



Universidad Austral de Chile

Centro Trapananda

INFORME FINAL

Proyecto FIP 2009-14

EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE ALFONSINO, AÑO 2009

CONTRAPARTE TÉCNICA

Subsecretaría de Pesca

EDITADO POR:

Edwin Niklitschek¹ & Pamela Toledo¹

¹Universidad de Los Lagos

Puerto Montt, 07 de noviembre de 2011

Presentación de autores por función o tema desarrollado

(Orden alfabético, a partir de Jefe de Proyecto)

Nombre	Función
Edwin Niklitschek	Jefe de Proyecto; análisis de datos; preparación de informes
Claudia Barría	Coordinadora muestreo biológico a bordo, preparación y lectura de otolitos
Eduardo Hernández	Jefe de cruceros; análisis de datos hidroacústicos; responsable muestreo biológico; muestreo hidroacústico, post-proceso de datos hidroacústicos, administrador de base de datos
Claudio Herranz	Análisis de datos
Julio Lamilla	Análisis gonadosomático
Rubén Roa	Análisis de selectividad
Pamela Toledo	Coordinación general, lectura de otolitos, elaboración de informes

Colaboradores:

Javier Araneda	Muestreo biológico y oceanográfico
Victor Castillo	Muestreo biológico y oceanográfico
Lady Curiqueo	Ayudante análisis histológico de gónadas de alfonsino
Astrid Isla	Ayudante análisis histológico de gónadas de alfonsino
Danixa Martínez	Preparación y lectura de otolitos
Daniel Pezo	Muestreo biológico y oceanográfico
Romina Saldivia	Muestreo biológico a bordo

Resumen Ejecutivo

Se realizó tres cruceros de investigación durante primavera de 2010 con el fin de estimar la abundancia y biomasa de agregaciones de alfonsino (*Beryx splendens*) en cinco montes submarinos adyacentes al Archipiélago de Juan Fernández: JF1, JF1.1, JF2 , JF5 and JF6. Los cruceros se realizaron entre el 5 de octubre y el 25 de noviembre de 2010, a bordo del pesquero de alta mar “Cote Saint Jacques”, efectuándose un total de 17 ciclos semiadaptativos de muestreo hidroacústico. La identificación de especies en los ecotrazos consideró identificación directa mediante lances dirigidos y la combinación de juicio experto seguido de la aplicación del modelo probabilístico de Niklitschek et al. (2005).

El muestreo hidroacústico cubrió un área de 554 km² y respondió a un diseño semi-aleatorio estratificado y semi-adaptativo, basado en ciclos iterativos compuestos de una prospección global de cada zona (grilla gruesa, distancia promedio 1 mn), seguida de prospecciones repetidas de mayor resolución (grilla fina, distancia promedio igual a 0,2 - 0,5 mn) en las zonas de mayor concentración del recurso. En los montes de mayor tamaño (JF1, JF2 y JF6), las grillas consistieron de un arreglo de transectas, paralelas o en zig-zag, perpendiculares a las isolíneas de profundidad. En los montes de menor tamaño (JF1.1 y JF5) se realizó prospecciones radiales, centradas sobre la cima del monte y orientadas al azar. El estrato batimétrico del estudio incluyó desde 200 a 600 m de profundidad, siguiendo procedimientos equivalentes a los aplicados en previos estudios realizados en 2005, 2006 y 2007.

Las estimaciones de abundancia y biomasa se realizaron utilizando el método geo-estadístico basado en máxima verosimilitud y modelos lineales generalizados de tipo mixto desarrollado por Roa & Niklitschek (2007). La abundancia relativa estimada para la fracción del stock de alfonsino presente en el área y periodo de estudio alcanzó a $26.807 \text{ m}^2 \pm 6.761 \text{ EE}$. A partir de esta cifra, y utilizando la relación de fuerza de blanco de Niklitschek et al. (Niklitschek et al. 2007a), se estimó un índice equivalente de abundancia absoluta de 23.1×10^6 individuos $\pm 24\%(\text{CV})$, expandible a un índice de biomasa total de $7.743 \text{ ton} \pm 29\%(\text{CV})$.

El monte JF1 concentró la mayor estimación de biomasa absoluta entre los montes evaluados, seguido por JF2, JF6 y JF1.1. La mayor área de distribución efectiva del recurso correspondió a JF2, donde alcanzó a $9 \text{ km}^2 \pm 5,47 \text{ EE}$). El monte que presentó la menor área de distribución efectiva del

recurso fue JF1.1 ($1,3 \text{ km}^2 \pm 0,74 \text{ EE}$). La mayor densidad fue estimada en el monte JF1 ($3 \text{ ind}\cdot\text{m}^2 \pm 1,3 \text{ EE}$) y la menor en JF2 ($0,6 \text{ ind}\cdot\text{m}^2 \pm 0,15 \text{ EE}$).

