8: Estructura de pesos de machos y hembras en JF2, período 2003 a 2007.....	26
Figura 9: Estructura de pesos de machos y hembras en JF4, período 2003 a 2007.....	27
Figura 10: Estructura de pesos de machos y hembras en JF5, año 2004	27
Figura 11: Estructura de pesos de machos y hembras en JF6, años 2004, 2006, 2007	28
Figura 12: Distribución global de frecuencia de edades, 2003-2007.	32
Figura 13: Distribución de frecuencia de edades zonas JF1, JF2 y JF6, 2003-2007.....	33
Figura 14: Proporción de hembras por intervalo de tallas.....	36
Figura 15: Proporción de hembras por zona.....	37
Figura 16: Proporción de hembras por estación del año.....	38
Figura 17: Proporción de hembras por zona y estación del año.....	39
Figura 18: Ajuste de los modelos de crecimiento.....	45
Figura 19: Ajuste de la relación longitud-peso.....	46
Figura 20: Curvas de evolución de la biomasa por recluta de una cohorte de alfonsino.....	47
Figura 21: Esquema de cortes histológicos sobre el lado izquierdo de las gónadas de alfonsino.....	49
Figura 22: Ovogonia.....	51
Figura 23: Ovocito I.....	52
Figura 24: Ovocito II.....	52
Figura 25: Ovocito III.....	53
Figura 26: Ovocito IV.....	53
Figura 27: Ovocito V.....	54
Figura 28: Ovocito VI.....	54
Figura 29: Folículo post-ovulatorio.....	55
Figura 30: Ajuste del modelo de fecundidad potencial.....	56
Figura 31: Modelo de madurez ajustado a la base de datos del Centro Trapananda, 2004-2007.....	59
Figura 32: Modelo de madurez de hembras ajustado a la base de datos de histología de este proyecto	60
Figura 33: Modelo conceptual del funcionamiento espacial del stock de alfonsino.....	61
Figura 34: Lances realizados en los viajes de pesca monitoreados para la pesquería de crustáceos.....	65
Figura 35: Lances realizados en los viajes de pesca monitoreados para la pesquería de merluzas.....	69

Listado de Autores y Horas de Dedicación Efectiva por Objetivo Específico

Objetivo Específico 1. Determinar la composición por tallas, edades y sexos de los ejemplares por zona

Edwin Niklitschek (110), Pamela Toledo (350), Eduardo Hernández, Jorge Cornejo (140) & Claudio Herranz

Centro Trapananda, Universidad Austral de Chile

Rubén Roa (34),

Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción

Objetivo Específico 2. Determinar la proporción sexual global y a la talla, por periodo y zona.

Edwin Niklitschek (55), Pamela Toledo (65), Eduardo Hernández, Jorge Cornejo (60) & Claudio Herranz

Centro Trapananda, Universidad Austral de Chile

Rubén Roa (16),

Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción

Objetivo Específico 3. Determinar la función y los parámetros de crecimiento individual, así como la tasa instantánea de mortalidad natural y la talla crítica.

Rubén Roa (60),

Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción

Objetivo Específico 4. Determinar la fecundidad parcial y total a la talla.

Julio Lamilla (190),

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Rubén Roa (22),

Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción

Objetivo Específico 5. Determinar la talla de madurez sexual al 50%.

Rubén Roa (60),

Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción

Objetivo Específico 6. Identificar la(s) época(s) y zona(s) de desove.

Rubén Roa (50),

Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción

VIP Consultores. (965)

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio biológico-pesquero y reproductivo sobre el recurso alfonsino (*Beryx splendens*), en la zona del Archipiélago de Juan Fernández.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Objetivo 1: Determinar la composición por tallas, edades y sexos de los ejemplares por zona.
- Objetivo 2: Determinar la proporción sexual global y a la talla, por periodo y zona.
- Objetivo 3: Determinar la función y los parámetros de crecimiento individual, así como la tasa instantánea de mortalidad natural y la talla crítica.
- Objetivo 4: Determinar la fecundidad parcial y total a la talla.
- Objetivo 5: Determinar la talla de madurez sexual al 50%.
- Objetivo 6: Identificar la(s) época(s) y zona(s) de desove.

INTRODUCCIÓN

El alfonsino es una especie bentopelágica que pertenece a la familia Berycidae, posee una amplia distribución mundial asociada a aguas tropicales y templadas de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. El rango batimétrico en que es frecuente encontrarlo va de los 200 a 800 m, pero se han obtenido ejemplares de los 25 m hasta los 1240 m de profundidad (Lehodey *et al.*, 1994). Se alimenta principalmente de pequeños crustáceos, cefalópodos y peces; su tamaño máximo reportado es de 70 cm (LT) y la máxima edad reportada es de 23 años.

Algunos autores han informado un incremento en la talla media de alfonsino en relación a la profundidad (Lehodey *et al.*, 1994 *vide* Yamamoto *et al.*, 1978; Seki & Tagami, 1986), para aguas neozelandesas la edad de primera madurez sexual está en los 4 – 5 años con un tamaño de 30 cm (LH) mientras que en aguas japonesas ésta es de 4 años y 34 cm (LH) (Gili *et al.*, 2002)

En Chile, esta especie ha sido pobremente estudiada, al parecer los juveniles y adultos habitan de preferencia los montes submarinos cercanos al Archipiélago de Juan Fernández (Figura 1), aunque es usual encontrar ejemplares en las pesquerías de la zona continental desde la IV a la XII región. Niklitschek *et al.* (2007 a y 2007 b) han observado que la distribución batimétrica más frecuente en nuestro país va de los 200 a los 600 m y su dieta está constituida principalmente por peces teleósteos, seguidos por crustáceos y cefalópodos. En la pesquería de esta especie sólo se encuentran individuos juveniles y adultos sin evidencias claras de desove ni madurez, por lo que se desconoce como es el ciclo de vida del stock chileno de alfonsino.

La unidad de pesquería de alfonsino se encuentra declarada en estado y régimen de plena explotación desde el año 2004. Actualmente no existe veda para este recurso, ni tamaño mínimo de captura. El desconocimiento de la dinámica del reclutamiento, migraciones y escasos antecedentes sobre mortalidad natural, hacen necesario mantener el seguimiento biológico de las poblaciones explotadas para establecer medidas de manejo.

1. Objetivo Específico 1. Determinar la composición por tallas, edades y sexos de los ejemplares por zona.

1.1 MATERIALES Y MÉTODOS

Bases de datos

Para el análisis de la composición de tallas, edades y sexos de alfonsino se utilizó la base de datos biológico-pesqueros del recurso, disponibles en la Universidad Austral de Chile (UACH), la cual contiene observaciones efectuadas a bordo de naves en faenas de pesca comercial y de los cruceros hidroacústicos realizados entre 2003 y 2007 (Boyer et al., 2003; Niklitschek et al., 2005; Niklitschek et al., 2007a; Niklitschek et al., 2007b; Niklitschek et al., 2008), en los montes aldeaños al Archipiélago de Juan Fernández (Figura 1). La base de datos del programa de monitoreo de esta pesquería, encomendado por Subsecretaría de Pesca al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) desde 1999, fue solicitada pero nunca llegó a estar disponible para el presente estudio.

La base de datos UACH fue construida a partir de muestreos aleatorios de 30-200 ejemplares, por lance de pesca (Tabla 1). El registro contiene datos de longitud furcal (LF), peso total (a partir de 2004), sexo y estado de madurez sexual macroscópico (EMS). La precisión de los datos de LF fue de 0,5 cm en 2003 y 2004, incrementándose a 0,1 cm a partir de 2005. Para definir el estado de madurez sexual se utilizó la escala de madurez macroscópica de Lehodey *et al.* (1997) hasta el año 2005. A partir de 2006 se utilizó una modificación de la anterior adoptada de común acuerdo con IFOP (IFOP-UACH, 2006) a fin de reducir errores de interpretación de la escala detectados en terreno (Tablas 2 y 3).

De manera paralela al muestreo aleatorio, la base UACH consigna muestreos dirigidos a representar de modo más homogéneo el rango de tallas presente en el stock, incrementando así la precisión de las relaciones longitud-peso y talla-edad establecidas a partir de los datos. De acuerdo al protocolo asociado (IFOP-UACH, 2006), existió una meta diaria de muestreo de 30 ejemplares, cinco por cada uno de seis intervalos pre-definidos de talla, representativos del rango esperado en la zona de estudio. De cada ejemplar se obtuvo datos de LF, sexo, EMS, peso total, peso gonadal y muestras de otolitos.

Finalmente, la base se complementa con registros operacionales que detallan fecha, hora, ubicación, profundidad del barco y/o red, temperatura de fondo, captura por especie, tipo y dimensiones de la red utilizada, hora efectiva de inicio y término de cada arrastre, entre otros.

Tabla 1 . Objetivo muestral según tamaño de captura.

Captura	Nº de muestras
<5 toneladas	50
5-50 toneladas	100
> 50 toneladas	200

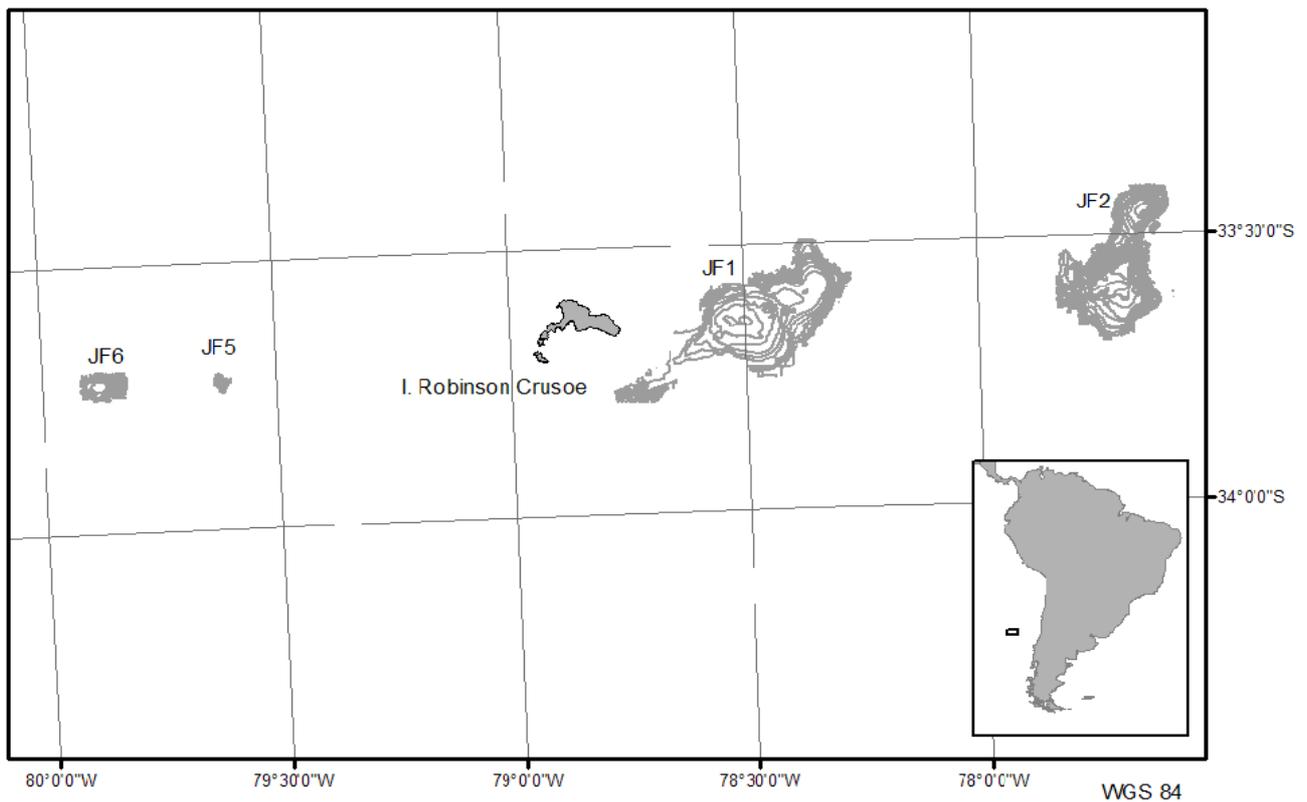


Figura 1: Zona de estudio.

Tabla 2. Estados de madurez sexual de hembras de alfonsino, de acuerdo a escala macroscópica de Lehodey *et al.* (1997) y protocolo integrado IFOP-UACH (2006).

Lehodey <i>et al.</i> (1997) 2003-2005		(IFOP-UACH, 2006) 2006-2007	
Estado	Característica	Estado	Característica
I	Inmaduro; es difícil discriminar sexo	1	Virginal: Sexo Indeterminado, gónadas pequeñas, difícil de determinar sexo
II	Ovario pequeño; translúcido; de color rojizo debido a la gran vascularización	II	Inmaduro: Ovario pequeño; translúcido; de color rojizo debido a la gran vascularización
III	Ovarios más grandes; color anaranjado; ovocitos visibles a ojo desnudo	III	En maduración: Ovarios bien desarrollados; color anaranjado; membrana transparente, ovocitos visibles
IV	Ovarios bien desarrollados; color anaranjado; membrana transparente, ovocitos visibles		
V	Los ovarios ocupan la mitad de la cavidad corporal; color anaranjado, ovocitos visibles; paredes delgadas y granulares	IV	Maduros: Los ovarios ocupan la mitad de la cavidad corporal; color anaranjado, ovocitos visibles; paredes delgadas y granulares
VI	En desove; los ovocitos fluyen libremente cuando se aplica presión	V	Desovante: En desove; los ovocitos fluyen libremente cuando se aplica presión
VII	Desovado; ovarios flácidos y sanguinolentos	VI	Desovados y en regresión: Desovado; ovarios flácidos y sanguinolentos

Tabla 3. Estados de madurez sexual de machos de alfonsino, de acuerdo a escala macroscópica de Lehodey *et al.* (1997) y protocolo integrado IFOP-UACH (2006).

Lehodey <i>et al.</i> (1997) 2003- 2005		(IFOP-UACH, 2006) 2006-2007	
Estado	Característica	Estado	Característica
I	Inmaduro; es difícil discriminar sexo	I	Virginal: Sexo Indeterminado, gónadas pequeñas, difícil de determinar sexo.
II	Testículos pequeños; elongados; color blanquecino a rosado.	II	Inmaduro: Testículos pequeños; elongados; aplanados, color blanquecino a rosado.
III	Testículos más grandes; aún aplanados, color blanquecino	III	En maduración: Testículos más gruesos, bien desarrollados; color blanquecino pero no emite semen.
IV	Testículos más gruesos, bien desarrollados; color blanquecino pero no emite semen		
V	Como el estado anterior, pero más grandes		
VI	Testículos llenan más de la mitad de la cavidad corporal; el líquido seminal fluye libremente cuando se presiona el abdomen	IV	Desovante: Testículos llenan más de la mitad de la cavidad corporal; el líquido seminal fluye libremente cuando se presiona el abdomen
VII	Testículos sanguinolentos; no emite semen	V	Evacuados: Testículos sanguinolentos; no emite semen.

Muestreo biológico 2007

Como parte del presente proyecto, se dispuso de observadores a bordo de tres embarcaciones industriales que operaron sobre alfonsino en la zona de Juan Fernández durante el año 2007. Se completó un total de 100 días de embarque (Tabla 4) en los pesqueros Cote Saint Jacques, Friosur IX y Bonn. El trabajo de muestreo y análisis se focalizó en los cuatro montes submarinos que concentran la gran mayoría de los lances destinados a alfonsino en el país: JF1, JF1.1, JF2 y JF6.

Este muestreo contempló recolección de datos aleatorios y dirigidos, e información operacional de manera equivalente a lo efectuado en años anteriores (IFOP-UACH, 2006). Se incluyó además de la recolección de otolitos, un programa de muestreo de gónadas destinado a realizar un seguimiento microscópico del ciclo reproductivo de alfonsino. Se contempló una meta de 15 ovarios por día de pesca, obteniéndose un total de 607 muestras a lo largo del período (Tabla 5).

Campaña de detección de la presencia de alfonsino en la pesquería demersal austral

Ante la existencia de reportes no confirmados de la presencia de alfonsino en las capturas de la flota industrial y artesanal que opera la sur de Puerto Montt, se implementó una campaña de difusión y un programa de recompensas destinados a detectar la presencia del recurso como captura incidental en pesquería demersal austral (principalmente, merluza austral y merluza de cola). Este programa incluyó visitas a terreno y la confección de un afiche (Anexo I) que fue difundido ampliamente, incluyendo plantas pesqueras, buques industriales, caletas de pescadores artesanales y otras instituciones de la Región de Aysén (Tabla 6). A pesar de los esfuerzos realizados, no se obtuvo reportes de la presencia del recurso en la zona.

Tabla 4. Fechas, naves y tipo de operación en las cuales se realizó el muestreo biológico de alfonsino en el año 2007.

Fechas	Embarcación	Armador	Tipo de operación
07 al 13 mayo	Cote Saint Jacques	Pescachile S.A.	comercial
15 al 21 mayo	Cote Saint Jacques	Pescachile S.A.	comercial
15 al 29 junio	Friosur IX	Friosur S.A.	comercial
30 junio al 09 julio	Friosur IX	Friosur S.A.	comercial
09 al 20 julio	Cote Saint Jacques	Pescachile S.A.	comercial
21 al 31 julio	Cote Saint Jacques	Pescachile S.A.	comercial
02 al 14 de octubre	Bonn	Bio Bio Ltda.	científica
11 al 24 de octubre	Cote Saint Jacques	Pescachile S.A.	científica
05 al 15 de noviembre	Cote Saint Jacques	Pescachile S.A.	comercial
16 al 25 de noviembre	Cote Saint Jacques	Pescachile S.A.	comercial

Tabla 5 . Muestras de gónadas de hembras de alfonsino obtenidas durante 2007.

Zona	Machos	Hembras	Total
JF1	91	202	293
JF1.1	28	67	95
JF2	25	185	210
JF6	92	153	245
Total	236	607	843

Composición de tallas y pesos

La composición de tallas y pesos se determinó como la proporción de ejemplares de la talla o peso k por unidad de análisis (zona, año):

$$P_k = \frac{n_{lk}}{n_l}$$

donde,

n_{lk} : número de ejemplares de talla o peso k en el lance l

n_l : número de ejemplares muestreados en el lance l

Para la comparación de la estructura de tallas y pesos entre zonas, edades o años, se utilizó un modelo lineal general de tipo logístico acumulativo (McCullagh, 1989), definido como un conjunto de $J-1$ ecuaciones que definen la probabilidad de un individuo de pertenecer a cada una de las $J-1$

categorías dicotómicas posibles de definir dado J intervalos de talla o peso. Estos intervalos fueron definidos con una amplitud de 1 cm en tallas y 100 g en peso. El modelo general corresponde a la relación,

$$\log\left(\frac{F_{ij}}{1-F_{ij}}\right) = \alpha_i + X\beta + Z\gamma + e$$

donde,

F_{ij} : probabilidad de un individuo de pertenecer a la categoría $j=J-1$ o inferior.

X : matriz de efectos fijos que incluyó zona, año, y sexo como factores predictivos.

Z : matriz de efectos aleatorios.

γ : vector de parámetros de los efectos aleatorios, MVN (0,G).

e : vector de errores, MVN (0,H).

Tabla 6. Lugares en donde se realizó difusión para la obtención de ejemplares de alfonsino en la captura incidental en la zona sur austral.

Sector	Localidad	Lugar/Empresa
Artesanal	Melinka	Capitanía de Puerto
Artesanal	Melinka	Sernapesca
Artesanal	Melinka	Municipalidad
Artesanal	Melinka	Pescadores Artesanales
General	Puerto Chacabuco	Capitanía de Puerto
General	Puerto Chacabuco	Posta de Salud
Industrial	Puerto Chacabuco	Pescachile S.A.
Industrial	Puerto Chacabuco	Pesquera Friosur S.A.
Artesanal	Puerto Aysén	Sindicatos
Artesanal	Puerto Gala	Sindicatos
Artesanal	Puerto Gala	Módulo Pescadores en Rampla
Artesanal	Puerto Cisnes	Capitanía de Puerto
Artesanal	Puerto Cisnes	Pescadores muelle
Artesanal	Puerto Cisnes	Sindicatos

Composición de edades

La composición etaria se estimó utilizando claves talla-edad construidas, como parte del presente proyecto, a partir de la colección de otolitos disponible en la Universidad Austral de Chile y que abarca el periodo 2004 – 2007. Se intentó leer un mínimo de 90 otolitos por año y zona en los casos en que estos se encontraran disponibles; en las zonas donde existió un menor número de otolitos, se leyó la totalidad de ellos. De esta manera se totalizó 890 otolitos leídos y corroborados por lecturas coincidentes entre dos o más lectores (Tabla 7).

Tabla 7 : Número de otolitos de alfonsino leídos y corroborados por zona y año.

Año	Zona	Nº otolitos leídos y corroborados
2004	JF1	65
2005	JF1	175
	JF2	86
2006	JF1	108
	JF2	88
	JF6	37
2007	JF1	172
	JF2	78
	JF6	81
Total		890

Los otolitos fueron preparados y leídos siguiendo los procedimientos estandarizados por Secor et al. (1995) y un protocolo *ad hoc* (Anexo II) definido por Raúl Gili, a partir de estudios previos en esta misma especie (Gili et al., 2002), revisado posteriormente por el asesor del proyecto, profesor Miguel Araya (Universidad Nacional Arturo Prat). El personal del proyecto fue entrenado por el profesor Araya, quién ejecutó un taller de entrenamiento al personal de la Universidad Austral de Chile en Coyhaique y mantuvo una asesoría permanente al equipo de trabajo. La edad de cada muestra se calculó a partir del número de anillos translúcidos presentes en el otolito, considerando trabajos en alfonsino de Massey & Horn (1990), Rico et al. (2001), Gili et al. (2002) y Taniuchi et al. (2004), que indican un anillo translúcido de crecimiento anual para esta especie.

Para la construcción de la clave talla-edad se evaluó distintas opciones de agrupación de los datos de talla-edad respecto de las variables sexo, zona y año. Para ello se utilizó la calidad del ajuste (criterio de información de Akaike, AIC) de las distintas agrupaciones de datos al modelo de crecimiento corporal de Schnute re-parametrizado (Arkhipkin & Roa-Ureta, 2005; ver detalles en el desarrollo del objetivo específico 3). Producto de este análisis se seleccionó la agrupación de los datos por sexo, combinando años y zonas, cuyo AIC de 3.924 superó los modelos alternativos por sexo y año (AIC=3.988), sexo y zona (AIC=4.006) y todos los datos combinados (AIC=4081). Un modelo segregado por sexo, zona y año falló en converger.

La construcción de la clave talla-edad siguió procedimientos estándar basados en el supuesto de distribución normal de las tallas dentro de edades y máxima verosimilitud (Kimura & Chikuni, 1987). Asumiendo una fecha arbitraria de nacimiento al primero de enero, la probabilidad observada (q) de un individuo de talla j de pertenecer a la edad i fue:

$$q_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_j}$$

donde:

n_{ij} : número de individuos de edad i con longitud j

n_j : número total de individuos de longitud j .

Debido al bajo número muestral de las zonas JF1 y JF1.1, estas fueron combinadas previo al análisis de los datos por el modelo. En la aplicación de la clave, los individuos de sexo indeterminado fueron asimilados al modelo edad-talla construido para machos.

Modelo Lineal General Mixto

La totalidad de los análisis fue realizado utilizando modelos lineales generales mixtos (Searle, 1987), implementados en SAS 9.0 (Littel et al., 1996). Por modelo lineal general mixto, se entiende un procedimiento basado en máxima verosimilitud, mediante el cual se descompone la matriz de errores en dos componentes aditivos, uno atribuible a la matriz de efectos aleatorios (Zu) y otro correspondiente al vector de errores aleatorios (e) asociado a las variables explicativas. De esta manera, el valor observado de la variable dependiente (y), es explicado mediante la ecuación,

$$y = X\beta + Z\gamma + e$$

donde,

X : matriz de efectos fijos (por ejemplo: sexo, zona, año).

β : vector de parámetros de los efectos fijos.

Z : matriz de efectos aleatorios (por ejemplo barco, lance).

γ : vector de parámetros de los efectos aleatorios, MVN (0,G).

e : vector de errores, MVN (0,H).

El modelo general mixto considera como efectos aleatorios aquellos atribuibles a variables que, no siendo parte del ámbito de inferencia (i.e. del grupo de variables explicativas de interés), pueden aportar en forma significativa a la varianza observada. Esta descomposición de errores permite modelar la correlación entre unidades experimentales resultantes de asociaciones puntuales o lineales, tales como tiempo o espacio (Cressie, 1991) lo que se refleja en la estructura de las matrices de covarianza \mathbf{G} y/o \mathbf{H} .

En la presente evaluación se consideró aleatorias las variables lance, barco, mes, zona y sexo. De este modo tanto el valor medio como el error estándar de los parámetros del vector β resultan corregidos a través de: (i) el efecto medio del lance, barco, mes, zona y sexo (de manera análoga a una ancova tradicional, pero con efecto medio=0); y (ii) la covarianza observada entre muestras colectadas en un mismo lance, barco, mes, zona y sexo.

1.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN DE TALLAS POR AÑO Y ZONA

Tallas y pesos medios

Se identificó efectos significativos de año y sexo sobre la talla media. La media general de LF para hembras alcanzó a $34 \text{ cm} \pm 1,0$ (EE), significativamente mayor que la media general $32 \text{ cm} \pm 1,0$ (EE) estimada para los machos. Los individuos juveniles de sexo indeterminado alcanzaron la talla media de $27 \text{ cm} \pm 1,1$ (EE). La mayor talla media observada en hembras coincide con lo observado en otras especies y en poblaciones de alfonsino de Nueva Caledonia, Japón e Islas Canarias (Lehodey and Grandperrin, 1996; González et al., 2003).

Aunque no se encontró efecto significativo de la variable zona por sí sola, esta sí presentó efectos significativos en interacción con año y sexo. Por los motivos anteriores, se ajustó modelos separados para cada sexo, zona y año (Tabla 8), enfatizando la evaluación de hipótesis acerca de las diferencias interanuales dentro de cada sub-grupo. El patrón de diferencias significativas de la talla media entre sexos, se mantuvo dentro de las zonas JF1 y JF2 a lo largo de todo el período de estudio, con la excepción de JF2 en el año 2003. En las restantes zonas tal patrón no llegó a ser significativo. Las mayores tallas medias fueron estimadas en JF5 durante el año 2004, con valores de $40 \text{ cm} \pm 4,8$ (EE) en machos y $41 \text{ cm} \pm 4,7$ (EE) en hembras (Tabla 8).

Las tendencias inter-anales dentro de zonas y sexos mostraron evidencia de disminución de las tallas medias entre 2004 y 2007. Estas tendencias generales siguieron una caída en la media global desde $33 \text{ cm} \pm 1,2$ (EE) en 2004 a $30 \text{ cm} \pm 1,2$ (EE) en 2007.

El peso medio siguió cercanamente las tendencias de la talla media (Tabla 8), lo que se explica tanto por una asociación biológica entre ambas variables, como por la asociación impuesta por la construcción de pesos a partir de tallas en un gran número de casos. La media general del peso total para hembras alcanzó a $1.010 \text{ g} \pm 74$ (EE), significativamente mayor que los pesos medios de $850 \text{ g} \pm 74$ (EE) y 620 ± 76 (EE) estimados para machos e indeterminados, respectivamente.

Estructura de tallas por zona y año

Se encontró diferencias significativas en la estructura de tallas entre las distintas zonas, como así también efectos significativos de las variables año y sexo (Figuras 2 a 6). De esta manera, la reducción progresiva de las tallas medias, antes descrito, parece ser el resultado de dos procesos distintos en naturaleza y sentido, según el periodo analizado. Entre los años 2004 y 2005, se observa una reducción en la proporción de individuos mayores a 35 cm, más notoria en los montes JF1 y JF2 (Figuras 2 y 3), lo que se ajusta a la respuesta esperable a la explotación pesquera. Paralelamente, entre 2005 y 2007, se aprecia un notorio aumento de la proporción de tallas menores a 25 cm, lo que sugiere la llegada de una cohorte de reclutas de 2-3 años de edad, más evidente en los montes JF1, JF2 y JF6, especialmente a partir de 2006 (Figuras 2 a 6).

Se observó diferencias intra-anales significativas en la estructura de tallas registrada para cada sexo y zona. Al comparar ambos sexos, dentro de zonas (Figuras 2-6), se observó también diferencias significativas entre las estructuras de tallas de machos y hembras observadas en las zonas JF1 y JF2 durante todos los años menos en 2003, para el caso de JF2. En las zonas restantes las estructuras de tallas no llegaron a ser significativamente distintas entre sexos, en posible relación con un menor número de muestras.

Estructura de pesos por sexo, zona y año.

Como ya se indicara, tanto por biología como por construcción, las estructuras de talla y peso están estrechamente relacionadas, llevando a patrones y resultados estadísticos muy similares. Es así como encontramos diferencias significativas en la estructura de pesos entre y dentro de las distintas zonas, incluyendo efectos significativos de las variables año y sexo (Figuras 7 a 11). Análogamente a la evolución observada en la estructura de tallas, existe evidencia de dos procesos paralelos, que pueden ser interpretados como i) una reducción de la proporción de individuos de mayor peso en los primeros años de la serie, ii) seguida y traslapada por una presencia creciente de individuos de menor tamaño y peso, probablemente reclutas.

Tabla 8: Longitud furcal promedio de alfonsino para machos y hembras por zona y año (2003-2007).

Zona	Año	Machos (cm± EE)	Hembras (cm± EE)
JF1	2003	29 ± 1,5	30 ± 1,5
	2004	33,0 ± 0,86	35,5 ± 0,85
	2005	33 ± 1,1	35 ± 1,1
	2006	29 ± 1,5	30 ± 1,5
	2007	28,8 ± 1,0	29,9 ± 1,0
JF2	2003	28 ± 4,7	26 ± 4,7
	2004	35± 1,9	36 ± 1,9
	2005	35± 1,1	36 ± 1,1
	2006	32,2 ± 0,90	33,9 ± 0,90
	2007	30 ± 1,3	33 ± 1,3
JF4	2003	26 ± 4,6	25 ± 4,7
	2004	34 ± 6,3	40 ± 5,1
	2005	30 ± 2,1	31 ± 2,1
JF5	2004	40 ± 4,8	41 ± 4,7
JF6	2004	35 ± 1,8	37 ± 1,8
	2006	31 ± 2,7	31 ± 2,7
	2007	33 ± 1,1	34 ± 1,1

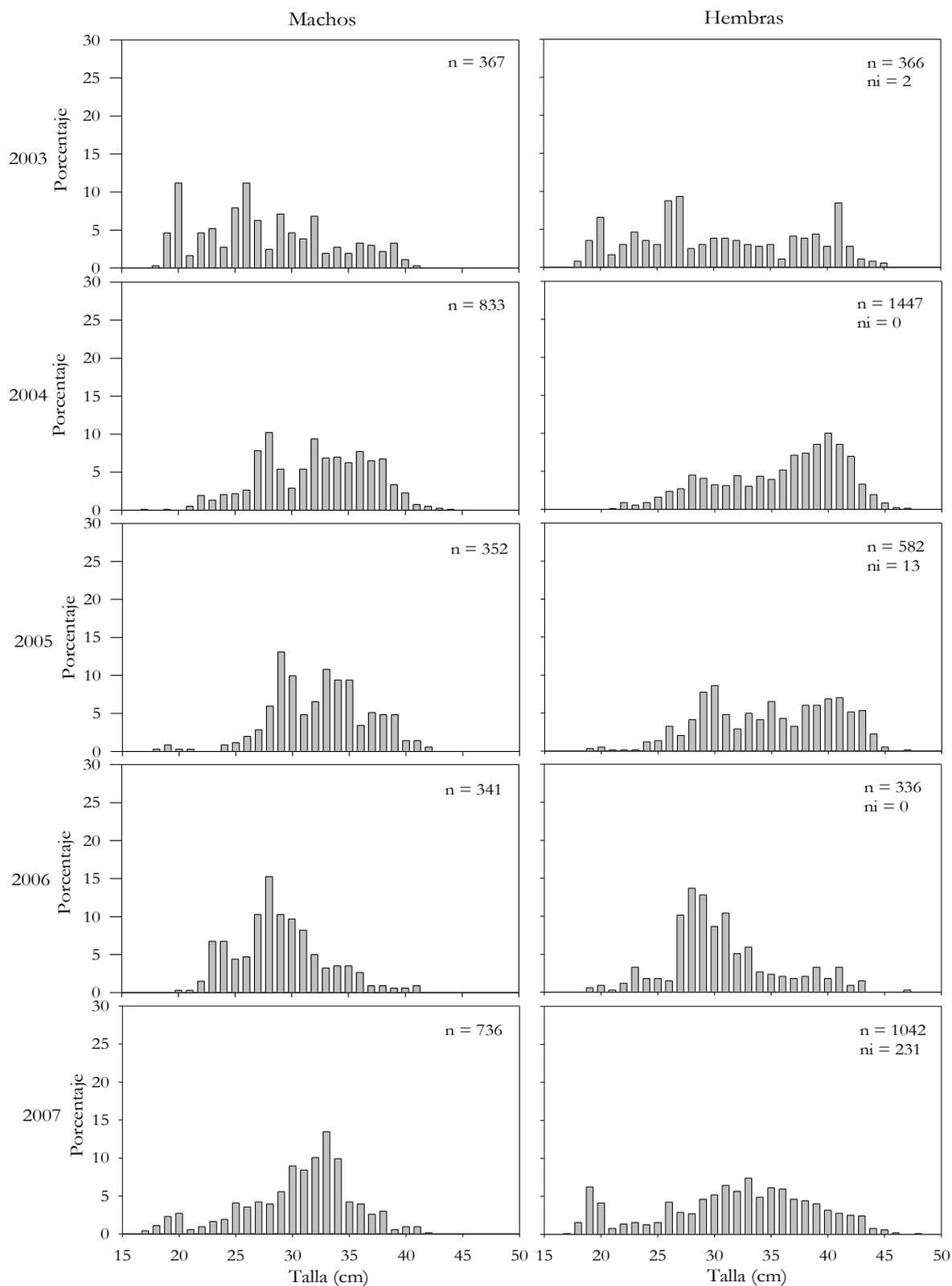


Figura 2: Estructura de tallas (LF) de machos y hembras de alfonsino en el monte JF1, 2003-2007. (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

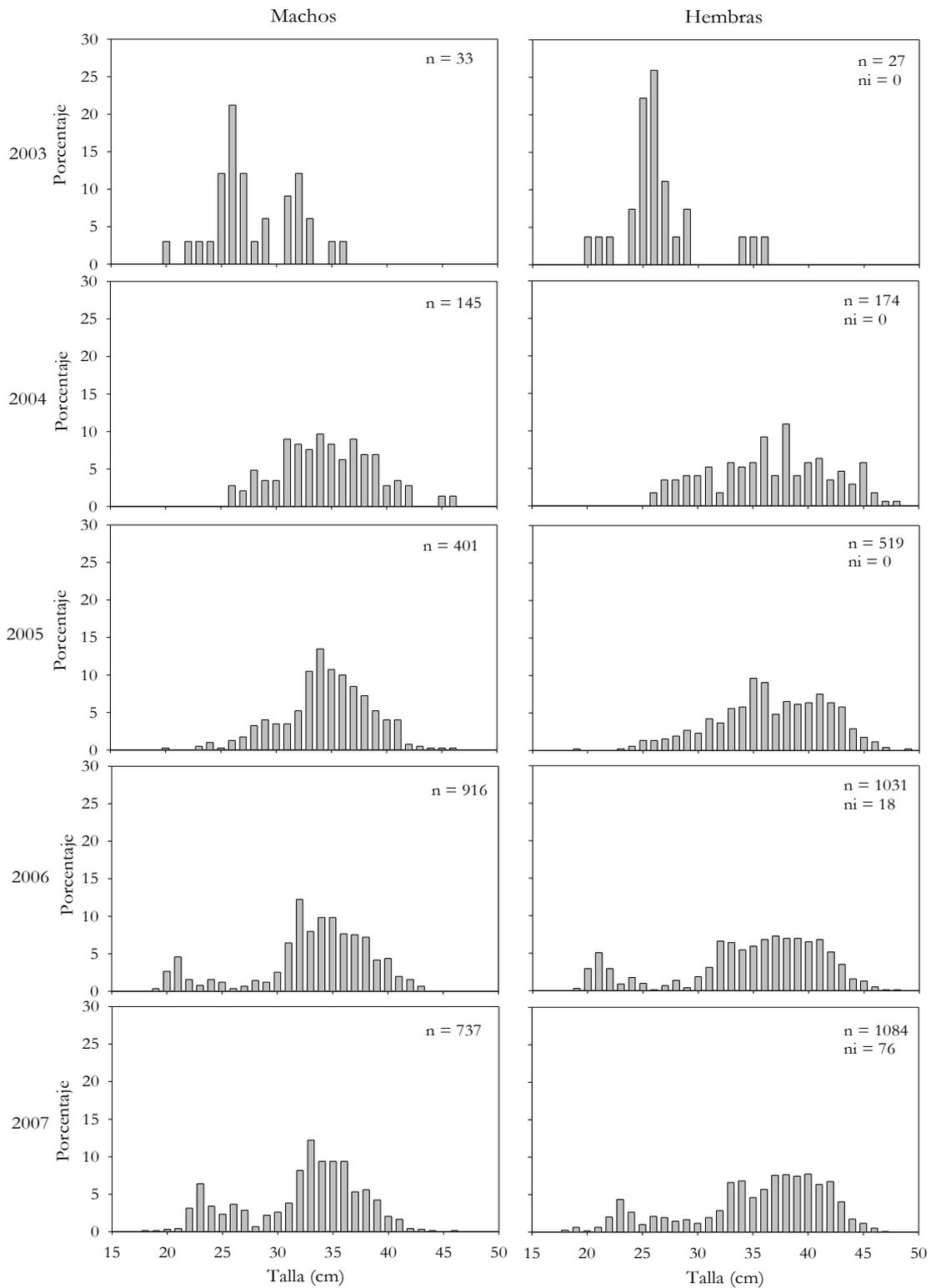


Figura 3.- Estructura de tallas (LF) de machos y hembras de alfonsino en JF2, 2003-2007 (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

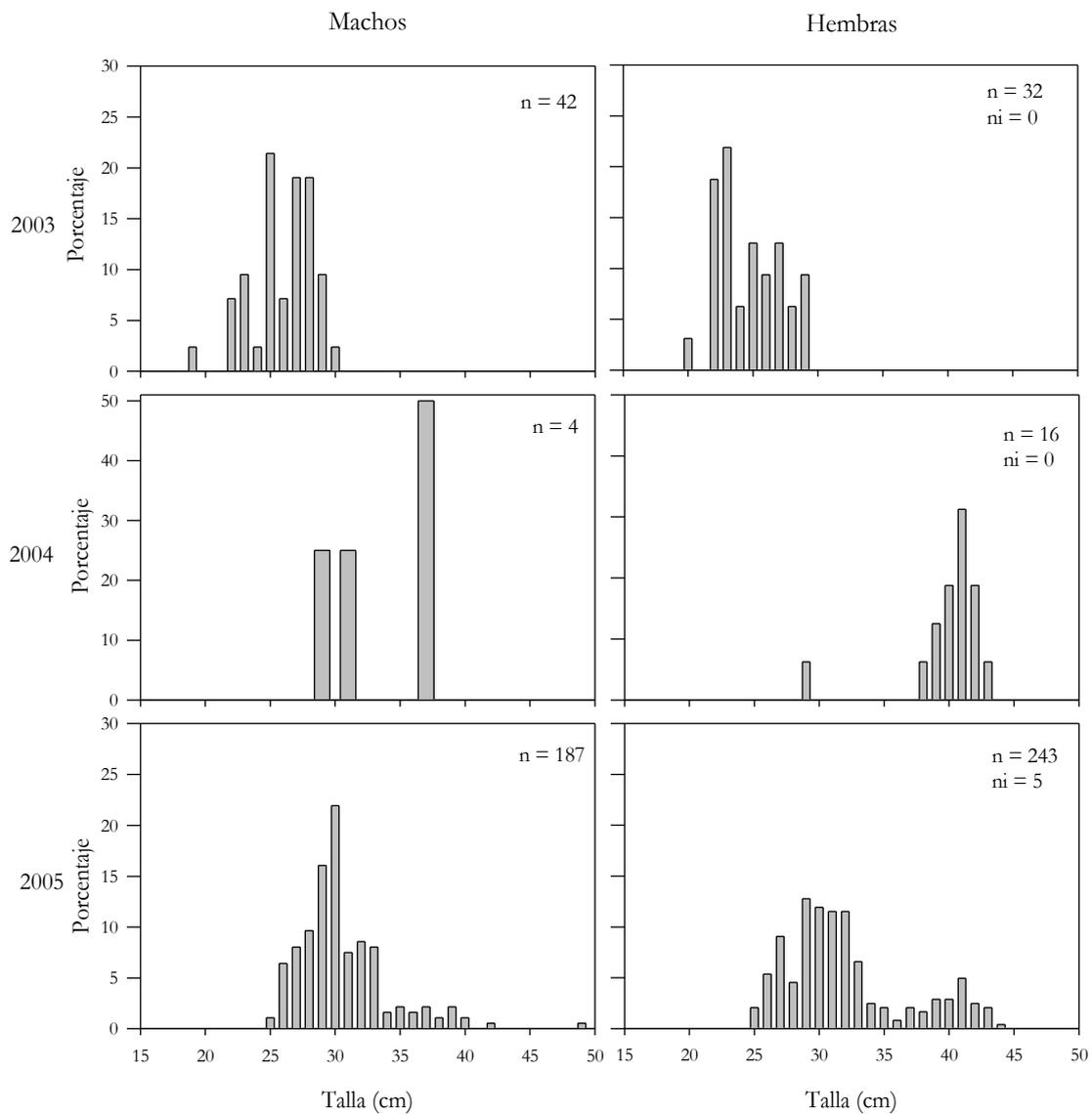


Figura 4: Estructura de tallas (LF) de machos y hembras de alfonsino en JF4 2003-2005 (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

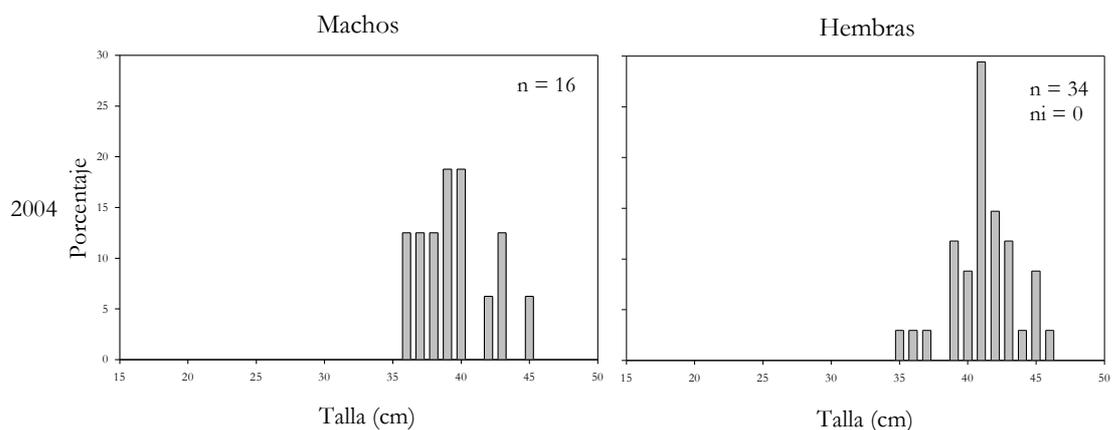


Figura 5: Estructura de tallas (LF) de machos y hembras de alfonsino en JF5 para el año 2004 (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

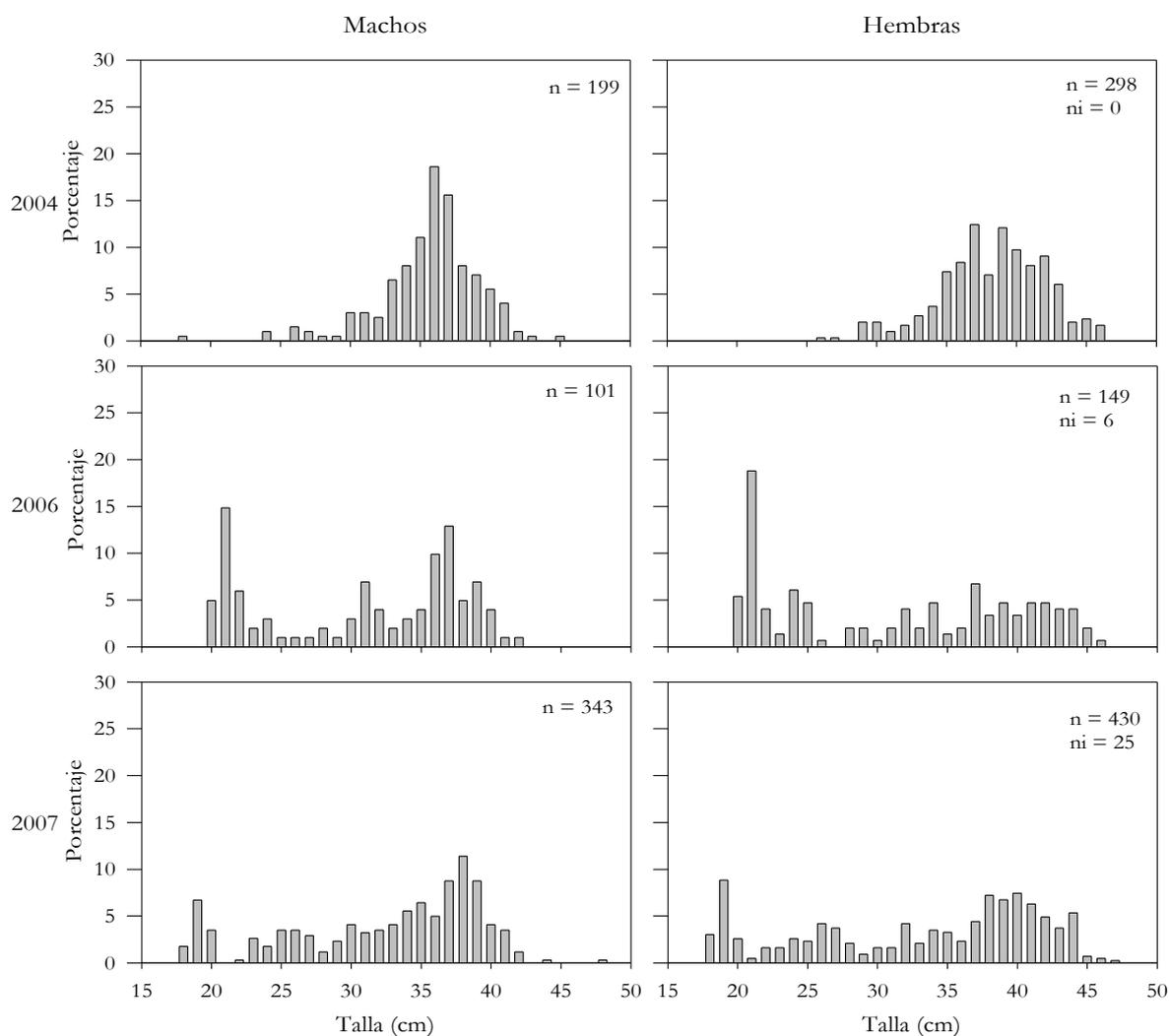


Figura 6: Estructura de tallas (LF) de machos y hembras de alfonsino en JF6 para los años 2004 a 2007 (no existen datos para el año 2005) (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