El muestreo biológico contempló un total de 140 lances, muestreándose 7.242 ejemplares de alfonsino: 3.473 hembras, 3.490 machos y 279 ejemplares de sexo indeterminado. La talla media estimada para las hembras fue de $28,2 \text{ cm} \pm 0,59 \text{ EE}$, mayor aunque no significativamente diferente de la talla media de los machos ($27,6 \text{ cm} \pm 0,59 \text{ EE}$). En el monte JF6 se observó la menor talla media ($20,7 \text{ cm} \pm 2,51 \text{ EE}$), mientras que la mayor talla media se observó en el monte JF1.1 ($29,6 \text{ cm} \pm 0,46 \text{ EE}$). La lectura de edades de alfonsino tuvo un coeficiente de variación de 10,8 y un índice de precisión de 7,48. Se encontró un rango de edades entre 0+ y 12+ años, tanto para machos como para hembras. De los modelos de crecimiento evaluados, el mejor ajuste fue obtenido con el modelo de Schnute, para ambos sexos combinados. La proporción de sexos de alfonsino fue cercana a la relación 1:1 para machos y hembras en los montes JF1 y JF1.1. En JF2, sin embargo, se encontró porcentajes de 50%, 37% y 13% de hembras, machos y ejemplares inmaduros, respectivamente. Sin embargo, en JF2 y JF6 se presentó una mayor proporción hembras que machos y una relativamente alta proporción de ejemplares inmaduros (13 y 30% respectivamente).

Desde el punto de vista oceanográfico, la columna de agua se presentó fuertemente estratificada, con presencia de AST (agua subtropical), ASAA (aguas subantártica) y AESS (agua ecuatorial subsuperficial) en todas las estaciones, con excepción de JF6 donde los lances de CTD fueron más superficiales. En JF1 se observó la presencia de AIA (agua intermedia Antártica) con valores de salinidad, temperatura y oxígeno característicos para esta masa de agua. Todos los montes presentaron termoclinas más débiles que sus correspondientes haloclinas y oxiclinas. En todos los montes se observó una mínima de oxígeno, consistente con la máxima salinidad, ubicada cerca de los 220 m de profundidad.

La captura incidental de fauna concurrente representó sólo un 2,6% de la captura total obtenida en 39 lances censados para este propósito. Los ejemplares censados sumaron 4.510 individuos, pertenecientes a 7 phyla y 46 taxa, destacándose ocho especies principales que contribuyeron un 95,8% de la captura incidental: chancharro *Sebastes oculatus*, pejerrey de Juan Fernández *Emmelichthys nitidus*, granadero común *Coelorinchus fasciatus*, langosta enana *Projasus bahamondei*, congrio de profundidad *Pseudoxenomystax albescens*, jibia *Dosidicus gigas*, granadero chileno *Coelorinchus chilensis* y besugo de Juan Fernández *Epigonus atherinoides*. La captura total de corales en estos lances llegó sólo 323 g de corales

De todos los lance muestreados, sólo uno alcanzó el puntaje indicador mínimo requerido para presumir la existencia de ecosistemas marinos vulnerables (EMV) de acuerdo al protocolo de Penney et al 2008. Mientras que el 97,5% restante estuvo bajo este umbral, muchos lances (85%) obtuvieron un puntaje EMV=0, es decir, ausencia de taxa indicadores de EMV.. Sin embargo, sólo uno de éstos lances alcanzó el puntaje mínimo

La abundancia relativa de la fauna concurrente (CPUE, ind·lance⁻¹·h⁻¹) fue significativamente distinta entre especies, tanto respecto de su media condicional, como de su probabilidad de presencia en los lances de pesca. Las mayores abundancias relativas correspondieron a *S. oculatus*, *E. nitidus*, *C. fasciatus*, *P. bahamondei*, *P. albescens*, *D. gigas*, *Coelorinchus aconcagua* y *E. atherinoides*. Chancharro fue la especie de mayor abundancia relativa en los montes JF1 y JF1.1, mientras que langosta enana fue la especie más abundante en JF6 y JF2. También se observó diferencias entre especies respecto de su distribución batimétrica. Es así como jibia y besugo de Juan Fernández mostraron una distribución más superficial, mientras que granadero común y pejerrey de Juan Fernández fueron más abundantes en los estratos más profundos. El análisis de devianza indicó efectos significativos de las variables “zona”, “salinidad”, “profundidad” y “temperatura” sobre la CPUE de especies concurrentes, tanto a nivel global como específico, existiendo, además, una relación positiva significativa entre la captura (log-transformada) de alfonsino y la CPUE de su fauna concurrente.

La composición relativa de las especies concurrentes en la captura de alfonsino en el área y periodo de estudio presentó diferencias significativas entre los montes JF1 y JF6 y fue afectada por las variables profundidad, salinidad, temperatura, saturación de oxígeno disuelto y captura (log-transformada) de alfonsino, excluyéndose como no significativas, las variables pendiente del fondo y sigma-t. En este análisis, las variables temperatura, saturación de oxígeno disuelto y salinidad fueron las variables que mostraron mayor poder explicativo.

Se observó algunos patrones de asociación entre especies, identificándose un grupo compuesto por *Coelorinchus fasciatus*, *Schedophilus* sp., *Brama australis*, *Mora moro*, *C. kaiyomaru* y *C. aconcagua*. La mayor diversidad específica se observó en lances con mayor captura de alfonsino y temperatura mayor a 8°C, la riqueza específica mostró alta variabilidad que enmascaró posibles diferencias entre montes. Tanto el índice de diversidad de Shannon-Wiener y como el de Simpson mostraron un patrón similar, donde JF6 presentó valores significativamente menores que los montes

JF1, JF1.1 y JF2. Por otra parte el índice de equidad de Pielou mostró sus valores más elevados para el monte JF2.