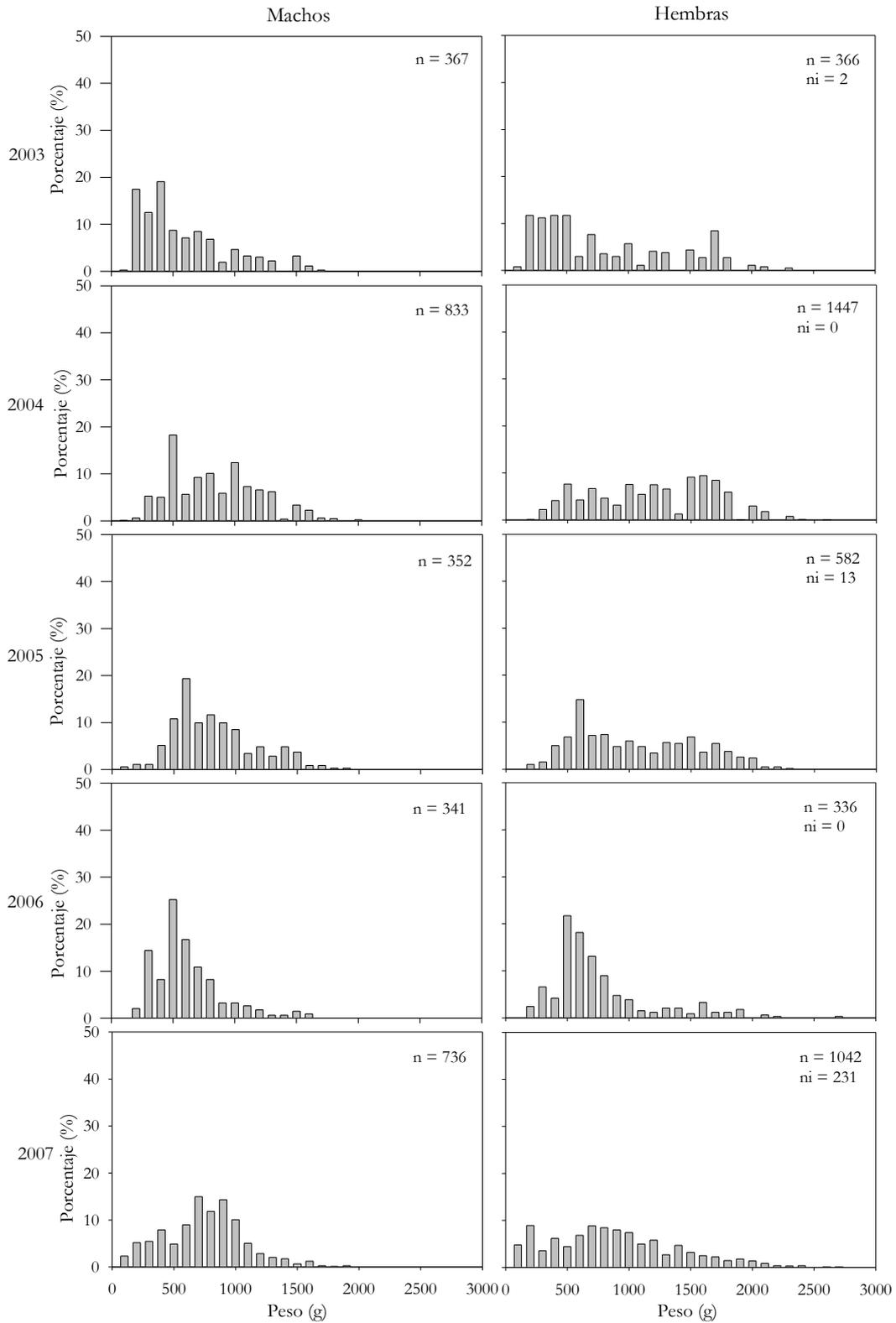


Figura 7: Estructura de pesos de machos y hembras de alfonsino en el monte JF1, periodo 2003-2007 (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

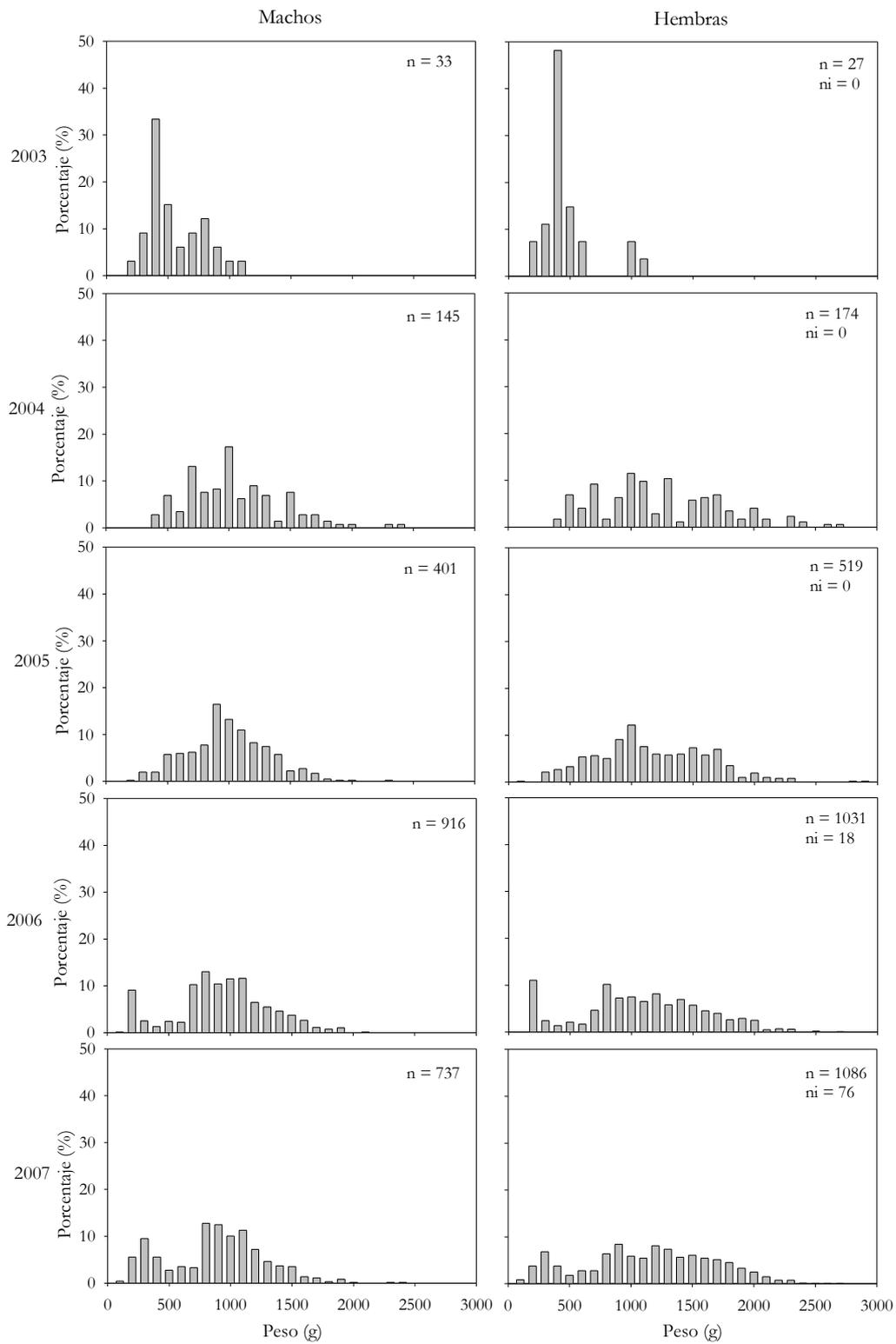


Figura 8: Estructura de pesos de machos y hembras de alfonsino en el monte JF2, periodo 2003-2007 (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

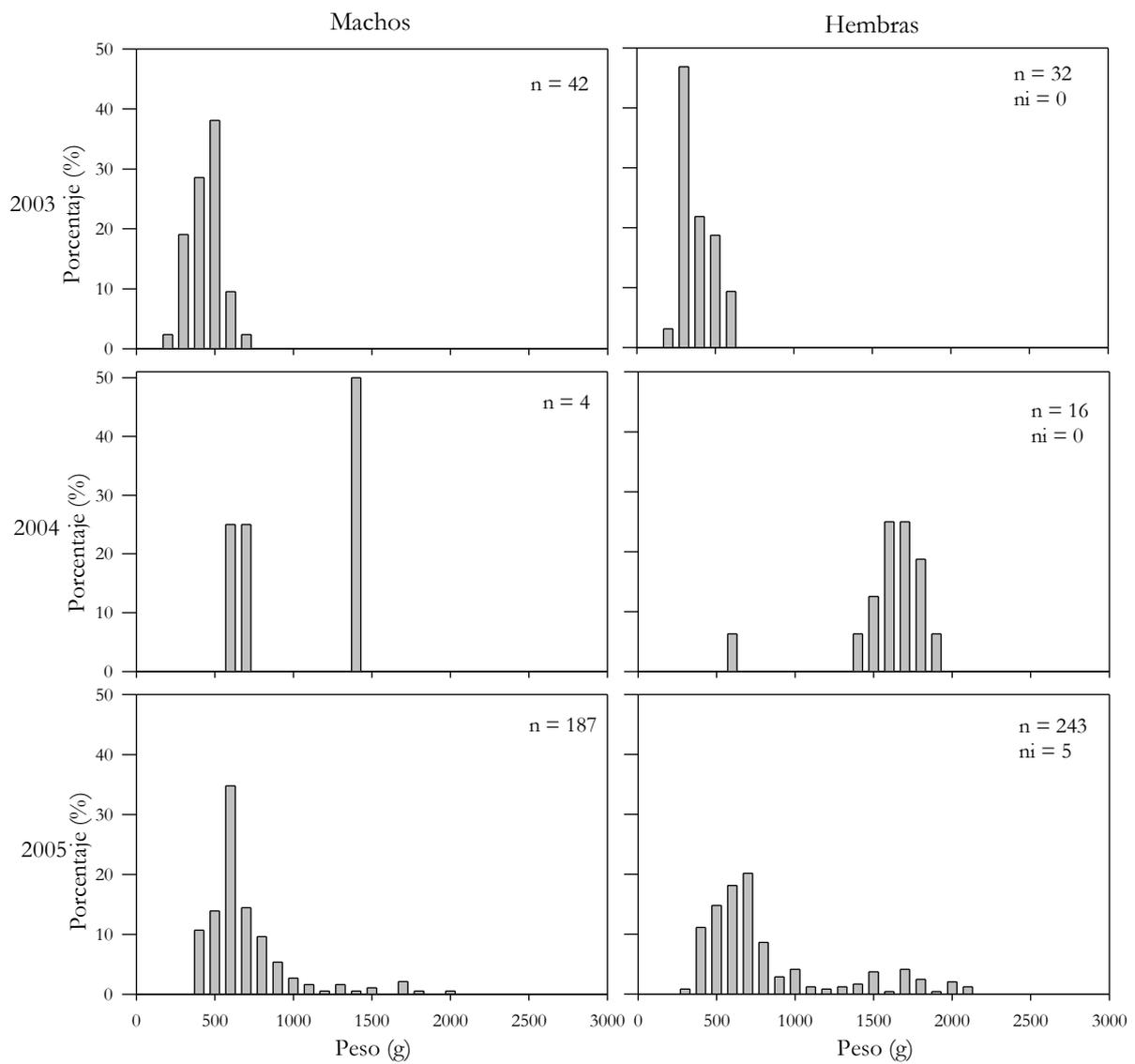


Figura 9: Estructura de pesos de machos y hembras de alfonsino en el monte JF4, periodo 2003-2005 (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

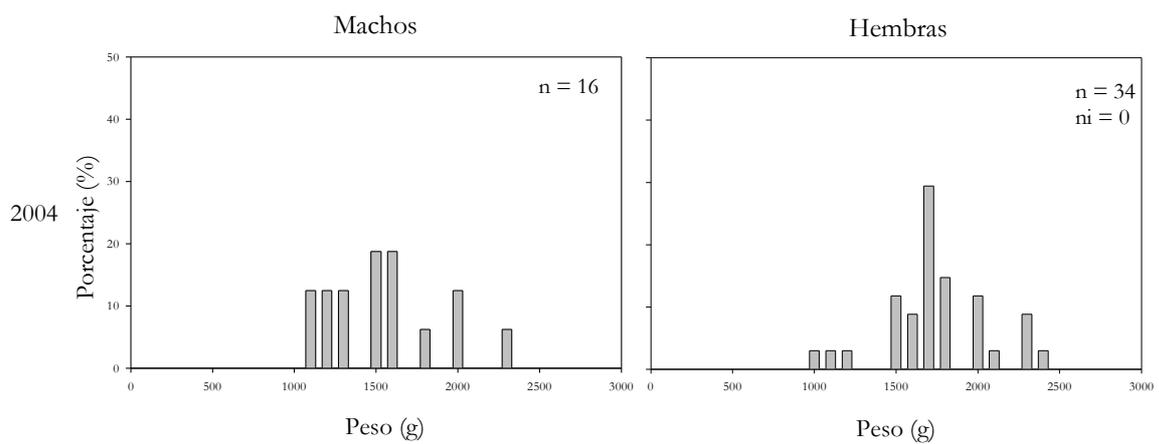


Figura 10: Estructura de pesos de machos y hembras de alfonsino en el monte JF5, año 2004 (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

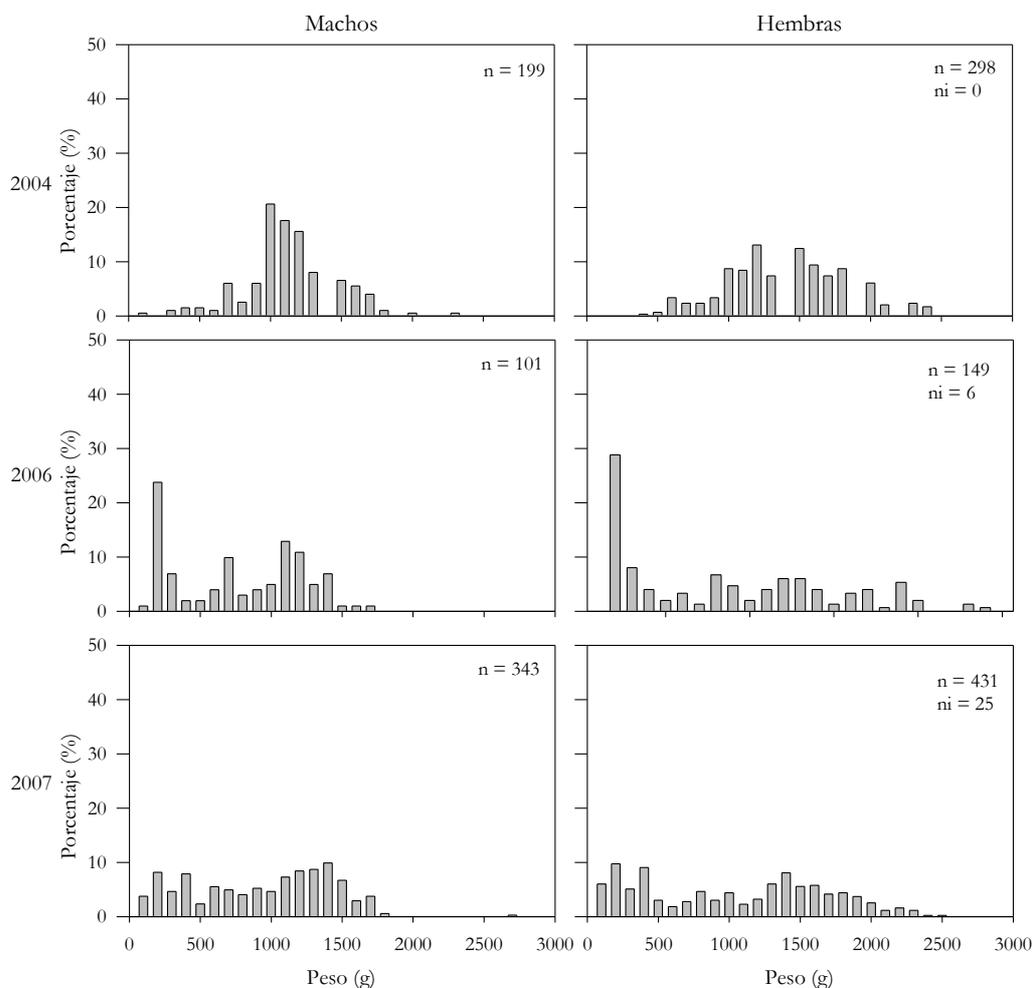


Figura 11: Estructura de pesos de machos y hembras de alfonsino en el monte JF6, años 2004, 2006 y 2007 (n = número de ejemplares; ni = número de ejemplares indeterminados).

COMPOSICIÓN DE EDADES

Clave talla-edad

El rango de edades presente en las muestras de otolitos leídas fue entre 0 y 17 años (Tablas 9, 10 y 11). La distribución de edades obtenida con las claves talla-edad por sexo mostró la clara progresión de una cohorte probablemente nacida en 1999, que presenta una edad estimada de cuatro años en 2003 y es identificable hasta el año 2007, constituyendo la moda principal de los años 2003, 2005 y 2006 (Figura 12). La presencia de otras modas sugieren una dinámica inter-anual moderada de reclutamientos, con ingresos frecuentes de nuevos efectivos al stock explotado.

La edad cero estuvo pobremente representada en todos los años, con excepción del año 2007. Esto podría ser el resultado tanto de una mayor presencia relativa de reclutas, como también de cambios en la selectividad de las artes de muestreo asociados al uso más intensivo de un cubrecopo interior en los cruceros científicos del año 2007 (Niklitschek et al., 2008).

Los cambios inter-anales en la distribución de frecuencia de edades (Figura 13) mostraron cierta consistencia general con lo observado en el análisis global (Figura 12). Los patrones de distribución aparecen, no obstante, con múltiples modas, probablemente por los menores tamaños muestrales.

Tabla 9 : Clave talla edad para alfonsino sexos combinados, 2003-2007. SD: Desviación Estándar.

Talla LF (cm)	Edad (Años)																		
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	
18	4	8																	
19	7	16																	
20	6	31	1		1														
21		11	7	1		1	1												
22		5	22	3	3	2	2												
23			10	6	3														
24			10	14	7	2	1	1											
25			1	12	8	2	1												
26				5	14	1	2		1										
27					10	6	2	2											
28					7	13	14	6	2										
29					1	6	11	1	2	1									
30						3	5	16	10	1	3	1							
31							4	7	10	13	1								
32								10	23	8	9	1	1						
33								2	14	11	13	2							
34								1	6	6	10	6	5		1				
35									4	7	14	17	4	1					
36									4	11	11	19	12	3					
37									2	5	5	11	6	3	3			2	
38										2	9	12	10	9	4	2		1	
39											5	7	11	7	3	1			
40									1	1	2	5	10	6	8	3	5		
41									1	1	2	5	9	10	6	4			
42										1	2		4	13	4	2	3		
43												1	3	2	2		2	1	1
44											1	1		5	3	5		1	
45																	1		
46														1		1			
Media	19	20	22	24	26	28	29	32	34	35	37	38	40	40	42	42	40	43	
SD	0,8	1,1	1,1	1,2	2,1	2,4	2,5	2,7	3	2,9	2,4	2,5	2,4	2,3	2,3	1,7	3,4		
n	17	71	51	41	57	42	70	85	72	88	88	75	60	34	18	11	5	1	

Tabla 10: Clave talla-edad para machos de alfonsino, 2003-2007. SD: Desviación Estándar; n: número de individuos de edad y talla conocida.

Talla LF (cm)	Edad (años)																
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
18	1	1															
19	1	4															
20	2	6															
21		3	3	1													
22		2	6	1	2	1	1										
23			5	6	1												
24			5	8	1	1											
25				2	5	1	1										
26				1	8		2		1								
27					5	2	2										
28					3	6	10	2	1								
29						3	3		2								
30					1	2	8	6		2							
31						1	3	7	5	1							
32							7	15	5	6		1					
33							1	4	4	8	2						
34							1	2	2	6	4	3					
35								2	4	7	9	4					
36								3	6	7	8	5	3				
37								1	4	1	6	3	1	3			2
38										3	4	3	3	1	2		1
39										1	3	2	1				
40										1	2	2	1			2	
41								1				1			1		
42										1		1					
43												1					
Mean	19	20	23	24	26	28	29	32	33	35	36	37	38	37	39	40	37
SD	1	1,1	1,1	1,1	1,8	2,3	2,4	2,4	2,8	2,5	1,8	2,7	1,4	0,5	1,7	0	0,6
n	4	16	19	19	26	17	39	43	34	44	38	26	9	4	3	2	3

Tabla 11: Clave talla-edad para hembras de alfonsino, 2003-2007. SD: Desviación Estándar; n: número de individuos de edad y talla conocida.

Talla LF (cm)	Edad (años)																	
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
18	1	5																
19	1	7																
20	1	16	1															
21		6	4				1											
22		3	15	1	1		1											
23			5		1													
24			4	6	4	1	1	1										
25			1	9	3	1												
26				4	6													
27					4	3		2										
28					4	7	4	4	1									
29					1	3	8	1		1								
30					2	2	8	4	1	1	1							
31						3	4	3	8									
32							3	8	3	3	1							
33							1	10	7	5								
34								4	4	4	2	2			1			
35								2	3	7	8			1				
36								1	5	4	11	7						
37								1	1	4	5	3	2					
38									2	6	8	7	6	3				
39										4	4	9	6	3	1			
40								1	1	1	3	8	5	8	3	3		
41									1	2	5	8	10	6	3			
42									1	1		3	13	4	2	3		
43											1	2	2	2		2	1	1
44										1	1		5	3	5		1	
45																1		
46													1		1			
Mean	19	19,9	22,3	24,8	26,2	28,3	29,2	31,8	33,9	36	37,3	38,9	40,8	40,6	42,1	41,9	43,5	43
SD	1	1,11	1,09	0,97	2,04	1,84	2,63	2,94	3,1	3,17	2,66	2,19	2,19	2,11	2,07	1,69	0,71	
n	3	37	30	20	26	20	31	42	38	44	50	49	51	30	15	9	2	1

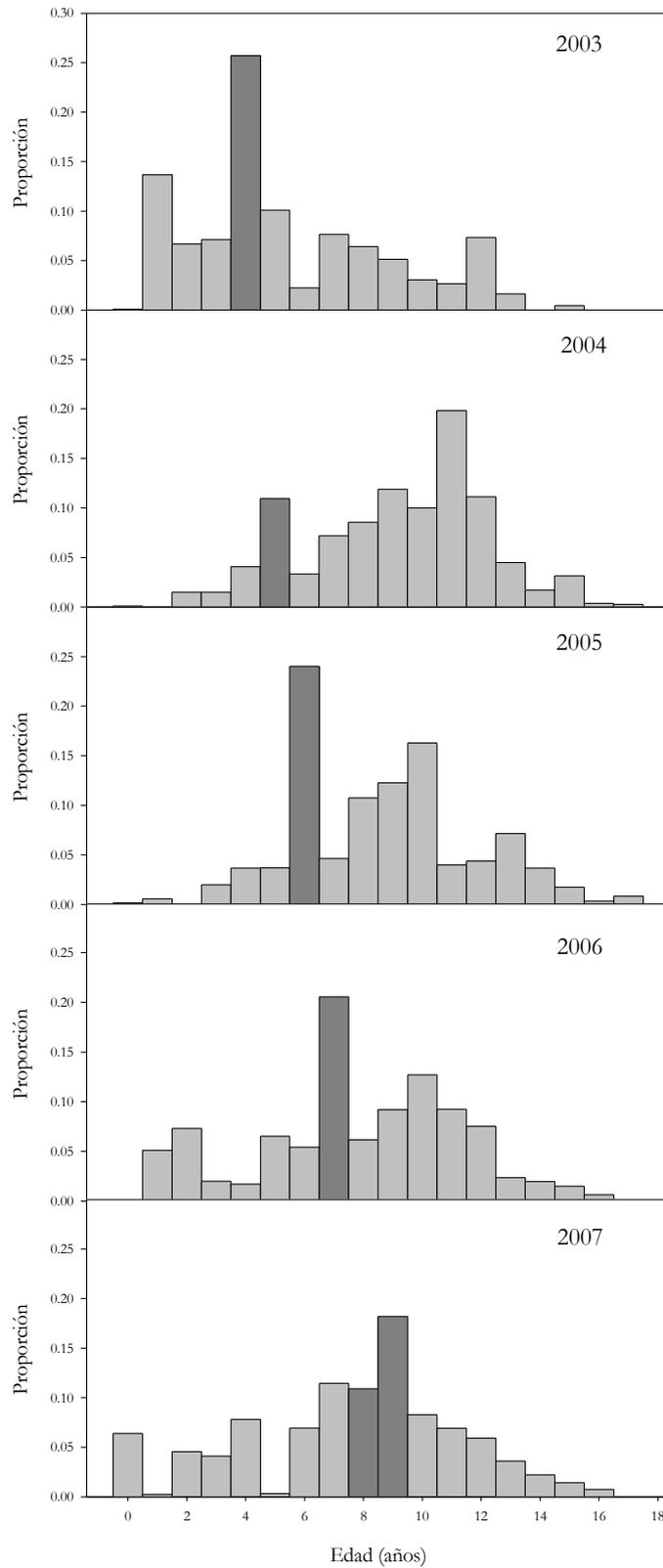


Figura 12: Distribución global de frecuencia de edades estimada para el conjunto de zonas de pesca aledañas al Archipiélago de Juan Fernández, 2003-2007. Se destaca la progresión de una cohorte que tendría cuatro años en el 2003, siendo la moda principal de los años 2003 a 2006.

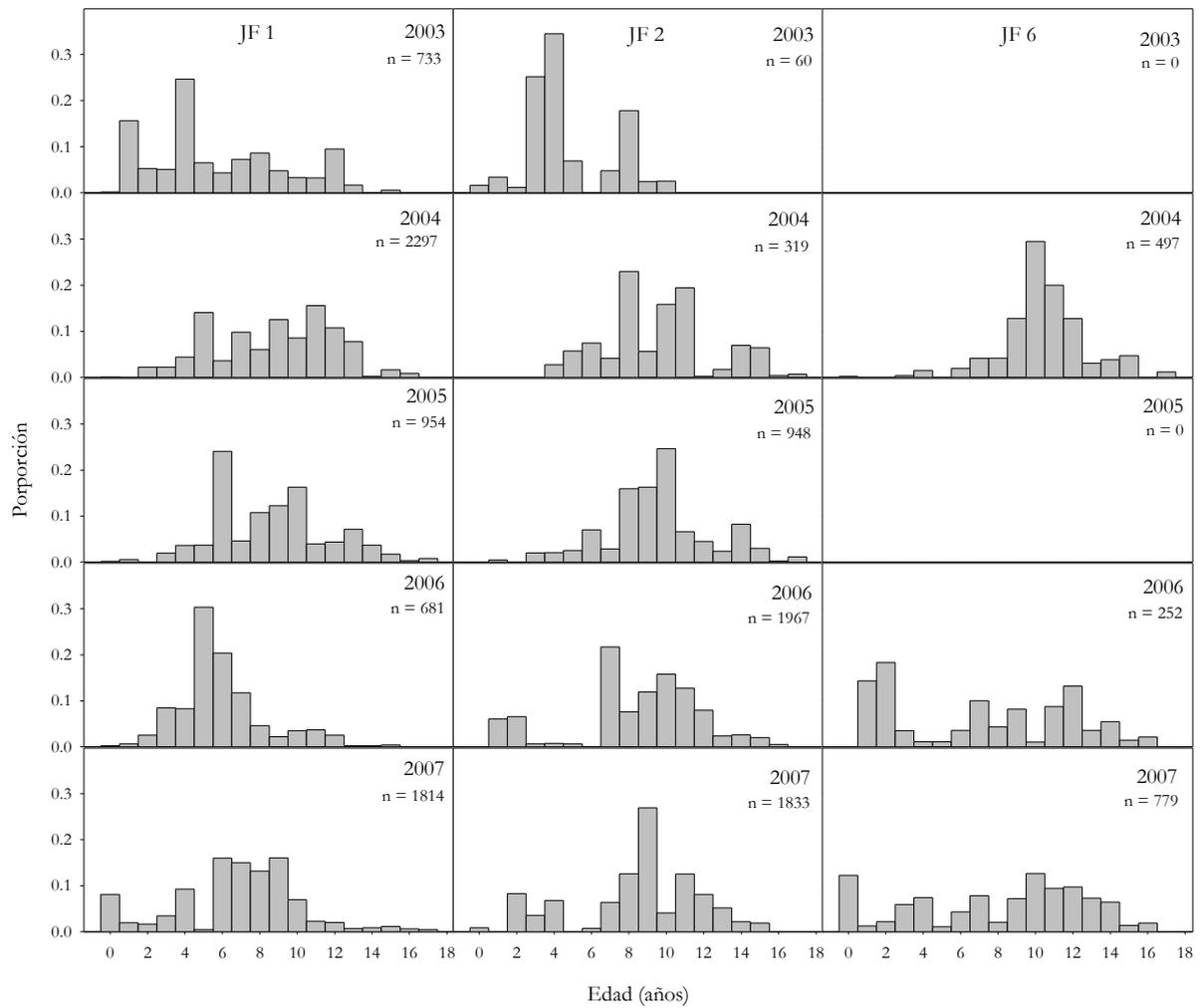


Figura 13: Distribución de frecuencia de edades estimada para las zonas JF1, JF2 y JF6, 2003-2007.

2. Objetivo Específico 2. Determinar la proporción sexual global y a la talla, por periodo y zona.

2.1. MATERIALES Y MÉTODOS

Proporción sexual

La proporción sexual a la talla, por periodo y zona se estimó a través de un modelo lineal general de tipo mixto, que permitió modificar las matrices de efectos fijos (\mathbf{X}) y aleatorios \mathbf{Z} para evaluar, secuencialmente, los modelos alternativos definidos en la Tabla 12. Dicho modelo está definido por la relación,

$$\log_e \frac{P_{sj}}{(1-P_{sj})} = \mathbf{X} \beta + \mathbf{Z} \mu + e$$

donde,

$$\hat{P}_{sj} = \frac{n_{sj}}{n_{asj}}$$

n_{asj} : número de ejemplares de ambos sexos en lance j

n_{sj} : número de ejemplares del sexo s en lance j

\mathbf{X} : Matriz de efectos fijos (zona, año)

\mathbf{Z} : Matriz de efectos aleatorios (barco, lance)

Tabla 12 . Objetivo del análisis, efectos fijos y aleatorios de modelos lineales generales mixtos a utilizar para describir y evaluar la proporción sexual de alfonsino en el área de estudio

Objetivo de análisis	Efectos fijos	Efectos aleatorios
Proporción global	No	Zona, año, estación del año, lance
Proporción a la talla	Intervalo de tallas (5 cm)	Zona, año, estación del año, lance
Proporción por periodo	Estación del año	Zona, año, lance
Proporción por zona	Zona	Año, estación, lance
Proporción por zona y periodo	Zona, estación del año	Año, lance
Proporción por zona y año	Zona, año	Estación, lance
Proporción por periodo y año	Estación del año, año	Zona, lance

2.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis global de todos los datos (zonas y años combinados) indicó una predominancia de hembras que alcanzaron un $57\% \pm 0,5$ (EE) de los ejemplares capturados y muestreados. Esta cifra excluye los individuos de sexo indeterminado, que representaron un 2,7% del total.

Variabilidad entre tallas

Al desagregar la proporción sexual por intervalos de talla se encontró un claro predominio de hembras en tallas mayores a 40 cm, contrastando con una tendencia inversa en tallas inferiores. Una excepción a esta tendencia correspondió a la proporción sexual estimada para el intervalo de tallas con marca de clase 20 cm, donde las hembras representaron un 56% de la muestra (Tabla 13, Figura 14). Esta información, cruzada con los patrones de selectividad de las artes comerciales sugeridos por Niklitschek et al. (2008) podría indicar la existencia de patrones de mortalidad diferencial que podrían afectar más severamente a las hembras de esta especie.

Variabilidad entre zonas

El análisis de la proporción sexual dentro de zonas (Tabla 14, Figura 15) mostró resultados consistentes con el análisis global, con una mayor proporción de hembras en todas las zonas, alcanzando un 68% en el caso más extremo, monte JF5. En este último caso debe considerarse, sin embargo, que existió un reducido tamaño muestral (n=50).

Variabilidad estacional

Sólo se contó con datos correspondientes a tres de las cuatro estaciones (primavera, verano e invierno). Un análisis global de la variabilidad estacional para todas las zonas no mostró diferencias significativas en la proporción de hembras capturadas durante las distintas estaciones del año, la que se mantuvo por sobre la de los machos a lo largo de todo el año (Tabla 15, Figura 16).

Al considerar la interacción entre las variables estación del año y zona de captura fue posible identificar diferencias significativas entre invierno y verano en el monte JF1, donde la proporción de hembras se redujo de 65 a 55%. En los otros dos montes donde se contó con datos obtenidos en las tres estaciones ya señaladas, se mantuvo una tendencia a observar mayores proporciones de hembras durante el invierno, pero ésta no llegó a ser significativa (Tabla 16, Figura 17).

Tabla 13 : Proporción de hembras por intervalo de tallas. Zonas y años combinados. Se excluye individuos de sexo indeterminado.

Marca de clase (LF)	Proporción de hembras (\pm EE)
15	0,1 \pm 0,14
20	0,56 \pm 0,02
25	0,46 \pm 0,02
30	0,43 \pm 0,01
35	0,46 \pm 0,02
40	0,72 \pm 0,02
45	0,95 \pm 0,01
50	0,63 \pm 0,20

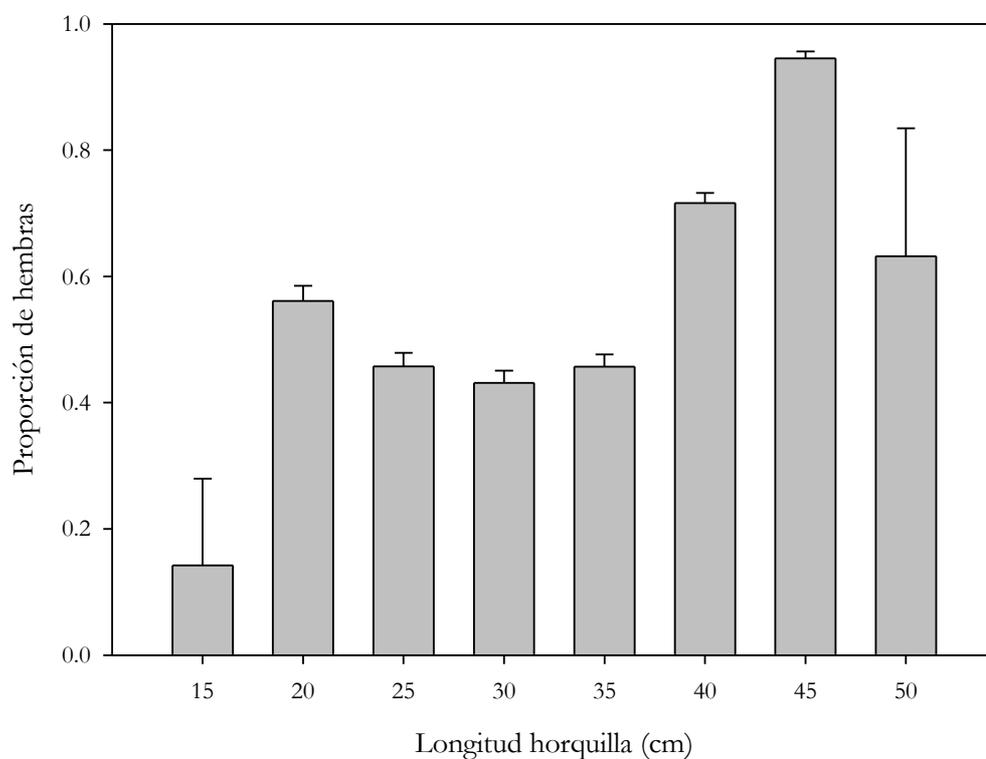


Figura 14: Proporción de hembras por intervalo de tallas. Zonas y años combinados. Se excluye individuos de sexo indeterminado.

Tabla 14 : Proporción de hembras por zona. Años combinados. Se excluye individuos de sexo indeterminado.

Zona	Proporción de hembras
JF1	0,59 ± 0,007
JF2	0,56 ± 0,008
JF4	0,56 ± 0,021
JF5	0,68 ± 0,066
JF6	0,59 ± 0,013

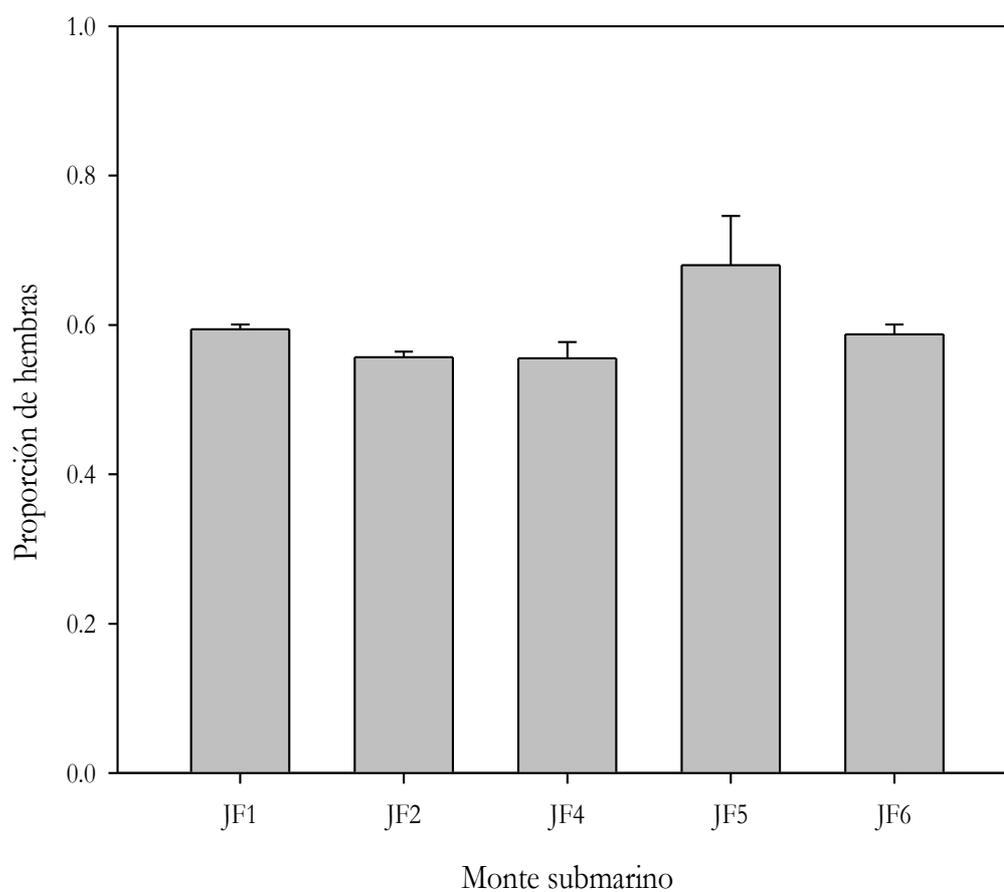


Figura 15: Proporción de hembras por zona. Años combinados. Se excluye individuos de sexo indeterminado.

Tabla 15 : Proporción de hembras por estación del año. Años y zonas combinados. Se excluye individuos de sexo indeterminado.

Estación	Proporción de hembras (\pm EE)
Invierno	0,58 \pm 0,017
Primavera	0,56 \pm 0,007
Verano	0,58 \pm 0,012

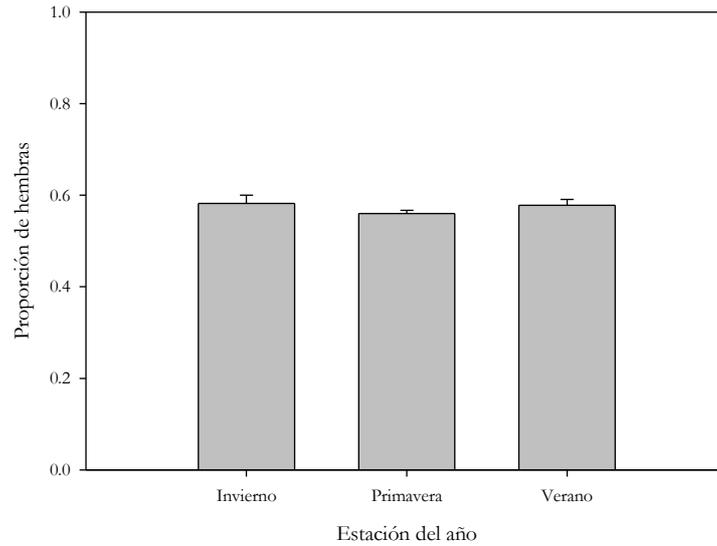


Figura 16: Proporción de hembras por estación del año. Años y zonas combinados. Se excluye individuos de sexo indeterminado.

Tabla 16 : Proporción de hembras por zona y estación del año. Se excluye individuos de sexo indeterminado

Zona	Estación	Proporción de hembras (± EE)
JF1	Invierno	0,65 ± 0,0268
	Primavera	0,60 ± 0,0074
	Verano	0,55 ± 0,0180
JF2	Invierno	0,58 ± 0,0226
	Primavera	0,55 ± 0,0147
	Verano	0,55 ± 0,009
JF4	Primavera	0,56 ± 0,022
JF5	Invierno	0,68 ± 0,066
JF6	Invierno	0,59 ± 0,069
	Primavera	0,59 ± 0,016
	Verano	0,58 ± 0,025

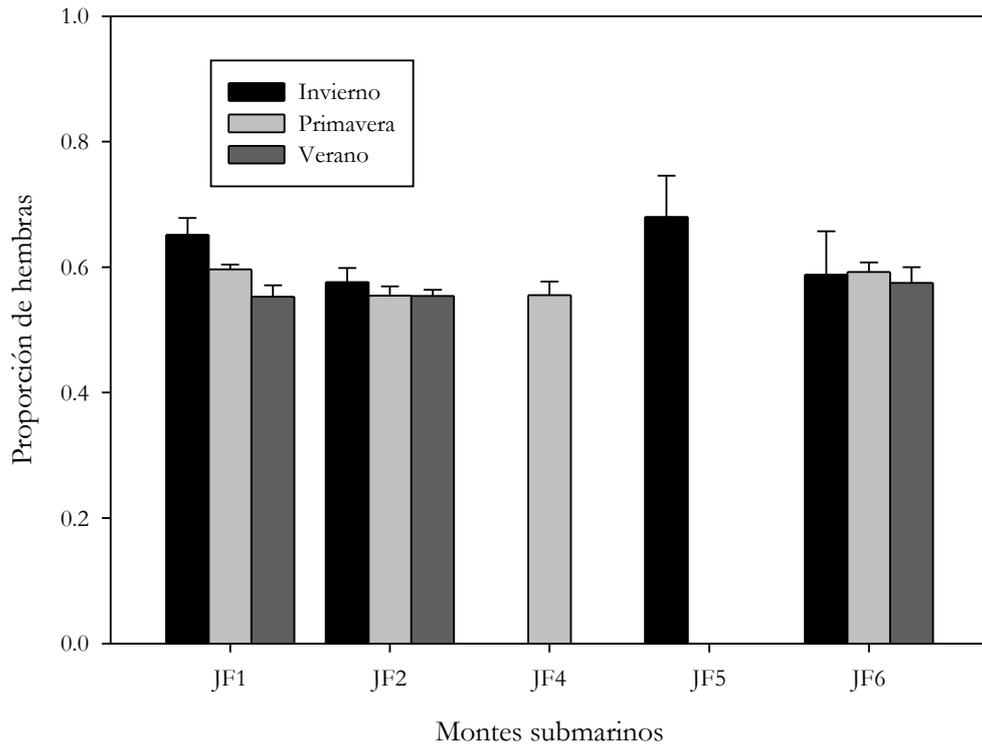


Figura 17. Proporción de hembras por zona y estación del año. Se excluye individuos de sexo indeterminado

3. Objetivo Específico 3. Determinar la función y los parámetros de crecimiento individual, así como la tasa instantánea de mortalidad natural y la talla crítica.

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

MODELO DE CRECIMIENTO INDIVIDUAL

Tres modelos de crecimiento han sido ajustados a los datos de longitud de horquilla y edad de alfonsino, separadamente para machos y hembras. El primero es el modelo de Schnute (1981):

$$l(t) = \left(l_1^{g_2} + \left(\frac{\mu^{g_2}}{1 - g_2} - l_1^{g_2} \right) (1 - e^{g_1(t-t_1)}) \right)^{\frac{1}{g_2}}$$

donde,

l : longitud de horquilla (cm)

t : edad (años)

l_1 : longitud horquilla a la edad más joven observada (cm),

t_1 : edad más joven observada (años)

g_2 : parámetro adimensional de forma,

μ : longitud de horquilla en el punto de inflexión (cm),
 g : parámetro de tasa (años⁻¹)

Este modelo no es el modelo original de Schnute sino una re-parametrización descrita en Arkhipkin y Roa-Ureta (2005). El segundo modelo es el de Gompertz:

$$l(t) = l_{\infty} e^{-\gamma e^{-g t}}$$

donde,

l_{∞} : longitud de horquilla asintótica (cm)
 γ : parámetro adimensional de forma adimensional.

El modelo de Gompertz es un modelo asintótico con doble curvatura, cuyo punto de inflexión se encuentra en $\mu = l_{\infty} e^{-1}$. El modelo de Gompertz es un caso particular del modelo de Schnute como se explica en Arkhipkin y Roa-Ureta (2005). El tercer modelo es el modelo de von Bertalanffy, re-parametrizado para incluir la longitud de horquilla a la edad cero (talla de nacimiento) en lugar de la edad a la longitud de horquilla cero:

$$l(t) = l_{\infty} (1 - (1 - l_0/l_{\infty}) e^{-K t})$$

donde,

l_0 : longitud de horquilla a la edad cero (cm)
 K : parámetro de tasa (años⁻¹).

El modelo de von Bertalanffy también es un caso particular del modelo de Schnute, como se explica en Arkhipkin y Roa-Ureta (2005).

El ajuste de los modelos a los datos se realizó escribiendo código del sistema de programación estadística Automatic Differentiation Model Builder (ADMB v. 6.0.2, Otter Research Ltd.) con el compilador C++ GNU GCC v. 2.95.5. El modelo estadístico consideró una función de verosimilitud formada por una mezcla de una distribución normal y una distribución de colas más altas, esta última para dar cuenta de posibles errores de lectura. El modelo estadístico fue entonces un modelo de regresión robusta, pre-implementado en el sistema ADMB.

Para comparar los modelos se utilizó el índice de información de Akaike, el AIC,

$$AIC = -2 \log L(\hat{\theta}) + 2 p$$

donde,

$L(\hat{\theta})$: valor de la función de soporte en el máximo respecto del conjunto de parámetros libres

θ : conjunto de parámetros libres

p : número de parámetros libres de cada modelo.

p vale cuatro en el caso del modelo de Schnute, y tres en el caso de los otros dos modelos.

Dos bases de datos fueron usadas separada y conjuntamente. La primera es una base de datos creada por el Centro Trapananda de la Universidad Austral de Chile, y la segunda es la base de datos de IFOP producida por el proyecto FIP 2000-12, “Estudio de Edad, crecimiento y mortalidad natural de los recursos orange roughy y alfonsino”. Ambas bases de datos difieren en aspectos importantes, como se indica en la Tabla 17 y esas diferencias las hacen complementarias.

Tabla 17- Información descriptiva de las bases de datos de longitud y edad de alfonsino.

	Trapananda		IFOP	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Tamaño de muestra	80	64	670	646
Rango de longitud de horquilla (cm)	18,4-45,9	18,4-42,5	17-56	17-51
Rango de edades (años)	0-14	0-11	1-19	1-15

RELACIÓN LONGITUD-PESO

El modelo considero una ecuación potencial y un proceso estocástico multiplicativo,

$$w(l) = w_1 l^{w_2} \lambda, \quad \lambda \sim \Lambda(1, \sigma_w^2)$$

donde,

w_1 : parámetro de tasa (gr cm^{-1})

w_2 : parámetro adimensional de forma

λ : variable aleatoria lognormal cuyo logaritmo tiene media uno

σ_w^2 : varianza de λ .

La varianza de λ es un parámetro indeseado, y lo eliminamos utilizando la función de verosimilitud 'profile'

$$L_{Profile} \propto \left(\sum_{i=1}^n (\log(w_i) - \log(w(l_i)))^2 \right)^{-\frac{n}{2}}$$

donde,

w_i : una observación de peso corporal

$w(l_i)$: la media del peso corporal dada la talla del pez en la observación i y dado el modelo potencial

n : número de observaciones

Para este ajuste se utilizó una base de datos del Centro Trapananda y código ADMB. El mismo modelo y código fue empleado por Roa-Ureta y Arkhipkin (2007).

MORTALIDAD NATURAL

A nuestro juicio, la mejor metodología para la estimación de la tasa instantánea de mortalidad promedio a través de la ontogenia se basa en la longevidad del stock en condiciones virginales. Esto es así puesto que obviamente debe haber una relación muy estrecha entre la probabilidad de morir y la longevidad: mientras mayor la longevidad, menor la mortalidad promedio a través de la ontogenia. El mismo argumento para utilizar esta ecuación empírica fue presentado por Roa-Ureta y Arkhipkin (2007). Consecuentemente, nosotros utilizamos el modelo empírico de Hoening, recientemente revisado y actualizado por Hewitt y Hoening (2005). Como longevidad, utilizamos la mayor edad observada en el proyecto FIP 2000-12, que consideró lecturas en otolitos desde el inicio de las actividades extractivas. Por lo tanto se puede presumir razonablemente que la máxima edad en esa base de datos es la longevidad en condiciones virginales.