En dos de los tres experimentos de selectividad se encontró evidencia sustantiva de selectividad del copo no revestido de 130 mm de luz de malla sobre peces bajo 26 cm (talla a la que se predijo un 50% de retención). Para tallas superiores la selectividad disminuye rápidamente llegándose a un 88% de retención a la talla mediana de primera madurez sexual estimada en 34 cm. falló en encontrar diferencias significativas entre copos. Sólo en el caso del análisis de lances alternados sin monitoreo acústico de la boca de la red no se encontró evidencia de selectividad, lo que se atribuyó al efecto de la variabilidad entre lances.

El estudio de madurez sexual mostró una muy baja consistencia entre los estados de madurez asignados macroscópicamente y aquellos observados mediante análisis microscópico. Este último análisis indicó la presencia de individuos en todos los estados de madurez de la escala utilizada, alcanzando un 38% de gónadas maduras, con ejemplares maduros a partir de 29 cm y una talla mediana de primera madurez (l_{50}) de $33,8 \text{ cm} \pm 8.51 \text{ (EE)}$, equivalente a una edad aproximada de 7 años.

La fecundidad potencial estimada a partir de estados de madurez microscópica V y VI alcanzó un promedio de $164.000 \text{ ovocitos} \cdot \text{ind}^{-1} \pm 8566 \text{ (EE)}$, con un rango entre 69.080 y 287.700 $\text{ovocitos} \cdot \text{ind}^{-1}$. La fecundidad potencial relativa a la masa individual alcanzó un promedio de $99.000 \text{ ovocitos} \cdot \text{g}^{-1} \pm 5.088 \text{ (EE)}$. Estas cifras son inferiores a las reportadas en la literatura para esta especie y reflejan un proceso de maduración de la gónada en desarrollo, distante aún varias semanas del desove.

AGRADECIMIENTOS

El equipo de trabajo desea manifestar sus agradecimientos a la Subsecretaría de Pesca por su apoyo institucional al presente trabajo, así como también a PescaChile S.A., por su apoyo financiero, operacional y profesional al desarrollo del mismo. Nuestro reconocimiento al Instituto de Fomento Pesquero IFOP y a sus observadores científicos, por su voluntad de trabajo colaborativo, implementado exitosamente a bordo.

Especial reconocimiento a los ejecutivos, tripulación, patrón y capitán de la embarcación Cote Saint-Jacques, representados por los señores Enrique Gutiérrez, Benjamin Azúa, Gustavo Lara, Juan Velázquez y Oscar Soto.

ÍNDICE GENERAL

Resumen Ejecutivo.....	v
Antecedentes generales.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Metodología general.....	3
1.1. Consideraciones.....	3
1.2. Área y período de estudio.....	3
I.Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de alfonsino, en sus principales áreas de pesca en el Archipiélago de Juan Fernández, montes JF1, JF2 y JF5 - JF6, durante primavera (Objetivo 1).....	6
1.Introducción.....	6
2.Materiales y métodos.....	7
2.1. Montaje, instalación y configuración del sistema acústico.....	7
2.1.1.Embarcación y equipamiento utilizado.....	7
2.1.2. Instalación y configuración del sistema acústico.....	8
2.2. Calibración.....	8
2.2.1. Calibración embarcación.....	8
2.2.2. Inter-calibración.....	9
2.3. Muestreo hidroacústico.....	9
2.3.1. Composición de especies en los ecotrazos.....	10
2.3.2. Eointegración.....	12
i. Coeficiente volumétrico de retro-dispersión por pulso transmitido.....	12
ii. Coeficiente de dispersión por unidad de área náutica en el intervalo k.....	13
2.4. Protocolo de post-proceso.....	13

2.5. Control y corrección de fuentes conocidas de sesgo.....	14
2.5.1. Calibración de los equipos.....	14
2.5.2. Atenuación de la señal como consecuencia del movimiento del transductor	15
2.5.3. Pulsos perdidos y defectuosos.....	15
2.5.4. Eco incidental.....	16
2.5.5. Absorción del sonido.....	16
2.5.6. Zona ciega.....	17
2.6. Estimación de abundancia.....	18
2.6.1. Proporción del área de estudio ocupada por el stock	19
2.6.2. Media condicional del coeficiente de dispersión acústica por unidad de área.....	20
2.6.3. Densidad media condicional de la especie objetivo	20
2.6.4. Índice de abundancia relativa de la especie objetivo en el estrato o región s.....	20
2.6.5. Varianza muestral de la abundancia relativa.....	20
2.6.6. Índice de abundancia total de la especie objetivo en el estrato o zona s.....	21
2.6.7. Varianza muestral del índice de abundancia total	21
2.6.8. Área ocupada por la especie objetivo en el estrato s.....	21
2.7. Estimación del índice de biomasa total.....	21
2.7.1. Índice de biomasa estimado para alfonsino en cada zona m.....	21
2.7.2. Varianza muestral del índice de biomasa estimado para la especie objetivo en cada zona m	21
2.7.3. Fuerza de blanco (TS).....	22
3. Resultados.....	22
3.1. Abundancia y biomasa de alfonsino, año 2010.....	22
3.1.1. Abundancia y biomasa total.....	22
3.1.2. Distribución espacial.....	23
4. Discusión.....	28

II. Estimar la composición de tallas y edades, relación longitud-peso y proporción sexual de las agregaciones de alfonsino presentes en las áreas o caladeros estudiados, durante el período de evaluación hidroacústica (objetivo 2).....	36
1. Introducción.....	36
2. Materiales y métodos.....	36
2.1. Muestreo biológico.....	36
2.2. Talla media.....	38
2.3. Composición de tallas.....	39
2.4. Composición de edades.....	40
2.5. Relación longitud peso:.....	42
2.6. Proporción sexual.....	43
2.7. Comparación con años anteriores.....	43
3. Resultados.....	43
3.1. Talla media.....	44
3.2. Estructura de tallas.....	44
3.3. Composición de edades.....	46
3.3.1. Análisis de precisión.....	46
3.3.2. Estructura de edades.....	46
3.4. Relación longitud peso.....	46
3.4.1. Modelo de crecimiento.....	48
3.5. Proporción sexual.....	52
3.6. Comparación con años anteriores.....	53
3.6.1. Talla media.....	53
3.6.2. Proporción sexual.....	54
4. Discusión.....	55

III.Caracterizar la composición de la captura incidental pelágica, demersal y bentónica, y su relación con variables abióticas como topografía, batimetría, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (objetivo 3).....	56
1.Introducción.....	56
2.Materiales y métodos.....	57
2.1. Fauna acompañante y captura incidental bentónica.....	57
2.2. Muestreo oceanográfico.....	58
2.3. Análisis de la información.....	59
2.3.1.Abundancia relativa de especies concurrentes.....	59
2.3.2.Estructura comunitaria.....	60
2.3.3.Especies indicadoras de ecosistemas vulnerables.....	61
3. Resultados.....	62
3.1. Caracterización oceanográfica.....	62
3.2. Abundancia relativa de especies concurrentes.....	68
3.3. Estructura comunitaria.....	75
3.3.1.Composición de especies.....	75
3.3.2.Asociaciones entre especies.....	76
3.3.3.Diversidad.....	80
3.3.4.Especies indicadoras de ecosistemas vulnerables.....	83
4.Discusión.....	84
IV.Estimar el patrón de selectividad relativa de las redes empleadas para la captura comercial y la evaluación científica de alfonsino en Juan Fernández (objetivo 4).....	87
1.Introducción.....	87
2.Materiales y métodos.....	88
2.1. Experimentos de selectividad.....	88
2.2. Alternancia de las redes.....	88

2.3. Modelación Estadística.....	89
3.Resultados.....	92
3.1. Experimentos con copo dividido.....	92
3.2. Experimentos con lances alternados.....	94
3.3. Experimentos con lances alternados y cámara video-acústica.....	94
3.4. Análisis conjunto de lances monitoreados acústicamente y lances con copo dividido.....	99
4.Discusión.....	101
V.Determinar la fecundidad parcial y total a la talla, y la talla de madurez sexual al 50% (objetivo 5).	105
1.Introducción.....	105
2.Materiales y métodos.....	106
2.1. Toma de muestras.....	106
2.2. Análisis de laboratorio.....	106
2.3. Histología.....	107
2.4. Recuento ovocitario.....	108
2.4.1.Fecundidad a la talla.....	108
2.5. Modelación y análisis estadístico.....	109
2.6. Talla de 50% de madurez sexual.....	109
3.Resultados.....	111
3.1. Comparación entre estados de madurez sexual macroscópico y microscópico.....	111
3.2. Talla y madurez en escala macroscópica y microscópica.....	113
3.3. Recuento ovocitario.....	113
3.4. Caracterización cualitativa del estado de madurez sexual de ovocitos.....	114
3.5. Fecundidad.....	118

3.6. Talla de primera madurez sexual.....	119
4.Discusión.....	121
VI. Conclusiones.....	123
VII.Referencias.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Vértices y superficies de las áreas de estudio.....	4
Tabla 2: Montes evaluados y duración de cada marea en la evaluación de alfonsino, año 2010.....	7
Tabla 3: Transecta de calibración inter-anual utilizada en evaluaciones de alfonsino 2005-2010.....	9
Tabla 4: Número de ciclos adaptativos usados en la estimación de biomasa de alfonsino según monte.	10
Tabla 5: Protocolo de post-proceso utilizado, años 2005 a 2008 y presente estudio.....	14
Tabla 6: Valor promedio de los factores de corrección aplicados según fuente de sesgo considerada....	15
Tabla 7: Valores estimados y errores estándar de parámetros de campo usados para el cálculo de varianza de los estimados de biomasa y abundancia de alfonsino año 2010. El número de dígitos significantes excede la precisión de los estimados para facilitar consistencia numérica. Valores corregidos por selectividad.....	22
Tabla 8: Área prospectada y estimados de la proporción del área ocupada por el stock, $p(sA>0)$, área efectiva del stock (\bar{p}), coeficiente medio de dispersión acústica por unidad de área (\bar{c}) y coeficiente de dispersión total de la fracción poblacional de alfonsino presente en el área y período de estudio, año 2010. Total corresponde a sumas o medias ponderadas, según corresponda. El número de dígitos significantes excede la precisión de los estimados para facilitar la consistencia numérica.....	24
Tabla 9: Valores estimados de densidad numérica (\bar{N}), abundancia (\bar{A}) y biomasa (\bar{B}), correspondientes a la fracción de alfonsino presente en el Archipiélago de Juan Fernández durante el presente estudio, año 2010. El número de dígitos significantes excede la precisión de los estimados para facilitar la consistencia numérica.....	24
Tabla 10: Índices de abundancia relativa (\bar{I}), abundancia (\bar{A}) y biomasa (\bar{B}), correspondientes a la fracción poblacional de alfonsino presente y evaluada en la zona de Juan Fernández (2005-2010). Totales	