EDAD CRÍTICA, TALLA CRÍTICA, Y PESO CRÍTICO

La edad crítica está definida como la edad a la cual una cohorte alcanza su máxima biomasa. Antes de esa edad, la biomasa crece porque la mortalidad natural no es suficiente para compensar el impulso del crecimiento individual, pero después de esa edad, la mortalidad natural predomina.

Sea $l(t)$ el modelo de crecimiento individual, sea $N(t)$ el modelo de decaimiento exponencial, y sea $w(l)$ el modelo de la relación longitud-peso. Entonces la biomasa de una cohorte es

$$B(t) = N(t)w(l(t)) = N(0)e^{-Mt} w_1 l(t)^{w_2}$$

donde,

$N(0)$: número de reclutas,

M : tasa instantánea de mortalidad natural (años⁻¹).

$N(t)$ es siempre decreciente y $w(l)$ es siempre creciente. Por lo tanto la edad crítica t' es la solución, respecto de t , de la ecuación diferencial,

$$0 = \left[\frac{dB}{dt} \right]_{t'}$$

La talla crítica, l , es $l = l(t')$, y el peso crítico es $w' = w(l)$.

3.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo de Crecimiento Individual

Base de datos Centro Trapanananda

En machos el modelo mejor apoyado por los datos fue el modelo de Gompertz, pues este

modelo rindió un menor AIC, mientras que en hembras el modelo de Schnute y el de Gompertz presentaron un AIC de similar valor (Tabla 18). Esto indica que para ambos sexos es recomendable adoptar el modelo de Gompertz. Este resultado basado en el AIC también se refleja en los valores para los estimadores de los parámetros. Específicamente, en ambos sexos el modelo de von Bertalanffy rinde estimados de máxima verosimilitud para l_{∞} y de l_0 que son claramente demasiado altos (Tabla 18). Asimismo, el modelo de Schnute rinde estimados obviamente erróneos en el caso de la talla en el punto de inflexión en machos (Tabla 18). En cambio, el modelo de Gompertz rinde estimados razonables para todos los parámetros en ambos sexos. Según este modelo, a edad cero los alfonsinos de ambos sexos nacieron con 6.7 cm de longitud de horquilla, tienen una aceleración de crecimiento (segunda derivada del modelo de crecimiento) positiva hasta los 19.2 cm en machos, y 21.2 cm en hembras, y posteriormente una aceleración negativa hasta el tamaño asintótico de 52.2 cm en machos y 57.6 cm en hembras (Tabla 18, Figura 13).

Base de Datos IFOP

En ambos sexos el modelo de Schnute es bastante superior al modelo de Gompertz y estos dos son muy superiores al modelo de von Bertalanffy (Tabla 18). Tal como en la base de datos del centro Trapananda, el modelo de von Bertalanffy con los datos de la base de datos de IFOP rinde estimados de l_{∞} y de l_0 que son demasiado altos (Tabla 18). Curiosamente, con la misma base de datos Gili et al. (2002) obtuvieron estimados de l_{∞} iguales a 58.5 cm en machos y 63.6 cm en hembras. Puesto que los datos son los mismos, esta discrepancia sólo puede ser explicada por el método de estimación. Gili et al. (2002) utilizaron la rutina de ajuste no-lineal de SYSTAT 7.0 mientras que nosotros hemos usado regresión robusta con código ADMB. Consideramos que nuestra metodología es más confiable y poderosa así que sugerimos descartar los estimados reportados por Gili et al. (2002).

Bases de Datos Conjuntas

La base de datos conjunta incrementa el rango de edades que cubre cada base de datos por separado en ambos sexos, además de aumentar el tamaño de muestra, así que por ese sólo motivo puede ser considerada más apta para la determinación del modelo de crecimiento de alfonsino. Más aun considerando que el entrenamiento en lectura de edades que obtuvo el Centro Trapananda fue proporcionado en un principio por el jefe del proyecto que creó la base de datos de IFOP. Es decir, cualquier diferencia de criterio entre lectores de ambas bases debe ser menor. Con esta base conjunta, el modelo de Schnute incrementa su superioridad sobre el modelo de Gompertz, y ambos superan por mucho al modelo de von Bertalanffy (Tabla 18). En la Figura 18 se observa que la superioridad del modelo de Schnute se origina en una mejor capacidad para explicar longitudes relativamente altas a edades bajas y longitudes relativamente bajas a edades altas.

Tabla 18.- Resultados de la estimación de los modelos de crecimiento por regresión robusta en ADMB. Entre paréntesis se indican los errores estándar de los estimadores de máxima verosimilitud de los parámetros estimados directamente en el modelo seleccionado como el mejor para describir el crecimiento de alfonsino.

Base de datos	Parámetro o Índice	Hembras			Machos		
		Schnute	Gompertz	von Bertalanffy	Schnute	Gompertz	von Bertalanffy
Centro Trapananda	l_{∞} (cm)		57,6	79,7		52,2	77,0
	μ (cm)	29,5	21,2		2174,0	19,2	
	g_1, K (año ⁻¹)	0,31	0,106	0,040	-0,00008	0,115	0,040
	h_1, h_0 (cm)	18,6	6,7	18,0	18,4	6,7	18,3
	g_2, γ	-3,08	1,16		1,45	1,05	
	AIC	202,8	203,4	205,8	179,6	175,9	177,0
IFOP	l_{∞} (cm)		58,4	66,1		54,5	64,6
	μ (cm)	25,2	21,5		25,9	20,1	
	g_1, K (año ⁻¹)	0,19	1,34	0,084	0,26	1,25	0,081
	h_1, h_0 (cm)	18,8	5,6	14,1	19,1	5,8	14,8
	g_2, γ	0,50	0,15		-1,12	0,16	
Ambas	AIC	1801,0	1802,8	1828,1	1813,8	1816,5	1830,2
	l_{∞} (cm)		58,9	67,6		55,9	69,3
	μ (cm)	24,9 (1,8)	21,7		28,0 (1,3)	20,6	
	g_1, K (año ⁻¹)	0,181 (0,021)	1,32	0,078	0,299 (0,045)	1,24	0,069
	h_1, h_0 (cm)	16,1 (0,3)	5,8	14,6	16,9 (0,3)	6,0	15,6
	g_2, γ	-0,438 (0,290)	0,15		-1,784 (0,528)	0,151	
	AIC	2178,0	2176,0	2202,8	2060,4	2072,6	2096,1

RELACIÓN LONGITUD-PESO

La relación es casi perfectamente volumétrica, pues el estimado de m_2 para ambos sexos es casi 3 (Tabla 19, Figura 19).

Tabla 19.- Estimados de la relación longitud-peso en alfonsino (244 machos, 169 hembras) y de la tasa instantánea de mortalidad natural (longevidad: 19 años hembras, 16 años machos).

	Hembras	Machos
m_1 (gr/cm)	0,0209 (0.0021)	0,0206 (0.0018)
m_2	3,020 (0.028)	3,028 (0.025)
M año ⁻¹	0.234	0.277

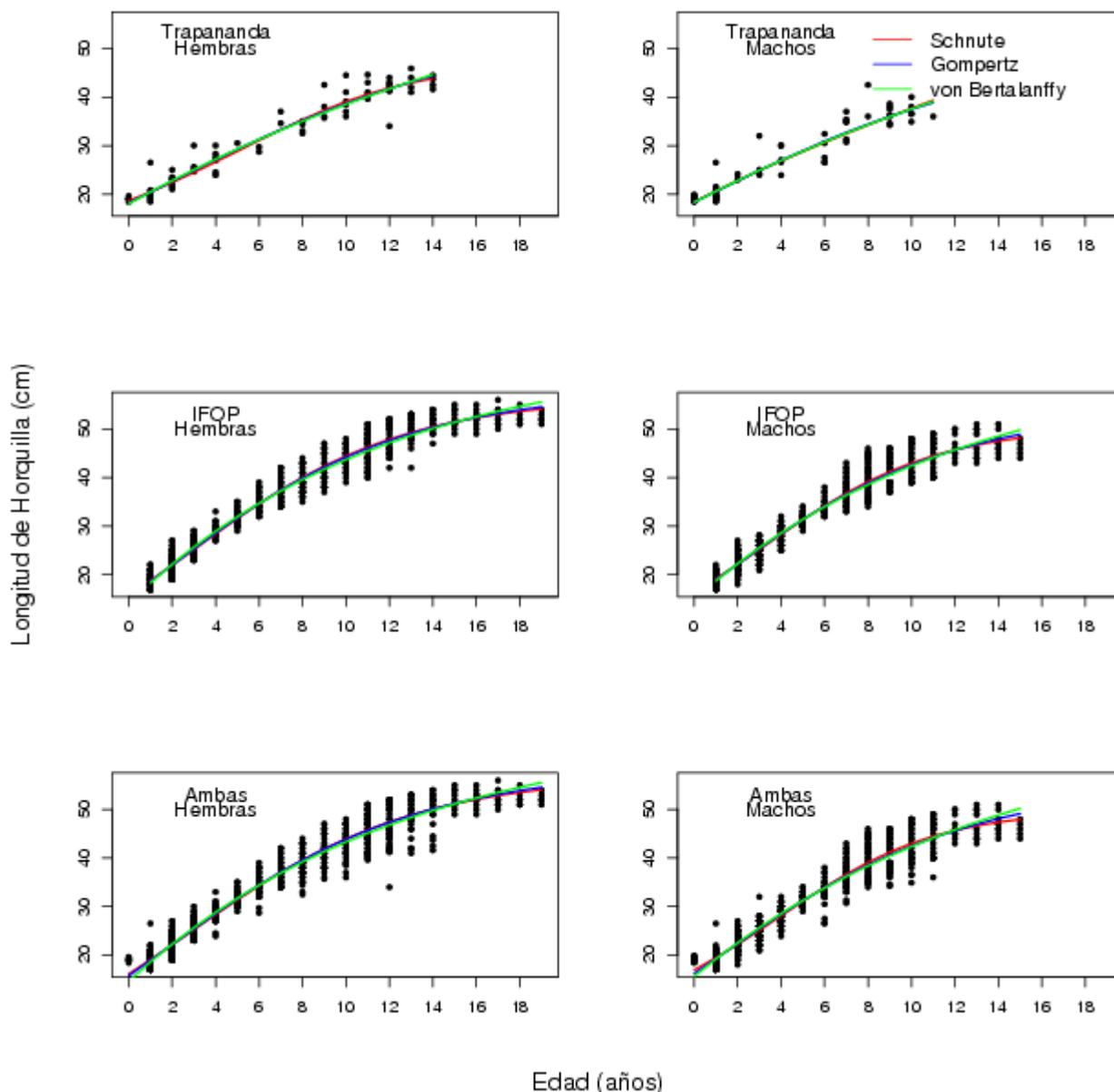


Figura 18.- Datos de edad y longitud de horquilla (círculos) y modelos de crecimiento (líneas) para el alfonsino.

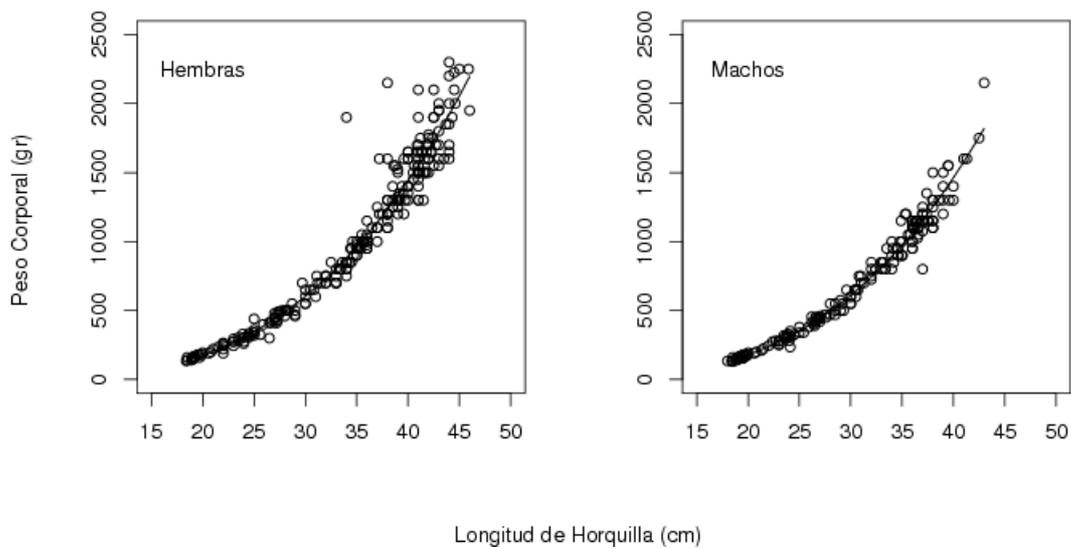


Figura 19.- Ajuste de la relación longitud-peso de alfonsino con un modelo de potencia. Círculos: datos de la base del Centro Trapananda. Líneas: modelos ajustados.

MORTALIDAD NATURAL

Obviamente, debido a su menor longevidad, los machos presentan mayor tasa de mortalidad natural (Tabla 19). Los valores estimados en este estudio difieren notablemente de los reportados por Gili et al. (2002), que fueron de 0.162 para machos y 0.152 para hembras. Estos autores usaron varios métodos bioanalógicos y al parecer mezclaron estas estimaciones en un remuestreo Monte Carlo para arribar a sus estimados finales. Varios de los métodos empleados por Gili et al. (2002) dependen de un modelo de crecimiento de von Bertalanffy, y como se demostró arriba, este no es el modelo más apropiado para el alfonsino. Por otro lado, las estimaciones en Nueva Zelanda coinciden con nuestra estimación, pues Annala et al. (2000) obtienen un M promedio para ambos sexos de 0.23 año^{-1} . Además, no consideramos una buena estrategia el mezclar estimados diversos que provienen de métodos conceptualmente diferentes. Por todo esto, consideramos que los estimados reportados en Gili et al. (2002) no son correctos y que nuestros estimados sí lo son.

EDAD CRÍTICA, TALLA CRÍTICA, Y PESO CRÍTICO

Dado que el modelo de crecimiento más apropiado para el alfonsino resultó ser el modelo de Schnute, la biomasa de una cohorte evoluciona según,

$$B(t) = N(0) e^{-Mt} w_2 \left(l_1^{g_2} + \left(\frac{\mu^{g_2}}{1-g_2} - l_1^{g_2} \right) (1 - e^{g_1(t-t_1)}) \right)^{\frac{w_2}{g_2}}$$

La curva de esta función para cada sexo se muestra en la Figura 20. De aquí se deduce que la edad crítica, la edad de máxima producción de biomasa de una cohorte de alfonsino, es la solución respecto de t de,

$$\left(\frac{\mu^{g_2}}{1-g_2} - l_1^{g_2} \right) \frac{w_2 g_1 e^{-g_1(t-t_1)}}{g_2} - M \left(l_1^{g_2} + \left(\frac{\mu^{g_2}}{1-g_2} - l_1^{g_2} \right) (1 - e^{g_1(t-t_1)}) \right) = 0$$

Finalmente, de aquí se deduce que la edad crítica es,

$$t' = t_1 + \frac{1}{g_1} \log \left(1 - \frac{g_1 l_1^{g_2} w_2}{g_2 \mu^{g_2} M} + \frac{g_1 l_1^{g_2} w_2}{\mu^{g_2} M} + \frac{g_1 w_2}{g_2 M} + \frac{g_1 l_1^{g_2}}{\mu^{g_2}} - \frac{l_1^{g_2}}{\mu^{g_2}} \right)$$

Inmediatamente se obtienen la talla crítica y el peso crítico,

$$l' = \left(l_1^{g_2} + \left(\frac{\mu^{g_2}}{1-g_2} - l_1^{g_2} \right) \left(\frac{g_1 l_1^{g_2} w_2}{g_2 \mu^{g_2} M} + \frac{g_1 l_1^{g_2} w_2}{\mu^{g_2} M} + \frac{g_1 w_2}{g_2 M} + \frac{g_1 l_1^{g_2}}{\mu^{g_2}} - \frac{l_1^{g_2}}{\mu^{g_2}} \right) \right)^{\frac{1}{g_2}}$$

$$w' = w_2 l'^{w_2}$$

Estas fórmulas, desarrolladas originalmente en este estudio, fueron evaluadas con los estimados de los parámetros de las Tablas 18 y 19, rindiendo los estimados que se indican en la Tabla 20.

Tabla 20.- Valores de los eventos críticos en la ontogenia de alfonsino respecto de la producción de biomasa de las cohortes.

	Hembras	Machos
Edad Crítica (años)	6,4	5,3
Talla crítica (LH, cm)	35,5	31,9
Peso corporal crítico (gr)	1005,5	737,9

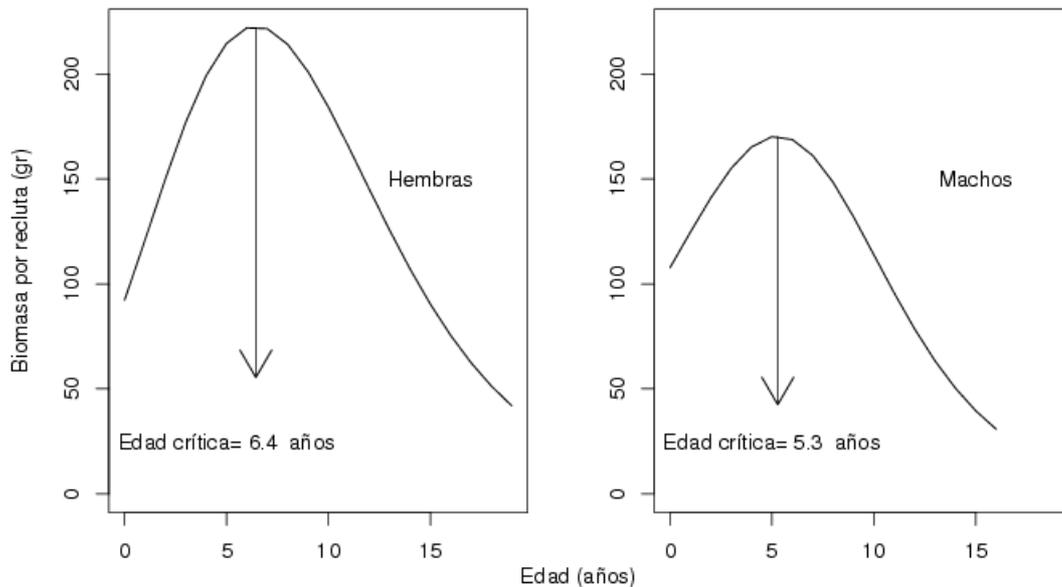


Figura 20.- Curvas de evolución de la biomasa por recluta de una cohorte de alfonsino.

4. OBJETIVO ESPECÍFICO 4. DETERMINAR LA FECUNDIDAD PARCIAL Y TOTAL A LA TALLA

Aparentemente la reproducción del alfonsino de las Islas Juan Fernández se produce en verano, en las mismas zonas donde es capturado pero a profundidades diferentes, o en áreas alejadas de los montes submarinos, posiblemente el borde del talud o la parte profunda de la plataforma continental. Sin embargo, los aspectos reproductivos de los alfonsinos que habitan aguas chilenas son esencialmente desconocidos, pues no se han logrado capturas de ejemplares maduros o en proceso de desove. Uno de los hallazgos de este estudio es que la causa posible que no se han observado alfonsinos es que muchos alfonsinos en estado de madurez sexual (estados IV y superior) han sido mal clasificados como alfonsinos inmaduros sobre la base de la inspección ocular de las gónadas. Este error se manifiesta al comparar las clasificaciones oculares de alfonsinos hembras con las clasificaciones realizadas en laboratorio de histología sobre la base de la inspección microscópica.

4.1. Materiales y Métodos

ESTUDIOS HISTOLÓGICOS

Para el estudio del desarrollo microscópico de las gónadas, los ovarios extraídos han sido preservados en una solución neutralizada de formalina al 10% (en agua de mar) con fosfato de sodio dibásico y fosfato de sodio monobásico con el fin de evitar procesos de autólisis o de destrucción del tejido. Posteriormente, en el laboratorio, y luego de ser pesados, se tomó un trozo para el análisis histológico. Dichos trozos luego son tratados con las técnicas histológicas clásicas, es decir deshidratados y entonces embebidos en Paraplast. A continuación se realizan cortes para obtener secciones de 5 μm que son teñidas con Hematoxilina seguida de una contrateñida con Eosina (la clásica combinación H-E). Cada ovario así tratado es clasificado histológicamente de acuerdo a la metodología desarrollada por Lehodey *et al.* (1997).

En cada ovario se identificará la presencia o ausencia de las siguientes estructuras:

- ovocitos que se encuentren en los primeros estados de la vitelogénesis
- ovocitos en vitelogénesis avanzada
- ovocitos maduros (vitelogénesis completa)
- ovocitos que no han comenzado la vitelogénesis;
- ovocitos hidratados
- folículos postovulatorios (FPO).

Esas estructuras permiten clasificar a las hembras según la escala descrita en la Tabla 3. Cada hembra es entonces clasificada de acuerdo a la moda más avanzada (MOMA) que presenten sus ovarios, ya que es el grupo de ovocitos que una vez que completen su maduración serán evacuados al exterior.

MATERIAL

Doscientos seis (206) gónadas de alfonsino fueron medidas y pesadas y en terreno se determinó el estado de madurez sexual según la escala de madurez macroscópica para ambos sexos de Lehodey *et al.* (1997), protocolo integrado IFOP-UACH 2006 (Tabla 2). Estas muestras fueron tomadas en Noviembre de 2007, cuando se supone los alfonsinos están cercanos a su época de desove estival.

RECUENTO OVOCITARIO

La fecundidad total, entendida esta como el número total de huevos presentes en una gónada, sólo se puede estimar por la presencia de ovocitos hidratados en una gónada madura. Sin embargo, por la ausencia en los muestreos de suficientes hembras maduras, una causal de fuerza mayor, no fue posible estimar la fecundidad total ni la parcial. Sin embargo, realizamos conteos de ovocitos inmaduros en la moda más avanzada, en placas histológicas, como una manera de obtener un estimación máxima de la fecundidad parcial, la que llamamos, fecundidad potencial. Esta sin embargo, no puede ser considerada como la fecundidad parcial que se va a realizar en la estación reproductiva, pues algunos ovocitos no podrán completar su desarrollo.

Para estimar el número total de ovocitos inmaduros de la moda más avanzada presentes en la gónada, fusionada parcialmente en la zona media (dejando dos lóbulos, izquierdo y derecho), se contabilizaron los ovocitos presentes en cortes histológicos del lado izquierdo, según el esquema que se indica en la Figura 21. Además de midió el diámetro promedio de algunos ovocitos para determinar cuántos cortes histológicos se necesitan para completar un ovocito..

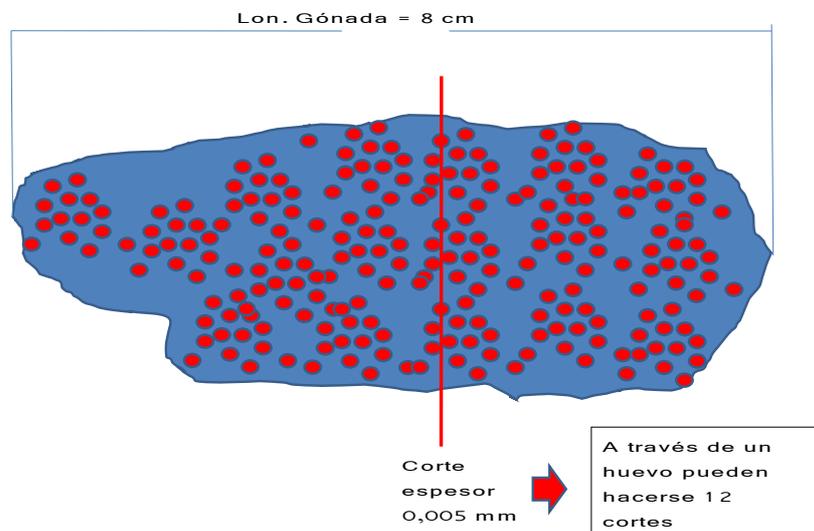


Figura 21.- Esquema de cortes histológicos sobre el lado izquierdo de las gónadas de alfonsino.

Con esta información, el número de ovocitos de la moda más avanzada fue calculado como:

$$O = 2 \frac{(C \pi L A)}{(100000 h q)}$$

donde,

O : cientos de miles de ovocitos

C : conteo de ovocitos en los cortes histológicos

L : largo de la gónada

A : ancho de la gónada

h : espesor del corte histológico

q : número de huevos que caben en un corte histológico

En esta fórmula se está suponiendo que cada mitad de la gónada tiene la forma de una elipse, puesto que πLA es el área de una elipse.