corresponden a sumas o medias ponderadas, según corresponda. Número de dígitos significantes excede precisión de los estimados para facilitar consistencia numérica (s.i.: sin información).....	31
Tabla 11: Metas muestrales por lance, según tamaño de captura.....	37
Tabla 12: Estados de madurez gonadal de hembras de alfonsino, de acuerdo a escala macroscópica de protocolo integrado IFOP-UACH (Gili et al. 2006).....	38
Tabla 13: Estados de madurez gonadal de machos de alfonsino, de acuerdo a escala macroscópica de protocolo integrado IFOP-UACH (Gili et al. 2006).....	38
Tabla 14: Lances realizados por monte y composición de especies en porcentaje, 2010.....	44
Tabla 15: Talla media estimada de alfonsino (cm ± EE) para cada monte y sexo del área de estudio (valores corregidos por selectividad).....	44
Tabla 16: Clave talla-edad para hembras de alfonsino, año 2010.....	47
Tabla 17: Clave talla-edad para machos de alfonsino, año 2010.....	47
Tabla 18: Parámetros de los modelos de crecimiento individual ajustados a la información de edad y longitud horquilla de alfonsino para ambos sexos, año 2010. AIC: criterio de información de Akaike.	49
Tabla 19: Parámetros de los modelos de crecimiento individual ajustados a la información de edad y longitud horquilla de hembras de alfonsino (2010). AIC: criterio de información de Akaike.	50
Tabla 20: Parámetros de los modelos de crecimiento individual ajustados a la información de edad y longitud horquilla de hembras de alfonsino (2010). AIC: criterio de información de Akaike.	51
Tabla 21: Proporción de hembras y error estándar por monte del conjunto de capturas muestreadas durante el periodo de estudio, año 2010.....	53
Tabla 22: Tallas medias estimadas de alfonsino (cm ± EE) para cada sexo y año combinando montes encontradas durante las evaluaciones hidroacústicas de los años 2005, 2006, 2007 y 2010.....	53
Tabla 23: Tallas medias estimada de alfonsino (cm ± EE) para cada monte y año combinando sexos, encontradas durante las evaluaciones hidroacústicas de los años 2005, 2006, 2007 y 2010.....	54
Tabla 24: Porcentaje de hembras en las capturas realizadas durante las evaluaciones hidroacústicas de los años 2005, 2006, 2007 y 2010.....	54
Tabla 25: Coordenadas de las estaciones oceanográficas de referencia utilizadas en las prospecciones de alfonsino.....	59

Tabla 26: Categorías utilizadas para el análisis del efecto de variables explicativas continuas sobre la abundancia relativa de especies concurrentes.....	60
Tabla 27: Fauna concurrente capturada en lances de identificación de agregaciones de alfonsino <i>Beryx splendens</i> en cuatro montes submarinos del Archipiélago de Juan Fernández. Taxon indica el menor nivel taxonómico posible de identificar. Total capturado expresado en número total de individuos capturado por monte, excepto para <i>Anthipathes</i> sp. y <i>Leiopathes</i> sp. expresado en kilogramos (*).....	69
Tabla 28: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado correspondiente a la media condicional, $\log(\text{CPUE} \text{CPUE}>0)$, de la abundancia relativa ($\text{CPUE}, \text{ind}\cdot\text{lance}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) de las distintas especies de fauna presentes en los lances de identificación de alfonsino. Variables explicativas añadidas de manera secuencial.	74
Tabla 29: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado (distribución binomial, función de enlace logit) correspondiente a la probabilidad de presencia de las distintas especies de fauna en los lances de identificación de alfonsino. Variables explicativas añadidas de manera secuencial.	74
Tabla 30: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado correspondiente a la riqueza específica rarificada a un número estandarizado de 17 individuos de la fauna capturada incidentalmente en lances de identificación de agregaciones de alfonsino. Variables explicativas añadidas de manera secuencial.	81
Tabla 31: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado correspondiente al índice de diversidad de Shannon-Wiener para la fauna capturada incidentalmente en lances de identificación de agregaciones de alfonsino <i>Beryx splendens</i> . Variables explicativas añadidas de manera secuencial.	83
Tabla 32: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado correspondiente al índice de equidad de Pielou, para la fauna capturada incidentalmente en lances de identificación de agregaciones de alfonsino <i>Beryx splendens</i> . Variables explicativas añadidas de manera secuencial.	83
Tabla 33: Frecuencia de puntajes indicadores de ecosistemas marinos vulnerables (Penney et al. 2008) obtenidos por los distintos lances de pesca efectuados en los montes submarinos del área de estudio.	84
Tabla 34: Períodos de evaluación hidroacústica y pesca comercial de alfonsino y total de lances realizados por período. Octubre-noviembre 2010.....	89
Tabla 35: Tabla de devianza para el modelo mixto logístico acumulativo ajustado para evaluar el efecto del uso de revestimiento interior (35 mm) en el copo de una red casanova. Datos analizados corresponden a 11 lances efectuados luego de dividir el copo en dos secciones equivalentes: con y sin revestimiento. Devianza residual corresponde al modelo nulo =0.	94