MODELOS DE FECUNDIDAD POTENCIAL

Para cada set de datos, de fecundidad parcial, y de fecundidad total, por separado, suponemos que la producción de gametos φ aumenta como función de la talla, $\varphi = \varphi(l)$. La función $\varphi(l)$ toma valores entre 0 y $+\infty$ y será adimensional, pues toma valores de número de gametos. Además, el número total de gametos crece al interior de una gónada, un órgano tridimensional al interior del cuerpo. Por lo tanto

$$\frac{d\varphi}{dl} = v_1 l^{v_2 - 1}$$

donde uno espera que v_2 sea cercano a 3. La solución de esta ecuación diferencial es

$$\varphi(l) = \frac{v_1}{v_2} l^{v_2} = v_1 l^{v_2}$$

un modelo potencial. Desde el punto de vista estadístico, en este tipo de funciones la varianza puede ser una función creciente de la media. En la práctica, esto significa que se presenta una creciente dispersión que puede dificultar en gran medida una estimación cuando no hay suficiente contraste. Por lo tanto adoptamos un modelo probabilístico lognormal y ajustamos los modelos mediante máxima verosimilitud en ADMB.

En la práctica, la alta dispersión de los conteos de ovocitos no permite ajustar un modelo de potencia como el descrito arriba, pues la nube de puntos puede perfectamente ser ajustada por un modelo lineal

$$\varphi(l) = v_1 + v_2 l$$

La decisión por un modelo de potencia o un modelo lineal se basa en la inspección gráfica de los datos crudos de conteo de ovocitos versus longitud de horquilla.

4.2. RESULTADOS

De las 206 gónadas clasificadas en terreno según el estado de madurez estas correspondieron a 172 gónadas en el estado II (83,49%); 31 gónadas en el estado III (15,04%) y 3 gónadas en el estado IV (1,4%). De estas, se utilizó una submuestra de 60 gónadas para el análisis histológico.

En la literatura se demuestra que el número de ovocitos está en función del tamaño del pez (Mylonas et al., 1997), lo que es también descrito para el alfonsino (Lehodey et al., 1997), por lo tanto el criterio de selección fue el siguiente: se eligió para cada lance los peces de mayor y menor longitud.

Para definir a qué estado corresponde cada gónada, se utilizó el siguiente criterio: en cada muestra se contó el número de ovogonias u ovocitos del I al VI y se determinó su estado si en cada corte predominaba alguno de estos en más de un 50%.

DEFINICIONES

Ovogenesis: Se define ovogénesis como el proceso que se lleva a cabo en los ovarios, que involucra la proliferación de las ovogonias, gracias a la mitosis, que da comienzo al desarrollo de los ovocitos (Oliva et al., 1982)

Ovogonias: En el Alfonsino se presentan las ovogonias como células cuyo diámetro varía de 10 a 20 micrones, se sitúan en los pliegues ováricos, con presencia de núcleos bien desarrollados, las ovogonias de pequeño tamaño forman grupos y las de mayor tamaño se encuentran libres o rodeando a ovogonias ya proliferadas a ovocitos en estado I (Figura 22).



Figura 22.- Ovogonia: **og**: ovogonia

Ovocito I: Diámetro 30-40 μm , presentan un núcleo esférico con nucléolos en el centro, estos migran a la periferia del núcleo y los ovocitos continúan el crecimiento citoplasmático (Fig. 23).



Figura 23.- Ovocito I: ov I: Ovocito I

Ovocito II: Rodeados por tejido conjuntivo (teca) y epitelio folicular (granulosa), formadas por células aplanadas con núcleos grande, con un diámetro de 60 a 100 μm (Fig. 24).



Figura 24.- Ovocito II: ov II: Ovocito II

Ovocito III: Este estado indica el crecimiento de la maduración, la membrana nuclear se observa de forma irregular, aparecen vacuolas alrededor del núcleo y la formación poco notoria de una segunda membrana, la zona radiada. Esta membrana se encuentra entre la granulosa y la membrana citoplasmática. Aquí los ovocitos alcanzan un diámetro de 130 a 180 μm (Fig. 25).



Figura 25.- Ovocito III: **ov III**: Ovocito III

Ovocito IV: Se da comienzo a la etapa de la vitelogénesis, y la zona radiada se engrosa logrando ser diferenciada. El ovocito alcanza un diámetro entre 170 a 240 μm (Fig. 26).



Figura 26.- Ovocito IV: **Zr**: zona radiada

Ovocito V: Sigue en estado de crecimiento, con un diámetro de 280 a 380 μm , el citoplasma lleno de vitelo globulado y las vacuolas incrementan su tamaño, siendo muy conspicuas (Figura 27)



Figura 27.- Ovocito V: **gv**: globulos de vitelo; **vl**: vacuolas.

Ovocito VI: Presenta vitelogénesis completa y ya se encuentra listo para el desove. Su tamaño es de 500 a 630 micrones de diámetro (Fig. 28).



Figura 28.- Ovocito VI.

Foliculos post-ovulatorios (FPO): Después del desove los ovocitos que no son liberados degeneran y se vuelven en estado atrésico, siendo difícil estimar su tamaño (Figura 29)

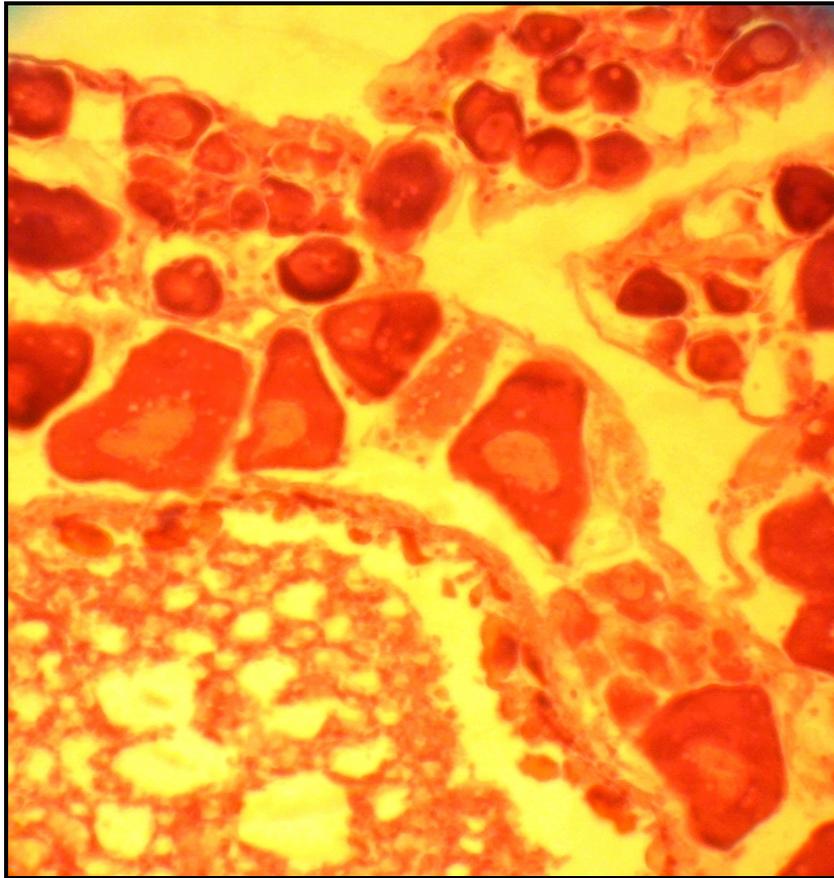


Figura 29.- Foliculo post-ovulatorio.

RECUENTO OVOCITARIO

Del total de 60 gónadas sometidas a cortes histológicos, 4 presentaron un estado indeterminado. De las restantes 56, 17 presentaron ovocitos predominantemente en Estado I (Figura 23), 15 en Estado II (Fig. 24), 9 en Estado III (Figura 25), 2 en Estado IV (Figura 26), una en Estado V (Figura 27), y 12 en Estado VI (Figura 28). Estas muestras rindieron los conteos de ovocitos que se indican en la Tabla 21.

El incremento de la fecundidad potencial con la longitud se mostró lineal con una muy alta dispersión, como se esperaba (Figura 30). Los parámetros estimados de la regresión lineal se muestran en la Tabla 22. Cabe hacer notar que el porcentaje de varianza en la fecundidad potencial explicado por la talla sólo fue de $R^2=33\%$. Este modelo debe ser afinado con un muestra más grande de hembras en estados de madurez ovocitario IV y superior.

Tabla 21.- Conteo de ovocitos de la moda más avanzada para la determinación de fecundidad potencial.

Longitud Horquilla (cm)	Ovocitos Muestra	Fecundidad Potencial (10^5)	EMS Macro	EMS Histo	Longitud Horquilla (cm)	Ovocitos Muestra	Fecundidad Potencial (10^5)	EMS Macro	EMS Histo
23.8	216	0.14	II	II	33.3	269	3.23	II	III
24.5	359	0.47	II	I	33.5	473	2.91	II	I
24.5	323	0.53	II	I	34	219	1.05	II	III
24.9	254	0.96	II	III	34	233	3.62	II	IV
25	422	2.12	II	I	34.3	211	1.39	II	VI
25.5	422	2.94	II	I	34.5	429	4.04	II	I
25.5	458	2.89	II	I	35	262	4.55	II	III
26	416	2.55	II	I	35	238	2.57	II	III
26	467	2.95	II	I	35	217	1.22	II	VI
26.5	205	0.69	II	II	35.2	276	3.76	II	III
27.5	398	1.68	II	I	35.5	235	2.64	II	VI
27.7	204	0.62	II	II	35.5	254	1.54	II	III
28	218	1.01	II	II	36.5	215	2.65	III	IV
28.5	416	1.53	II	I	37.5	256	2.54	II	III
29.4	251	1.67	II	II	39.5	233	2.71	II	II
29.5	455	2.9	II	I	39.9	205	1.83	II	IV
30.3	256	5.04	IV	VI	41.5	326	6.83	II	III
30.5	454	2.78	II	I	41.5	296	6.1	II	III
30.5	213	0.86	II	II	41.5	265	4.81	II	VI
31	237	2.73	II	II	41.9	284	4.5	III	VI
31	225	2.59	II	II	42	288	3.69	II	III
31.5	268	3.69	II	II	42	233	3.03	III	VI
32.4	472	4.02	II	I	42.2	239	3.14	III	V
33	495	6.31	II	I	42.8	291	4.28	II	IV
33	457	2.59	II	I	43.5	285	3.92	III	VI
33	259	2.98	II	II	44.3	245	3.93	III	VI
33	418	1.78	II	I	45	345	6.6	II	III
33	218	1.11	II	II	45.5	237	2.8	III	VI

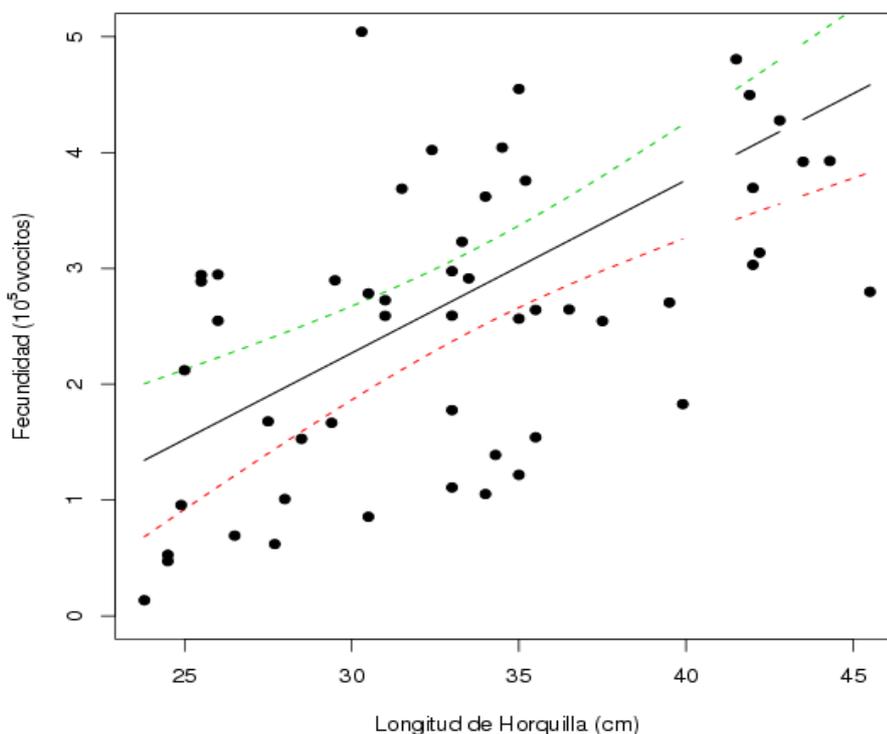


Figura 30.- Fecundidad potencial del alfonsino. La mayor parte de los ovocitos contados corresponden a gónadas inmaduras. Estimados en Tabla 22.

Tabla 22.- Parámetros estimados del modelo lineal de fecundidad de alfonsino con conteos en centenas de miles. Ver Figura 30.

Parámetro	Estimados	Error Estándar
Intercepto	-2.208	0.970
Pendiente	0.14926	0.028

ESTADOS DE MADUREZ SEXUAL

Los estados de madurez de las hembras determinados histológicamente no coincidieron con los estados de madurez de las hembras determinados macroscópicamente, con la escala de Lehodey et al. (1997) y el protocolo integrado de IFOP-UACH 2006 (Tabla 2, Tabla 23). Por ejemplo, de las 49 gónadas clasificadas macroscópicamente como estado II, sólo 15 contenían ovocitos en estado II. De hecho, 8 fueron gónadas con ovocitos maduros. Cabe recordar que estos peces fueron colectados en Noviembre de 2007, cuando se supone está por comenzar el período de desove. Del total de las muestras, 18 fueron de gónadas maduras y 41 inmaduras.

Este resultado implica que una causa muy plausible para la falta de observación de individuos maduros y el consecuente desconocimiento de la época y área de desove es que la escala macroscópica que se ha utilizado hasta ahora para clasificar a los alfonsinos en estados de madurez, es defectuosa. Este error biológico puede tener efectos más amplios cuando se trata de individuos obtenidos cerca o en la época supuesta de desove.

Tabla 23.- Número de gónadas de hembras en estados de madurez sexual según el protocolo integrado de IFOP-UACH 2006 (Madurez macro) y según el análisis histológico (Madurez Histología).

		Madurez Macro			Total
		II	III	IV	
Madurez Histología	I	17	0	0	17
	II	15	0	0	15
	III	9	0	0	9
	IV	3	1	0	4
	V	0	1	0	1
	VI	5	6	2	13
Total		49	8	2	59

Compartimos la opinión del evaluador que los ovarios con ovocitos en vitelogénesis se deben considerar inmaduros para los fines de estimar la talla de primera madurez. Asimismo, concordamos que la escala macroscópica de Lehodey et al. (1997) se presta a confusiones. Aunque el estado macroscópico III presenta ovocitos visibles al ojo desnudo, se considera un ovario inmaduro, un ovocito en maduración. Según nuestras propias observaciones el ovocito IV es un ovocito maduro por las características siguientes: un mayor grado de vacuolas de vitelo por toda la periferia del núcleo, la zona radiada se engrosa logrando ser diferenciada y el ovocito alcanza un diámetro entre 170 a 240 micrones.

5. OBJETIVO ESPECÍFICO 5. DETERMINAR LA TALLA DE 50% DE MADUREZ SEXUAL

5.1. MATERIALES Y MÉTODOS

Lehodey et al. (1997) consideran que individuos en estados macroscópicos IV y V pueden ser considerados maduros. Nosotros hemos seguido este criterio, utilizando los estados macroscópicos de las gónadas de hembras para definir el estado de inmadurez o de madurez sexual. Esto significa que se define la variable binaria estado de madurez, que toma el valor 0 cuando el estado macroscópico es I, II, o III, y toma el valor 1 cuando éste es IV o V.

Tenemos dos bases de datos disponibles. La base de datos mantenida por el Centro Trapananda de la Universidad Austral de Chile, que cubre desde 2004 a 2007. Esta base de datos es extensa,

conteniendo 4647 registros de longitud de hembras y machos, y estado de madurez según escala macroscópica. Sin embargo, esta base de datos está afectada por el error en la determinación del estado de madurez sobre la base de la inspección visual de las gónadas. Por otro lado, tenemos la base de datos tomada en este estudio, en el mes de Noviembre de 2007, que contiene 56 registros de talla y estados de madurez por análisis histológico sólo en hembras. Utilizamos ambas bases en dos estimaciones separadas de la talla de 50% de madurez sexual.

Las observaciones sobre madurez sexual ϕ como función de la tallas son consistentes con la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{d\phi}{dl} = \beta_1 \phi (1 - \phi)$$

pues tanto cuando $\phi=0$ como cuando $\phi=1$, la tasa será cero. La solución de esta ecuación es

$$\phi(l) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 l}}$$

donde $1/(1 + e^{\beta_0}) > 0$ es la probabilidad de estar maduro cuando $l=0$. Esta última es una característica poco realista del modelo puesto que cuando $l=0$, ϕ debería ser cero también. Por lo tanto vamos a modificar el modelo 14 de la siguiente forma:

$$\phi(l) = \begin{cases} 0 & l = 0 \\ \phi(l) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 l}} & l > 0 \end{cases}$$

Para el caso en que $l > 0$, el modelo corresponde al modelo logístico. Es una curva sigmoidea y simétrica, cuyo punto de inflexión se encuentra en $-\beta_0/\beta_1$, cuando $\phi=0.5$. El parámetro $\beta_1 < 0$ lo que permitirá que la curva de madurez aumente hasta 1 a medida que aumenta el tamaño l .

El modelo de madurez también puede ser expresado convenientemente en función de ciertos valores que la función inversa $l(\phi)$ puede tomar. La ventaja es de interpretabilidad, pues los parámetros pueden tener unidades físicas de longitud. Tenemos 2 parámetros, β_0 y β_1 , así que necesitamos 2 puntos. Tomemos $l(\phi=0.5)$ y $l(\phi=0.95)$.

$$\beta_0 + \beta_1 l(\phi) = \ln \frac{1-\phi}{\phi}$$

$$\phi = 0.5, \rightarrow \beta_0 = -\beta_1 l_{.5}$$

$$\phi = 0.95, \rightarrow \beta_0 + \beta_1 l_{.95} = \ln(1/19), \quad \beta_1 = \frac{\ln(1/19)}{l_{.95} - l_{.5}}, \quad \beta_0 = -l_{.5} \frac{\ln(1/19)}{l_{.95} - l_{.5}}$$

de tal manera que es posible expresar los parámetros en unidades físicas (unidades de longitud). Gracias a la propiedad de invarianza los parámetros de máxima verosimilitud en general son inter-convertibles. Para el ajuste del modelo de madurez utilizaremos máxima verosimilitud, con la función de probabilidad binomial, tal como se describe en Roa et al. (1999).

5.2. RESULTADOS

Base de Datos Trapananda 2004-2007

En términos porcentuales los alfonsinos maduros (estado IV y superior) de ambos sexos fueron observados en bajas proporciones durante todo el año, aunque en Septiembre se observó una proporción relativamente más alta de peces en estado V (Tabla 24). Sin embargo, estos sólo fueron 30 peces.

Tabla 24.- Registros de estados de madurez sexual de hembras y machos de alfonsino entre 2004 y 2007, excluyendo los peces en estado indeterminado.

Estado de madurez	Número						Total	Porcentaje					
	I	II	III	IV	V	VI		I	II	III	IV	V	VI
Mayo	22	96	61	0	0	0	179	12.29	53.63	34.08	0	0	0
Junio	16	634	164	14	2	3	833	1.92	76.11	19.69	1.68	0.24	0.36
Julio	111	921	222	24	19	0	1297	8.56	71.01	17.12	1.85	1.46	0
Agosto	14	141	43	5	0	0	203	6.9	69.46	21.18	2.46	0	0
Septiembre	18	180	85	0	30	0	313	5.75	57.51	27.16	0	9.58	0
Octubre	92	1032	120	2	0	7	1253	7.34	82.36	9.58	0.16	0	0.56
Noviembre	4	447	85	5	0	3	544	0.74	82.17	15.63	0.92	0	0.55
Total	277	3451	780	50	51	13	4622						

El ajuste del modelo de madurez sexual con estos datos indica que los alfonsinos de ambos sexos maduran muy tardíamente respecto de su longevidad (Figura 31). De hecho, considerando la longitud de horquilla asintótica del modelo de Gompertz, la madurez ocurriría casi al final de la vida de machos y hembras. Claramente, este resultado respalda la observación anterior que la escala de madurez macroscópica usada actualmente es defectuosa. Muchos de los peces que aparecen en estado II y III hacia el final del año deben ser peces maduros, en estado IV y superior.

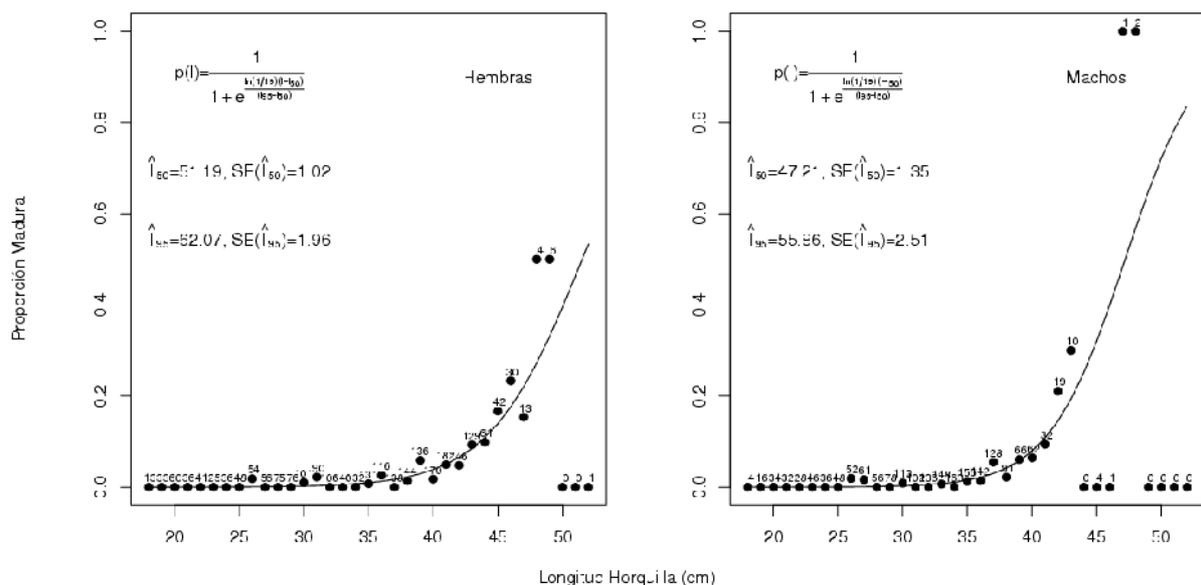


Figura 31.- Modelo de madurez ajustado a la base de datos del Centro Trapananda, 2004-2007. Línea: modelo, puntos: proporciones observaciones, números: tamaño de muestra.

Base de Datos Histología de este Proyecto

Los datos de la base de histología muestran un proceso de madurez mucho más temprano en las hembras, con la talla de 50% en 40 cm (Figura 32). Esto corresponde a aproximadamente 8 años de vida, anterior a la mitad de la longevidad. Sin duda estos resultados son más confiables que los obtenidos con la base de datos histórica. Además, la precisión estadística de los estimados es bastante alta (ver los bajos errores estándar), a pesar del bajo tamaño de muestra.

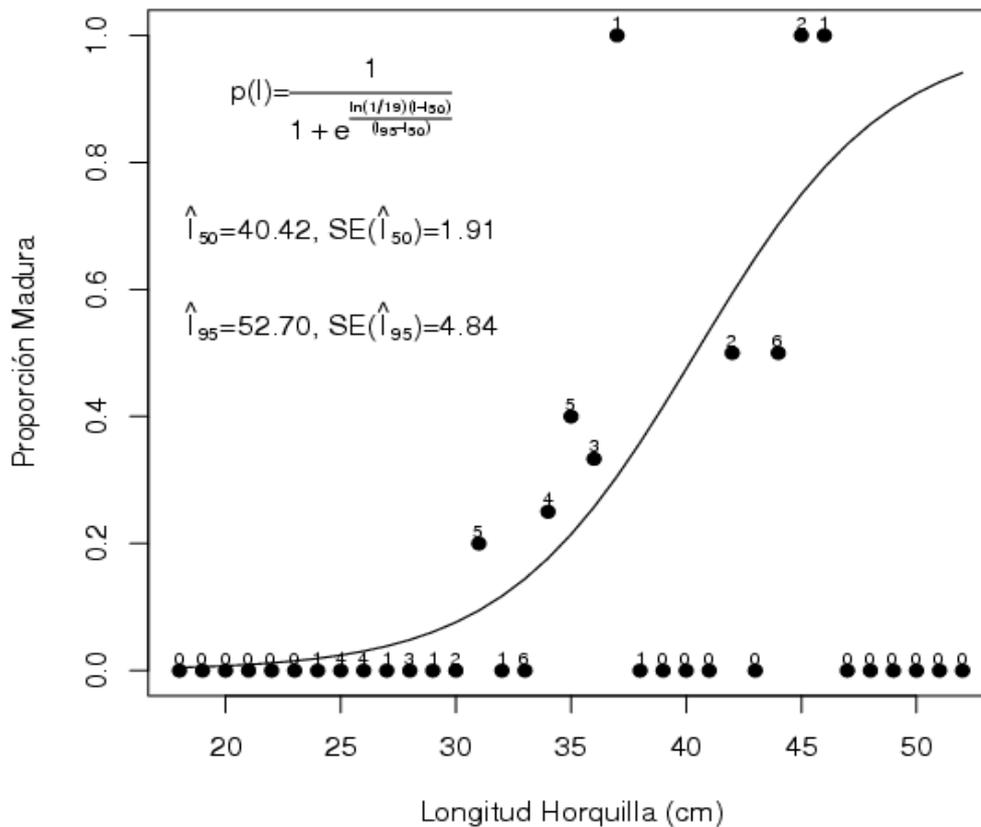


Figura 32. Modelo de madurez de hembras ajustado a la base de datos de histología de este proyecto. N=56. Línea: modelo, puntos: proporciones observaciones, números: tamaños de muestra.

6. OBJETIVO ESPECÍFICO 6. IDENTIFICAR LA(S) ÉPOCA(S) Y ZONA(S) DE DESOVE

El modelo conceptual de IFOP indica que el alfonsino migra en veranos hacia la plataforma continental para desovar y que los caladeros de pesca de los montes submarinos de Islas Juan Fernández son zonas de alimentación (Figura 33). La alternativa a este modelo es que el alfonsino desova en la misma región de los montes submarinos de Islas Juan Fernández, posiblemente a mayores profundidades que las que barre la flota comercial, y que no se han observado hembras maduras o post-desovadas en los montes submarinos de Islas Juan Fernández simplemente porque los estados de madurez han sido mal identificados. El esfuerzo de muestreo informado en este capítulo está destinado a contrastar la hipótesis de la migración para desovar en la plataforma continental, como se planteó en la Oferta Técnica.

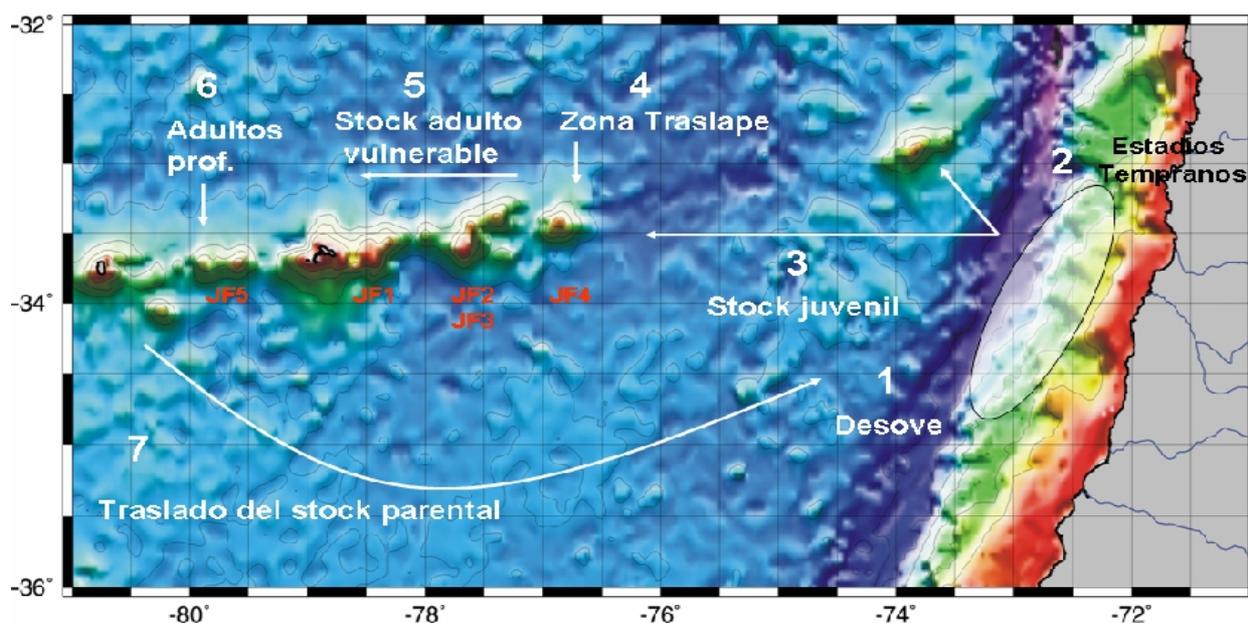


Figura 33.- Modelo conceptual del funcionamiento espacial del stock de alfonsino de las Islas Juan Fernández Autor: Rodrigo Wiff, Instituto de Fomento Pesquero.

6.1. MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de la Pesca Comercial Islas Juan Fernández

Se implementó un proceso de colecta de muestras destinadas a obtener individuos maduros asociados a fecha de captura y localidad, con el propósito de determinar época y área de desove (Anexo I). Sin embargo este proceso estuvo obviamente limitado por la actividad de la flota, que ocurrió sólo durante cinco meses del año (Tabla 25). Se obtuvieron 2102 peces, 1180 hembras y 922 machos (Tabla 25). De las muestras de Noviembre, 60 peces hembras fueron transferidas al laboratorio del co-investigador Julio Lamilla para su estudio histológico, ya que las muestras de los meses anteriores se perdieron durante el incendio en la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile.

Tabla 25.- Número de individuos hembras por mes y estado de madurez macroscópico, muestreados en las Islas Juan Fernández en 2007 para los estudios de área y época de desove utilizando captura comercial.

	Hembras						Machos					
	I	II	III	IV	V	Total	I	II	III	III	V	Total
Mayo	7	55	50	0	0	112	15	41	11	0	0	67
Junio	2	107	7	1	1	118	2	73	20	0	0	95
Julio	4	326	59	0	0	389	15	244	44	0	1	304
Octubre	0	226	37	1	3	267	0	180	30	1	0	211
Noviembre	0	250	37	4	3	294	0	197	47	1	0	245
Total	13	964	190	6	7	1180	32	735	152	2	1	922

Monitoreo de la Fauna Acompañante de Pesquerías de Crustáceos y Merluza Común

La metodología general consistió en la implementación de un monitoreo del desembarque realizado en las pesquerías de arrastre (crustáceos y merluzas); con la finalidad de registrar y cuantificar la presencia de ejemplares de alfonsino, con especial énfasis en los ejemplares hembra. Este monitoreo se fundamentó en antecedentes previos sobre el registro de ejemplares de alfonsino en estas pesquerías (seguimiento de las pesquería demersales zona centro sur – IFOP, 1999 a 2004). En particular, el monitoreo se desarrollo sobre las actividades pesqueras de arrastre orientadas hacia merluza común (*Merluccius gayi*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y crustáceos (langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon).

El área donde se desarrolló el monitoreo esta comprendida entre la III y X regiones. La zona entre la III y V regiones, está determinada por el monitoreo sobre la actividad dirigida hacia crustáceos; la zona entre la V y VIII, está determinada por el monitoreo sobre la actividad conjunta de las dos pesquerías (merluza común y crustáceos); y la zona entre la VIII y X regiones, esta determinada por el monitoreo sobre la actividad dirigida hacia merluzas. Por otro lado, teniendo en cuenta la operatividad de desembarque de las flotas arrastreras (localización de las industrias pesquera), los puertos donde se centró el esfuerzo de monitoreo y recopilación de información fueron: El Puerto Pesquero de Coquimbo y El puerto pesquero de Talcahuano-San Vicente.

El régimen operacional de las flotas arrastreras consideradas para este estudio, fue indagado previamente a partir de información recogida en las oficinas locales del SERNAPesca y/o Capitanías de Puerto de cada localidad, en cuanto a precisar el número de embarcaciones operativas, empresas, puerto de desembarque, días promedio de faena, etc. Por otro lado, esta información fue corroborada por las empresas pesqueras propietarias de las embarcaciones industriales, previo compromisos de colaboración con este proyecto. En la Tabla 26, se observa un resumen de la información obtenida sobre operatividad de las flotas arrastreras planteadas para el monitoreo.

Tabla 26 Numero de embarcaciones operativas en actividades arrastreras con presencia de alfonsino, por puerto de desembarque principal. Se registra también la duración promedio de faena de pesca y empresas desarrollando esta actividad

Pesquería Arrastre	Nº Embarcaciones Operativas	Promedio de faena (días)	Puerto Principal Desembarque	Empresa
Merluza común	10	4	Talcahuano San Vicente	Pesquera BIO-BIO Pesquera El Golfo S.A
Crustáceos	10	3	Coquimbo	Pesquera Isla Damas Pesquera BracPesca Pesquera Artic

La información básica para desarrollar el objetivo se tomo del desembarque en los puertos ya

determinados. Se dispuso de personal técnico calificado permanente en los puertos con el propósito de obtener la información requerida. En el desembarque se registraron antecedentes tales como: nombre de embarcación, fecha y lugar de zarpe y desembarque, zona de pesca, captura de alfonsino en peso y número y el destino del desembarque. De esta forma, a partir de esta información se pueden determinar variables como: número mensual de embarcaciones con presencia de alfonsino, número de salidas de pesca, captura total en kilogramos de alfonsino y su proporción respecto a las especies objetivo.

Debido a la poca presencia de alfonsino en los desembarques, se procuró realizar un muestreo biológico específico a la totalidad de ejemplares registrados en el desembarque. El muestreo biológico-específico consiste en la medición de todas las variables de interés para cumplir con los objetivos del proyecto, como lo son longitud total (cm), peso total (g), sexo, estado de madurez sexual de acuerdo a procedimientos estándar y extracción de gónadas. Las gónadas fueron rotuladas y luego fijadas con formalina al 10% tamponada con fosfato de sodio monobásico y dibásico.

En el puerto de Coquimbo, para asegurar la obtención de información biológica se contempló la compra de los alfonsinos presentes en el desembarque, esto debido a la imposibilidad de realizar esta actividad sin costo a causa de factores determinados previamente: i) muchas veces los tripulantes descartan ejemplares para evitar interferencia con la operatividad de la maniobra principal (disponibilidad de espacio, hielo, bodega, etc), y ii) los alfonsinos de mayor tamaño son vendidos como parte de su actividad de subsistencia; si bien el simple muestreo de longitudes puede no causar mayor daño a los ejemplares, los demás análisis obligan a un tratamiento invasivo de los mismos (extracción de gónadas), lo cual afecta la calidad de la materia prima que ellos podrían vender. En los puertos de Talcahuano y San Vicente, la primera problemática esta ausente debido a que todos los ejemplares de alfonsinos capturados son desembarcados para su comercialización en el exterior.

6.1. RESULTADOS

Muestras de la Pesca Comercial Islas Juan Fernández

Los resultados son esencialmente negativos pues no se obtuvo una cantidad importante de hembras en estado de madurez IV o superior (Tabla 25). Sin embargo, este resultado se ve afectado por la escala de madurez macroscópica defectuosa utilizada hasta la fecha, como se indica en los dos capítulos anteriores. Es muy probable que muchos de los individuos clasificados como en estado II han sido en realidad hembras en estado IV y superior. Además, cabe hacer notar que aunque las hembras clasificadas como en estado IV o superior fueron muy escasas, estas aparecieron en el último mes de muestreo, Noviembre (Tabla 25), cuando se supone que se aproxima la época de desove de verano. Por lo tanto no es posible descartar que las áreas de desove se encuentren en los montes submarinos de las Islas Juan Fernández, sobre los mismos caladeros de pesca o zonas cercanas, posiblemente más profundas.

Monitoreo de la Fauna Acompañante de Pesquerías de Crustáceos y Merluza Común

Esta metodología presenta la dificultad de no poder predecir o cuantificar *a priori* el número de alfonsinos que pudiese aparecer como fauna acompañante en las pesquerías de arrastres a monitorear (universo de muestras), debido principalmente al carácter esporádico de su presencia. Sin embargo, se tuvo en consideración un muestreo universal de todos los individuos capturados. Desde el punto de vista de la operación pesquera, los lances se consideraron realizados al azar, esto contemplando que cada patrón de pesca decide donde y cuando realizarlos; además, La autonomía de las embarcaciones (hasta 10 días) asegura un cubrimiento geográfico de toda la zona

determinada para este monitoreo.

La información del desembarque fue registrada por personal técnico especialmente contratado para esta labor. Con un total de 5 técnicos permanentemente en terreno y la incorporación de 3 más en estaciones de verano, se logró registrar los desembarques de 11 embarcaciones (4 en crustáceos y 7 en merluzas) que podrían eventualmente capturar como fauna acompañante individuos de alfonsino. Cabe resaltar, que dentro de las actividades de monitoreo se realizaron reuniones informales con los capitanes de pesca y algunos tripulantes (por cada nave en particular), con la finalidad de poder contar con información verdadera de la presencia del recurso alfonsino dentro de faena de pesca y por sobre todo tener la posibilidad de obtener material biológico. El régimen operacional de las flotas arrastreras consideradas para este estudio, fue actualizado a partir de información acumulada en las oficinas locales del SERNAPesca y por el personal técnico presente en los desembarques en cada localidad. Esta información es relevante para precisar el número de embarcaciones que realizó esfuerzo de pesca durante el periodo de monitoreo y la región donde desarrollo este esfuerzo de pesca.

El registro de la información por cada viaje de pesca y embarcación se incluyó en bitácoras especialmente diseñadas para esta labor, en las cuales se puede encontrar datos como: nombre de la embarcación, fechas de zarpe y recalada, número de lances, posición de cada lance, hora de lance, tiempo de arrastre, captura por lance de la especie objetivo y captura de especies de la fauna acompañante, etc.

En la pesquería de crustáceos se monitoreo un total de 75 viajes de pesca dentro de la estación de verano en los años 2007 y 2008; el primer periodo de monitoreo se desarrollo entre los meses de enero-marzo del 2007 y en el segundo periodo entre los meses de noviembre 2007 y febrero 2008; con 59 y 16 viajes de pesca monitoreados respectivamente. El esfuerzo de pesca lo efectuaron 4 embarcaciones a través de la III a la VIII regiones ejerciendo un total de 569 lances de pesca registrados (127 en la III región; 219 en la IV región; 26 en la V región; 14 en la VI región; 141 en la VII región y 42 en la VIII región). En la Tabla 27 se entrega un resumen de la cantidad de viajes de pesca y lances monitoreados durante los dos periodos y en la Tabla 28, el número de viajes mensuales por región. En la Figura 34 se muestra la distribución espacial de los lances.

Tabla 27.- Total de viajes de pesca y lances monitoreados en la pesquería de crustáceos. Durante los periodos Enero – Marzo (2007) y Noviembre (2007) – Febrero (2008).

Embarcación	Periodo Monitoreado	Viajes de Pesca	Nº Lances
FOCHE	Enero-Marzo (2007)	20	160
	Noviembre (2007)-Febrero (2008)	1	10
LONQUIMAY	Enero-Marzo (2007)	27	244
VAMA	Enero-Marzo (2007)	12	84
	Noviembre (2007)-Febrero (2008)	1	5
AMANKAY	Noviembre (2007)-Febrero (2008)	14	66
TOTAL		75	569

Se resalta que el monitoreo de esta pesquería, se vio favorecido por el desarrollo tanto de proyectos FIP como de Pescas de investigación en el recurso “crustáceos”; las cuales fueron ejecutadas por la Universidad Católica del Norte. Estas iniciativas nos permitieron cubrir completamente la estación de verano (años 2007 y 2008), con lo cual se cumplió plenamente los compromisos adquiridos en la propuesta técnica. Los proyectos y Pescas de Investigación que favorecieron el monitoreo fueron: Proyecto FIP N° 2006-43 “Dinámica reproductiva de langostino colorado y langostino amarillo en la III y IV Región”; PesInves Res Ex. N° 2003 (año 2007); PesInves Res Ex. N° 195 (año 2008).

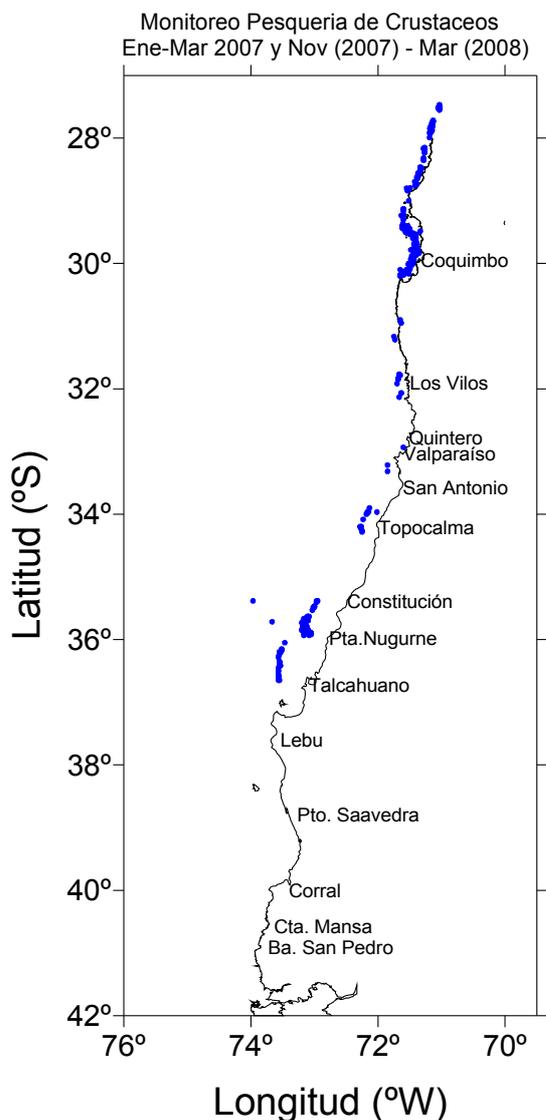


Figura 34.- Lances realizados dentro de los viajes de pesca monitoreados para la pesquería de crustáceos.

Tabla 28.- Total de viajes de pesca monitoreados por región en la pesquería de crustáceos.

Embarcación	Mes (Año)	Región	Viajes de Pesca
FOCHE	Marzo (2007)	III	5
	Enero (2007)	IV	2
	Marzo (2007)		2
	Enero (2008)		1
	Enero (2007)	VII	3
	Febrero (2007)		5
	Febrero (2007)	VIII	2
	Marzo (2007)		1
LONQUIMAY	Marzo (2007)	III	5
	Enero (2007)	IV	2
	Marzo (2007)		4
	Enero (2007)	V	2
	Marzo (2007)		1
	Enero (2007)	VI	2
	Enero (2007)	VII	1
	Febrero (2007)		7
	Febrero (2007)	VIII	2
VAMA	Marzo (2007)	III	1
	Enero (2007)	IV	3
	Febrero (2007)		7
	Marzo (2007)		1
	Febrero (2008)		1
AMANKAY	Noviembre (2008)	III	3
	Diciembre (2008)		1
	Enero (2008)		1
	Febrero (2008)		1
	Noviembre (2008)	IV	1
	Diciembre (2008)		2
	Enero (2008)		3
	Febrero (2008)		3

En la pesquería de merluza se realizó un monitoreo continuo que abarco el periodo Enero de 2007 a Marzo de 2008; enfatizando las labores en los periodos de verano. Se monitoreó un total de 106 viajes de pesca (48 en verano) desarrollados por 8 embarcaciones entre la VI y X regiones, ejerciendo un total de 1348 lances de pesca registrados (123 en enero; 129 en febrero; 199 en marzo; 140 en abril; 174 en mayo; 87 en junio; 46 en julio; 29 en agosto; 148 en octubre; 78 en noviembre; 11 en diciembre; 17 en enero 2008; 85 en febrero 2008 y 92 en marzo 2008). En la Tabla 29, se entrega un resumen de la cantidad de viajes de pesca mensuales ejercidos por embarcación, y en la Figura 35 la distribución espacial de los lances..

Tabla 29.- Total de viajes de pesca mensuales monitoreados por embarcación en la pesquería de merluzas, durante el periodo Enero (2007) - Marzo (2008).

Embarcación	Mes	Viajes de Pesca
PELAGOS II	Enero	4
	Febrero	1
	Marzo	4
	Mayo	2
	Junio	4
	Octubre	2
	Noviembre	2
	Diciembre	1
	Febrero (2008)	1
	Marzo (2008)	1
BIOMAR III	Enero	4
	Abril	3
	Mayo	6
	Junio	1
	Octubre	5
	Noviembre	1
BONN	Enero	1
	Febrero	2
	Marzo	1
	Abril	5
	Junio	1
	Julio	2
	Noviembre	1
	Marzo (2008)	4
POLARIS II	Mayo	1
	Julio	2
	Octubre	1
	Febrero (2008)	1
	Marzo (2008)	1
BIOMAR IV	Febrero	5
	Marzo	3
	Abril	1
	Mayo	1
	Junio	1
	Octubre	3
	Enero (2008)	2
	Febrero (2008)	2

Tabla 29.- Cont.

Embarcación	Mes	Viajes de Pesca
BIOMAR V	Febrero	1
	Marzo	4
	Abril	1
	Mayo	3
	Julio	2
	Agosto	3
	Octubre	1
	Noviembre	1
	Febrero (2008)	1
SAINT JOHN	Mayo	2
FRIO SUR X	Marzo (2008)	4
TOTAL		106

Se registro la presencia de alfonsino en 7 viajes de pesca monitoreados (2 en pesquería de crustáceos y 5 en pesquería de merluzas); pero solamente 6 individuos fueron registrados en la estación de verano (febrero y marzo 2007). A pesar de la poca presencia de alfonsino en los viajes monitoreados, podemos mencionar que en su gran mayoría fue registrado frente al litoral de la V región en la pesquería de merluza y que los individuos obtenidos en verano fueron capturados frente al litoral de la VIII región en pesquería de crustáceos (Tabla 30)

Tabla 30.- Presencia mensual de alfonsinos dentro de las actividades de monitoreo a las pesquerías arrastreras de crustáceos y merluzas. Se registra presencia o captura en kilogramos.

Pesquería	Nº Ind	Presencia/Captura	Mes	Posición	Profundidad (m)
Crustáceos	3	X	Febrero	35°53'-73°06'	330
	3	X	Marzo	36°36'- 73°34'	300
Merluza		5 kg	Mayo	37°24'- 73°51'	300
		0.5 kg	Junio	33°09'- 71°48'	389
		10 kg	Octubre	35°31' – 73°01'	300
		10 kg	Octubre	34°07' – 72°15'	340
		10 kg	Octubre	33°32' – 71°56'	350
		100 kg	Octubre	31°58' – 72°24'	350

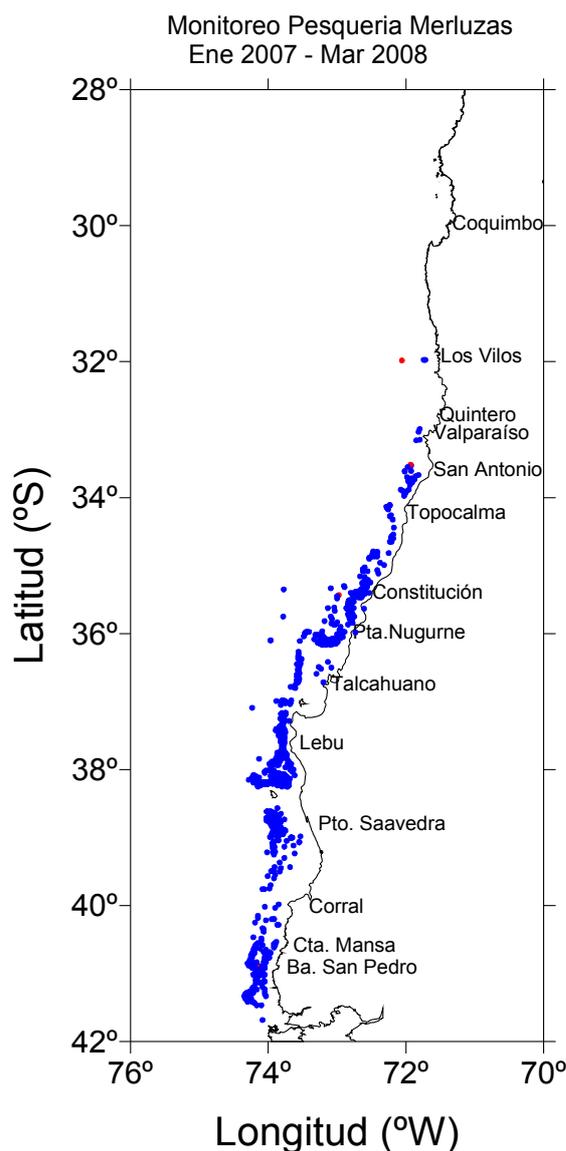


Figura 35. Lances realizados dentro de los viajes de pesca monitoreados para la pesquería de Merluzas.