Tabla 36: Vector de coeficientes Θ_J de la regresión logística acumulativa (CLMM) y probabilidades estimadas de retención por clase de talla (p_J) para la sección revestida del copo dividido de una red Casanova estándar. Intervalos de talla corresponden a marcas de clase.	96
Tabla 37: Parámetros de la función logística de selectividad a la talla estimados de manera indirecta a partir del re-muestreo ($n=5000$) de las funciones de probabilidad normal de los parámetros estimados en regresiones logísticas acumulativas (CLMM) utilizadas para analizar la distribución multinomial de frecuencias de talla observadas en distintos experimentos.....	97
Tabla 38: Tabla de devianza para el modelo mixto logístico acumulativo ajustado para evaluar el efecto del revestimiento interior del copo (presencia vs. ausencia) sobre la composición de tallas de la captura de alfonsino en 31 lances alternados. Devianza residual corresponde al modelo nulo =0.	97
Tabla 39: Tabla de devianza (tipo III) para el modelo mixto logístico acumulativo ajustado para evaluar los efectos sobre la composición de tallas de alfonsino de las variables explicativas: i) método de observación (red vs. cámara vídeo-acústica), ii) revestimiento del copo (presencia vs. Ausencia) y iii) su interacción. Lances efectuados con red casanova estándar, donde se alternó el uso de un copo sin revestimiento y de otro revestido con un saco de 35 mm. Sólo se considera lances observados acústicamente mediante cámara didson. Devianza residual corresponde al modelo nulo =0.	98
Tabla 40: Vector de coeficientes Θ_J de la regresión logística acumulativa (CLMM) y probabilidades estimadas de retención por clase de talla (p_J) para una red Casanova estándar. Modelo responde a datos obtenidos a partir de lances alternados monitoreados acústicamente (cámara didson). Intervalos de talla corresponden a marcas de clase.	100
Tabla 41: Tabla de devianza (tipo III) para el modelo mixto logístico acumulativo ajustado para evaluar los efectos sobre la composición de tallas de la captura de alfonsino de las variables explicativas: i) tipo de copo (estándar vs. dividido), ii) método de observación (red vs. cámara vídeo-acústica), y iii) cubrecopo interior (presencia vs. ausencia). Resultados corresponden al análisis conjunto de 7 lances realizados con copo dividido y observados mediante cámara vídeo-acústica y de 11 lances efectuados con copo estándar. Devianza residual corresponde al modelo nulo =0.	101
Tabla 42: Vector de coeficientes Θ_J de la regresión logística acumulativa (CLMM) y probabilidades estimadas de retención por clase de talla (p_J) para una red Casanova estándar sin revestimiento. Valores obtenidos a partir del análisis conjunto de los experimentos con copo dividido y lances alternados monitoreados acústicamente (cámara didson). Intervalos de talla corresponden a marcas de clase. ...	102
Tabla 43: Número de muestras para histología por intervalo de tallas.....	107

Tabla 44: Número de gónadas de hembras en estado de madurez sexual según madurez macroscópica y según el análisis microscópico (madurez histológica). Por definición ex-ante la escala macroscópica (cita) fusiona estados III y IV de escala microscópica de Lehodey (cita).....	112
Tabla 45: Recuento de ovocitos por cuarto según estado de madurez gonadal en secciones histológicas transversales del lóbulo izquierdo de alfonsino capturado en Juan Fernandez (Noviembre 2011).....	114
Tabla 46: Parámetros estimados del modelo lineal de fecundidad potencial de alfonsino con conteos en centenas de miles.	118
Tabla 47: Parámetros estimados del modelo logístico para cálculo de la talla de primera madurez sexual al 50%.....	120
Tabla 48: Talla de 50% de madurez para alfonsino determinada en estudios.....	122
Tabla 49: Fecha, marea, lances de identificación con la captura de alfonsino en kilogramos, indicando tipo de red empleada, uso de cubecopo y de cámara DIDSON.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación general del área de estudio en el Archipiélago de Juan Fernández, de oeste a este se observan los montes submarinos JF6, JF5, JF1.1, JF1 y JF2.....	5
Figura 2: Densidad acústica corregida por la probabilidad de presencia del stock (sA, $m^2 \cdot km^{-2}$), por rango de profundidad de alfonsino.....	7
Figura 3: Mapa de distribución de densidad relativa ($m^2 \cdot mn^{-2}$) de alfonsino en el monte JF1 y JF1.1, año 2010. En verde se representan los intervalos básicos de muestreo y se destacan las isóbatas de 400 y 600 m en azul.	25
Figura 4: Mapa de distribución de densidad relativa ($m^2 \cdot mn^{-2}$) de alfonsino en el monte JF2, año 2010. En verde se representan los intervalos básicos de muestreo y se destacan las isóbatas de 400 y 600 m en azul.	26
Figura 5: Mapa de distribución de densidad relativa ($m^2 \cdot mn^{-2}$) de alfonsino en el monte JF6, año 2010. En verde se representan los intervalos básicos de muestreo y se destacan las isóbatas de 400 y 600 m en azul.	27