De los seis alfosinos que pudieron ser obtenidos a través de los meses de monitoreo, tres fueron machos y tres fueron hembras. Las tallas de los seis peces variaron entre 32,5 y 38,2 cm LH, y las hembras no superaron el estado de madurez III de la escala macroscópica. Cabe hacer notar que las hembras estuvieron por debajo de la talla de 50% de madurez determinada en este estudio.

Dado el esfuerzo de monitoreo desplegado y los magros resultados obtenidos, la conclusión inescapable es que el modelo conceptual que dice que el alfosino migra hacia la plataforma continental para desovar en verano, es un modelo inadecuado. Más bien, la ausencia de individuos maduros o post-desovados en los caladeros de pesca se debe a una escala de madurez macroscópica defectuosa, como se demostró en las muestras obtenidas en este proyecto.

7. DISCUSIÓN GENERAL

La estructura de tallas del alfonsino en los montes submarinos de Juan Fernández ha cambiado diferencialmente entre zonas a través de los años. En alfonsinos de montes submarinos de Japón y Nueva Zelandia (Massey y Horn, 1990) así como de Nueva Caledonia (Lehodey et al. 1994), las diferencias entre montes en la estructura de tallas refleja migraciones edad-específicas, donde los peces jóvenes predominan en algunos montes presumiblemente cercanos a las áreas de desove, mientras que en otros montes predominan los adultos. En los alfonsinos de los montes de Juan Fernández no es evidente que exista tal migración edad-específica entre montes, puesto que las cohortes de edad cero que aparecen a partir de 2006 se presentan en todos los montes que fueron más intensamente explotados y por lo tanto rindieron mayores tamaños de muestra en la estructura de tallas observada (JF1, JF2, y JF6).

La estructura de edad del alfonsino de los montes de Juan Fernández es más juvenil que la observada en Japón (2 a 23 años, Adachi et al. 2000) y Nueva Caledonia (1 a 20 años, Lehodey y Grandperrin 1996), más adulta que la observada en las Islas Azores, Canarias y Madeira (0-12 años, Rico et al. 2001), y similar a la obtenida en Nueva Zelandia (0-17 años, Massey y Horn 1990). Cabe hacer notar que en el caso del alfonsino de las Islas Juan Fernández la longevidad observada en este estudio no está afectada por la extracción pesquera puesto que se obtuvieron otolitos desde el inicio de la pesquería, en condiciones prácticamente virginales. Por lo tanto la longevidad observada está determinada por la mortalidad natural, que muy probablemente varía entre distintas áreas del mundo.

En los estudios sobre crecimiento en alfonsino, todos los autores han ajustado modelos de tipo von Bertalanffy (Massey y Horn 1990, Lehodey y Grandperrin 1996, Adachi et al. 2000, Rico et al. 2001). En este estudio, el modelo de Schnute supera al de von Bertalanffy en la explicación de los datos de talla y edad principalmente debido a que puede dar cuenta de curvaturas adicionales al principio y al final de la ontogenia. En concordancia con los estudios existentes (Massey y Horn 1990, Lehodey y Grandperrin 1996, Adachi et al. 2000), en este estudio hemos observado tasas de crecimiento mayores en hembras. La excepción es el trabajo de Rico et al. (2001) que no reporta diferencias entre sexos. Sin embargo esto puede deberse al menor rango de edades observado en esa área.

El concepto de edad crítica fue desarrollado por Ricker (1948) como la edad media de captura que maximiza el rendimiento en biomasa dada una cierta tasa de explotación. Esta edad aparece como la edad en que el crecimiento somático es balanceado por la mortalidad así que la biomasa de una cohorte es máxima, y está íntimamente relacionado con el concepto de máximo rendimiento por recluta. La fórmula que resulta del modelo de crecimiento von Bertalanffy y el decaimiento exponencial de las cohortes es relativamente simple. En nuestro estudio fue necesario desarrollar una nueva fórmula, pues la fórmula de la edad crítica considerando el modelo de Schnute no había sido definida, hasta donde sabemos. Esta resultó ser mucho más elaborada sin embargo y afortunadamente, tuvo solución analítica. La aplicación de esta nueva fórmula a los parámetros de alfonsino indica que las cohortes alcanzan su máxima productividad al cabo de seis años de vida, antes que la mitad de las hembras han alcanzando la madurez sexual, que ocurre a los ocho años.

La talla a la cual el 50% de la población de hembras ha madurado sexualmente fue estimada en 40

cm de longitud de horquilla, u ocho años de edad. Cabe recalcar que esta estimación se basa en observaciones histológicas de las gónadas, pues según las observaciones macroscópicas usando la escala tradicional, las hembras maduran al final de su vida, lo que es obviamente erróneo. Por lo tanto en este estudio hemos identificado la causa que tan pocos peces maduros hayan sido observados sobre los caladeros de pesca a lo largo de la historia de la pesquería. Esta causa simplemente es una escala macroscópica que ha sido mal aplicada, clasificando peces maduros como peces inmaduros. La escala macroscópica de madurez utilizada hasta ahora en los protocolos de los observadores científicos debe ser abandonada.

Las estimaciones de edad y talla de 50% de maduración usando los datos histológicos son mayores que las obtenidas previamente en alfonsinos de Nueva Caledonia (Lehodey and Grandperrin, 1996; Lehodey et al. 1997) y de Japón (Seiji, 2005). En Nueva Caledonia las hembras maduran a los seis años o 34.5 cm, mientras que en Japón la talla de 50% de maduración es de 32.5 cm de longitud de horquilla. Estas diferencias pueden estar relacionadas con el hecho destacado por el evaluador del proyecto, que algunas hembras en estado histológico III que nosotros hemos clasificado como inmaduras, pueden ser consideradas maduras por otros expertos. En este estudio, se ha adoptado un criterio conservador en que, aunque se observen ovocitos a simple vista en hembras en estado III, si estos son pocos y de tamaño menor, entonces las hembras son consideradas en proceso de maduración, y por lo tanto, aun inmaduras. Para una mejor comprensión de este criterio, en la tabla a continuación contrastamos la observación de una gónada femenina en estado III con una gónada femenina en estado IV,

ESTADO III (INMADURO)	ESTADO IV (MADURO)
Recien aparecen vacuolas alrededor del nucleo	Mayor grado de vacuolas de vitelo en la periferia del nucleo
Zona radiada poco evidente	Zona radiada engrosada
Diametro ovocitario entre 130 a 180 micrones	Diametro ovocitario entre 170 a 240 micrones

Como señala el evaluador, considerar a las hembras en estado III como maduras, haría bajar la talla de madurez sexual en aproximadamente 5 cm, llevando esa talla (y la edad) al mismo rango de valores observado en Japón y Nueva Caledonia. Hay que hacer notar que una diferencia de dos años o cinco cm en la maduración tiene un efecto fuerte sobre estimaciones de la biomasa desovante que pudieran provenir de modelos de evaluación de stock. Por lo tanto parece necesario aclarar las dudas que persisten en el proceso de maduración a través de un estudio destinado exclusivamente a los aspectos reproductivos del alfonsino. Esta recomendación es fuertemente apoyada por dos hechos adicionales relacionados con este proyecto. Primero, que se haya descubierto que ha existido por años una aplicación de una escala de madurez sexual macroscópica que conduce a clasificar individuos maduros como inmaduros. Segundo, que debido a que este descubrimiento ocurrió es este proyecto, se perdieron numerosas muestras de hembras maduras erróneamente clasificadas como inmaduras, y en consecuencia no se contó con suficientes muestras para estimar la fecundidad.

El modelo conceptual según el cual el alfonsino migra hacia la plataforma continental en verano para desovar, y que explicaría la ausencia de hembras maduras en los muestreos regulares de la captura, ha sido prácticamente descartado en este estudio. Realizamos extensivos muestreos a flotas de arrastre de la plataforma continental desde la zona centro-norte a la zona centro-sur, e incluso la zona austral, durante dos veranos, sin encontrar evidencia alguna de tal migración. Por otro lado, la ausencia de hembras maduras en los muestreos regulares sobre los montes de Juan Fernández se debe simplemente a que hembras maduras han sido sistemáticamente clasificadas como inmaduras por la errónea aplicación de una escala de madurez macroscópica.

Por lo tanto nosotros planteamos un modelo conceptual diferente, que se asemeja al modelo descrito por Lehodey et al. (1997) para el stock de Nueva Caledonia. En el modelo de Lehodey et al. (1997) el ciclo de vida comienza con juveniles que se alimentan en zonas vegetativas, diferentes de las zonas de los adultos, en las laderas más someras de los montes. Allí realizan migraciones diurno-nocturnas para alimentarse de fauna pelágica. A medida que crecen los alfonsino adoptan laderas más profundas en montes diferentes a los de zonas vegetativas. En los mismo montes existe una o varias zonas de desove habitadas exclusivamente por adultos. Los huevos y larvas son pelágicos y los juveniles reclutan a las zonas vegetativas, completando el ciclo (ver Fig. 9 de Lehodey et al. 1997). Dados los resultados de este estudio, los muestreos regulares de la pesca comercial sobre los montes utilizando una metodología correcta de clasificación de individuos en estados de maduración sexual, pueden ser suficientes para determinar las áreas de desove. Esta metodología correcta puede ser una escala macroscópica corregida, una escala exclusivamente histológica, o incluso un índice tal como el índice gonadosomático. En el alfonsino de Japón el índice gonadosomático resultó ser un buen indicador del estado de maduración de los peces (Seiji, 2005).

8. CONCLUSIONES

8.1. La estructura de tallas de alfonsino en los montes submarinos de Islas Juan Fernández ha cambiado diferencialmente entre zonas desde 2003 a 2007, primero por cosecha de los individuos de mayor tamaño, y luego por entrada de cohortes juveniles.

8.2. La estructura de edad de alfonsino en los montes submarinos de Islas Juan Fernández muestra una edad máxima de 17 años en hembras y 16 en machos, y también demuestra eventos recientes de reclutamiento relativamente fuerte.

8.3. El modelo de crecimiento que mejor describe la ontogenia de alfonsino en los montes submarinos de Islas Juan Fernández es el modelo de Schnute en ambos sexos, con hembras alcanzando tasas de crecimiento ligeramente mayores.

8.4. La mortalidad natural de alfonsino en los montes submarinos de Islas Juan Fernández es de 0.23 año^{-1} en hembras y 0.28 año^{-1} en machos.

8.5. La edad crítica de alfonsino en los montes submarinos de Islas Juan Fernández es de 6.4 años en hembras y de 5.3 años en machos.

8.6. La fecundidad potencial de alfonsino en los montes submarinos de Islas Juan Fernández aumenta linealmente con la talla y es del orden de las centenas de miles de ovocitos en la moda más avanzada.

8.7. La histología de las gónadas de hembras de alfonsino de los montes submarinos de Islas Juan Fernández revela que la escala macroscópica de madurez utilizada hasta la fecha es defectuosa, pues clasifica como individuos inmaduros a hembras que han alcanzado estados

avanzados de madurez en sus ovocitos.

8.8. La talla de 50% de madurez de las hembras de alfonsino de los montes submarinos de Islas Juan Fernández es de 40 cm LH, aproximadamente 8 años de vida.

8.9. El modelo conceptual según el cual el alfonsino en los montes submarinos de Islas Juan Fernández ocupa esas áreas para alimentarse mientras que migra hacia la plataforma continental en verano para desovar, no es apoyado por los resultados obtenidos en este proyecto puesto que después de meses de monitoreo de las pescas de arrastre más importantes de la zona centro-norte y centro-sur no se observaron alfonsino maduros en verano.

8.10. La presencia de cohortes de edad cero de alfonsino en los montes submarinos de Islas Juan Fernández y la presencia de hembras maduras en Noviembre en las muestras provenientes de la captura comercial en los montes submarinos de Islas Juan Fernández indica que el área de desove ocurre en la misma región en que se encuentran los caladeros de pesca.

9. REFERENCIAS

- Adachi K.U., Takagi K.O., Tanaka, E.I., Yamada, S.A., Kitakado, T.O. 2000. Age and growth of alfonsino *Beryx splendens* in the waters around the Izu Islands. *Fisheries Science* 66:232-240.
- Boyer, D., Niklitschek, E., Hampton, I., Nelson, J., Soule, M., Lafon, A. and Boyer, H. 2003. Evaluación hidroacústica de biomasa de las principales agregaciones reproductivas de orange roughy *Hoplostethus atlanticus* (2003) en los montes submarinos adyacentes al Archipiélago de Juan Fernández (V Región de Valparaíso). 95 pp.
- Cressie, N. A. C. 1991. *Statistics for Spatial Data*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Gili, R., Cid, L., Pool, H., Young, Z., Tracey, D. M., Horn, P. and Marriot, P. 2002. Estudio de edad, crecimiento y mortalidad natural de los recursos orange roughy y alfonsino. 129 pp.
- González, J. A., Rico, V., Lorenzo, J. M., Reis, S., Pajuelo, J. G., Dias, M. A., Mendonça, A., et al. 2003. Sex and reproduction of the alfonsino "*Beryx splendens*" (Pisces, Berycidae) from the Macaronesian archipelagos. *Journal of Applied Ichthyology*, 19: 104-108.
- Ifop-Uach. 2006. Protocolo integrado de recopilación de datos pesqueras de orange roughy y alfonsino, 2006. 27 pp.
- Lehodey, P. and Grandperrin, R. 1996. Age and growth of the alfonsino *Beryx splendens* over the seamounts off New Caledonia. *Marine Biology*, 125: 249-258.
- Lehodey, P., Marchal, P., Grandperrin, R. 1994. Modeling the distribution of alfonsino, *Beryx splendens*, over the seamounts of New Caledonia. *Fishery Bulletin (U.S.)* 92:748-759.

- Lehodey, P., Grandperrin, R. and Marchal, P. 1997. Reproductive biology and ecology of a deep-demersal fish, alfonsino *Beryx splendens*, over the seamounts off New Caledonia. *Marine Biology*, 128: 17-27.
- Littel, R. C., Milliken, G. A., Stroup, W. W. and Wolfinger, R. D. 1996. SAS system for mixed models, Sas Institute Inc., Cary, N.C.
- Massey, B. R. and Horn, P. L. 1990. Growth and age structure of alfonsino (*Beryx splendens*) from the lower east coast, North Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 24: 121-136.
- Mccullagh, P., and J. A. Nelder 1989. *Generalized linear models*, Chapman and Hall, London, U.K.
- Mylonas, C., L. C. Woods & Y. Zohar. 1997. Cyto-histological examination of post-vitellogenesis and final oocyte maturation in captive-reared striped bass. *Journal of Fish Biology* 50:34-49.
- Niklitschek, E., Boyer, D., Lafon, A., Soule, M., Cornejo-Donoso, J., Hampton, I., Hernández, E., et al. 2007a. Evaluación hidroacústica y TS de alfonsino y orange roughy. Informe Final FIP 2005-13. 187 pp.
- Niklitschek, E., Boyer, D., Merino, R., Hampton, I., Soule, M., Nelson, J., Cornejo, J., et al. 2005. Estimación de la biomasa reproductiva de orange roughy en sus principales zonas de concentración, 2004. 159 pp.
- Niklitschek, E., Cornejo, J., Hernández, E. and Herranz, C. 2008. Evaluación hidroacústica de alfonsino, 2007 (resoluciones exentas pesca de investigación 2937 y 3164). 58 pp.
- Niklitschek, E., Cornejo, J., Hernández, E., Toledo, P., Herranz, C., Merino, R., Lafon, A., et al. 2007b. Evaluación hidroacústica de alfonsino y orange roughy, año 2006. Informe final proyecto FIP 2006-09. 202 pp.
- Oliva, J., W. Carbajal & A. Tresierra. 1982. Reproducción e Histología de Gónadas en peces. Universidad Nacional de Trujillo, 93 pp.
- Rico, V., Lorenzo, J. M., González, J. A., Krug, H. M., Mendonça, A., Gouveia, E. and Afonso Dias, M. 2001. Age and growth of the alfonsino *Beryx splendens* Lowe, 1834 from the Macaronesian archipelagos. *Fisheries Research*, 49: 233-240.
- Roa, R., Ernst, B, Tapia, F. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. *Fishery Bulletin* 97:570-580.
- Roa-Ureta, R., Arkhipkin, A. 2007. Identification of growth models for squids. *Marine and Freshwater Research* 56:371-386.

Searle, S. R. 1987. Linear models for unbalanced data, Wiley, New York (USA).

Seiji A. 2005. Maturation of female *Beryx splendens* in water around Izu Islands, central Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 71:335-341.

Taniuchi, T., Kanaya, T., Uwabe, S., Kojima, T., Akimoto, S. and Mitani, I. 2004. Age and growth of alfoncino *Beryx splendens* from the Kanto district, central Japan, based on growth increments on otoliths. Fisheries Science, 70: 845-851.



Centro Trapananda

El Centro Trapananda de la Universidad Austral de Chile, se encuentra realizando investigaciones del recurso Alfonsino, para lo cual solicitamos su colaboración.



SE BUSCA

ALFONSINO
(*Beryx splendens*)

Si capturas uno de estos ejemplares, congélalo inmediatamente y junto a los datos de lugar de captura, profundidad, fecha y hora, hazlo llegar al Centro Trapananda de la Universidad Austral de Chile, ubicado en Portales N°73 COYHAIQUE.

SE OFRECE RECOMPENSA

Mayor información: 67-244522 / pedromatus@uach.cl

Agradecemos su colaboración

ANEXO II: PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS

Protocolo de trabajo para otolitos de alfonsino

Muestreo

El otolito saggita de ejemplares de alfonsino se ha extraído desde peces capturados durante cruceros comerciales y de pesca de investigación de alfonsino a partir del año 2004 por la Universidad Austral de Chile. Se han extraído los otolitos de ejemplares a partir de un muestreo estratificado por tallas, en donde los ejemplares son seleccionados. Se realizan mediciones y extracción de otolitos de 50 ejemplares por zona de pesca (monte submarino) visitado por día calendario. Idealmente se intentó reunir un total de 10 ejemplares por rango de talla y por zona de pesca diariamente, buscando obtener en lo posible 5 machos y 5 hembras por cada rangode talla. Se ha puesto especial atención a las tallas extremas para que estén representadas en la muestra. A cada ejemplar se le realizaron las siguientes mediciones: longitud horquilla, longitud estándar, peso total, peso eviscerado, peso de gónadas, sexo y estado de madurez sexual. Los otolitos son almacenados en bolsas de papel debidamente rotuladas y guardados hasta su lectura.

Lectura de anillos en alfonsino

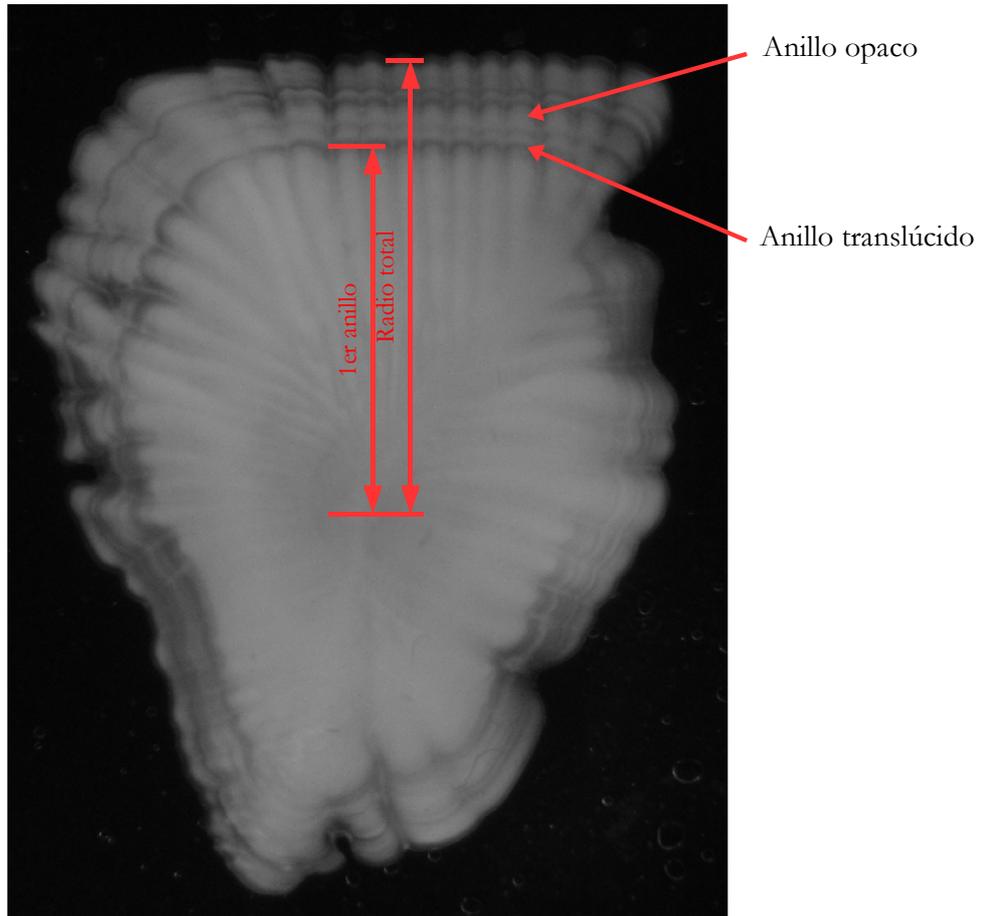
En las zonas y años en donde existe un número limitado de otolitos, se leyó la totalidad de éstos, en cambio en aquellos zonas donde existía mayor disponibilidad, se leyó un máximo de 90 otolitos por año y zona intentando cubrir todas las clases de talla de alfonsino.

Para determinar la edad de alfonsino en los otolitos, se utilizó una lupa (Olympus modelo S251) con un aumento de 10 X y luz reflejada sobre un fondo negro. El otolito sagitta se leyó luego de hidratarlo al menos por 12 horas en glicerina, esto permitió que los anillos fueran más notorios y, por lo tanto, más fáciles de leer.

El otolito presenta un patrón claro de crecimiento que va alternando anillos opacos y hialinos. La forma en que se realizó la lectura es muy similar a la utilizada por diversos autores en trabajos anteriores sobre la misma especie (Massey & Horn, 1990; Rico et al. 2001; Gili et al. 2002; González et al. 2003 y Taniuchi et al. 2004) los que además han concordado en que alfonsino presenta dos anillos de crecimiento anual: uno opaco (asociado a periodos de crecimiento rápido) y uno hialino (asociado a periodos de crecimiento lento). La lectura se realiza en la cara cóncava del otolito hacia la parte anterior de él (ver Figura)

El protocolo de lectura fue el siguiente:

1. Las lecturas de los anillos translúcidos se realizaron siguiendo el mismo eje (desde el centro hacia la zona anterior). En la figura se muestra el primer anillo hialino y el radio total del otolito
2. Los otolitos de alfonsino son hidratados en glicerina al menos 12 horas antes de cada lectura.
3. Las mediciones se realizaron utilizando un ocular con una reglilla calibrada (precisión 0,1 μm)
4. Las mediciones se anotaron en una planilla que detalló lector, fecha, radios, radio total, legibilidad y el borde de cada otolito.
5. Cada otolito fue leído dos veces por cada lector.
6. Los otolitos fueron leídos al menos por dos lectores.
7. Sólo se consideran válidas las lecturas coincidentes entre lectores



Borde posterior

Otolito saggita de alfonsino y nomenclatura.