Figura 6: Distribución batimétrica del coeficiente de dispersión acústica por unidad de área (sA, m ² · km ⁻²) atribuido a alfonsino en el año 2010, según monte evaluado. Valores de las ordenadas corresponden a marcas de clase de cada estrato.....	28
Figura 7: Distribución de tallas de alfonsino en el monte JF1, años 2005-2007 y 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.....	32
Figura 8: Distribución de tallas de alfonsino en el monte JF1.1, años 2005-2007 y 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.....	33
Figura 9: Distribución de tallas de alfonsino en el monte JF2, años 2005-2007 y 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.....	34
Figura 10: Distribución de tallas de alfonsino en el monte JF6, años 2005-2007 y 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.....	35
Figura 11: Distribución de tallas de alfonsino por monte submarino durante la evaluación hidroacústica 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.....	45
Figura 12: Relación longitud peso para machos (n=3392) y hembras (3373) de alfonsino, año 2010....	48
Figura 13: Modelo de crecimiento de Schnute, seleccionado (criterio de información de Akaike) para representar la relación entre edad y talla de alfonsino agregando montes para ambos sexos, año 2010 (círculos blancos: hembras; círculos grises: machos; círculos negros: sexo indeterminado)	49
Figura 14: Modelo de crecimiento de Schnute, seleccionado (criterio de información de Akaike) para representar la relación entre edad y talla de hembras de alfonsino agregando montes, año 2010 (círculos blancos: hembras; círculos negros: sexo indeterminado)	50
Figura 15: Modelo de crecimiento de Schnute, seleccionado (criterio de información de Akaike) para representar la relación entre edad y talla de machos de alfonsino agregando montes, año 2010 (círculos grises: machos; círculos negros: sexo indeterminado).....	51
Figura 16: Proporción sexual de alfonsino por monte en el área y periodo de estudio.....	52
Figura 17: Perfiles verticales de temperatura, salinidad oxígeno disuelto y diagrama TS del monte JF1 año 2010.....	64
Figura 18: Perfiles verticales de temperatura, salinidad oxígeno disuelto y diagrama TS del monte JF2 año 2010.....	65

Figura 19: Perfiles verticales de temperatura, salinidad oxígeno disuelto y diagrama TS del monte JF5 año 2010.....	66
Figura 20: Perfiles verticales de temperatura, salinidad oxígeno disuelto y diagrama TS del monte JF6 año 2010.....	67
Figura 21: Abundancia relativa de las ocho principales especies capturadas incidentalmente en lances de identificación de alfonsino <i>Beryx splendens</i> , en cuatro montes submarinos del Archipiélago de Juan Fernández: <i>Sebastes oculatus</i> , <i>Emmelichthys nitidus</i> , <i>Coelorinchus fasciatus</i> , <i>Projasus bahamondei</i> , <i>Pseudoxenomystax albescens</i> , <i>Dosidicus gigas</i> , <i>Epigonus atherinoides</i> y <i>Coelorinchus aconcagua</i> . Barras de error corresponden a errores estándar.....	72
Figura 22: Frecuencia relativa ponderada (por CPUE) de las ocho principales especies capturadas incidentalmente en lances de identificación de alfonsino <i>Beryx splendens</i> en montes submarinos del Archipiélago de Juan Fernández, según estrato batimétrico. Categorías de profundidad corresponden a marcas de clase de sus respectivos intervalos de 50 m. Barras de error corresponden a errores estándar.	73
Figura 23: Plot bivariado del escalamiento multidimensional no-lineal de la composición de especies capturadas incidentalmente en lances de identificación de alfonsino (por lance). Símbolos representan lances según su pertenencia a categorías espaciales (zona) y oceanográficas (profundidad, temperatura media y saturación de oxígeno disuelto). Números corresponden a la posición de los taxa utilizadas para construir el modelo (ver clave en panel superior izquierdo).	77
Figura 24: Plot bivariado de la posición relativa de lances y especies en función de los dos primeros componentes principales construidos a partir de la composición específica de lances de identificación de alfonsino. Símbolos representan lances y zona de captura. Números representan los 20 taxa utilizados para el análisis (clave inserta en sector superior izquierdo).	78
Figura 25: Dendrograma de distancias euclidianas promedio, relativas a la máxima distancia calculada para la matriz de similaridad de la captura incidental (en número) de la fauna presente en lances de identificación de alfonsino <i>Beryx splendens</i> . Se excluye alfonsino, especies con presencia en menos de tres lances y lances con presencia de menos de tres especies.....	79
Figura 26: Dendrograma de distancias Jaccard promedio de los valores de presencia/ausencia de la fauna capturada incidentalmente en lances de identificación de alfonsino <i>Beryx splendens</i> . Se excluye alfonsino, especies con presencia en menos de tres lances y lances con presencia de menos de tres especies.....	80

Figura 27: Índices de riqueza específica (panel izquierdo) y de diversidad y equidad (panel derecho) construidos en base a las especies capturadas incidentalmente en cada lance de identificación de alfonsino <i>Beryx splendens</i> , excluyendo esta última especie.	82
Figura 28: Frecuencia relativa por clase de talla de alfonsino en capturas obtenidas mediante una red de arrastre de fondo modelo Casanova. Se evalúa el efecto de revestir el copo comercial de 135 mm de luz de malla con un cubre-copo interior de 35 mm de luz de malla. Panel superior muestra resultados crudos de composición de tallas en 11 lances realizados con un copo estándar dividido en dos secciones iguales (con y sin revestimiento). Panel inferior muestra resultados crudos de composición de tallas en la captura de 31 lances alternados: 6 sin y 25 con revestimiento interior.....	93
Figura 29: Frecuencia relativa por clase de talla de alfonsino capturado/observado en lances monitoreados acústicamente mediante una cámara didson posicionada en la relinga. Datos corresponden a 7 lances donde se alternó dos tipos de copo: i) copo estándar de 130 mm y ii) copo revestido por un saco (“calcetín”) de 35 mm. Panel superior, muestra datos crudos de composición de tallas observadas en la boca (“didson”) y en la captura (“copo”). Panel inferior muestra composiciones de tallas en la captura, ajustadas por el modelo mixto logístico acumulativo.....	95
Figura 30: Número de gónadas por cada estado de madurez sexual macroscópico.....	111
Figura 31: Número de gónadas por cada estado de madurez sexual microscópico.....	112
Figura 32: Proporción de ovocitos según EMS macroscópica con respecto a la talla.....	113
Figura 33: Proporción de ovocitos con respecto a la talla según EMS observada en cortes histológicos.	114
Figura 34: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado I.	115
Figura 35: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado II.	115
Figura 36: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado III.	116
Figura 37: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado IV.	116
Figura 38: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado V.	117
Figura 39: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado VI.	117
Figura 40: Corte de gónada de alfonsino donde se observan folículos postovulatorios.	118
Figura 41: Fecundidad potencial estimada a la talla para hembras de alfonsino,.....	119

Figura 42: Curva logística para la talla de primera madurez sexual estimada para hembras de alfonsino, año 2010.....	120
--	-----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Configuración ecosonda de embarcación participante.....	133
Anexo 2: Resultados calibración ecosonda. Punta Arenas, 02 de octubre de 2010.....	137
Anexo 3: Lances de identificación realizados.....	141
Anexo 4: Planos de red tipo Casanova y pantalón, proporcionado por el taller de redes de Pescachile S.A., Punta Arenas, utilizadas en el presente proyecto).....	149
Anexo 5: Resumen Taller de difusión y discusión de resultados del proyecto FIP 2009-14 “Evaluación hidroacústica de alfonsino,año 2009”	153
Anexo 6: Personal participante por actividad.....	159

ANTECEDENTES GENERALES

La pesquería de alfonsino (*Beryx splendens*) es una de las más recientes del país, remontándose su origen a las prospecciones de aguas profundas efectuadas en 1999, inicialmente orientadas a la pesquería del orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). Las capturas de alfonsino crecen rápidamente y en el año 2004 se le declara como recurso en estado y régimen de plena explotación. El esfuerzo y captura de alfonsino se ha concentrado fundamentalmente en cuatro montes aledaños al archipiélago de Juan Fernández (JF1, JF2, JF5 y JF6), distribuyéndose a lo largo del año, pero con mayor concentración hacia las estaciones de primavera y verano; aunque sin evidencia de asociación entre captura y desove.

La historia mundial de la pesquería de alfonsino tampoco es extensa y no sobrepasa las tres décadas. De este modo, el conocimiento biológico y pesquero de la especie es limitado y se ha desarrollado, principalmente, en los últimos 20 años, sobre stocks de los océanos Índico y Atlántico. El conocimiento sobre los stock chilenos de alfonsino (*Beryx splendens*) es aún más reciente y limitado, exhibiendo una muy corta serie temporal de información biológico-pesquera (1999-2007) y de evaluaciones directas (2005-2007). Esto impone fuertes restricciones a la implementación de modelos poblacionales suficientemente realistas como para orientar adecuadamente el manejo de esta pesquería. En este contexto, las evaluaciones anuales directas del recurso cobran especial relevancia para la toma de decisiones de la autoridad pesquera en los últimos años.

En respuesta a las limitaciones existentes en el conocimiento del recurso, Chile ha venido invirtiendo en el desarrollo de nuevos conocimientos relacionados con la evaluación de estrategias de manejo para esta pesquería (FIP 2004-42), al conocimiento de su biología (FIP 2006-42), de sus propiedades acústicas y fuerza de blanco (FIP 2005-13) y de su distribución y abundancia (FIP 2005-13, FIP 2006-09, PI Res. Ex. 2937 y 3164/2007). Continuando con esta serie de esfuerzos de investigación, el Consejo de Investigación Pesquera ha decidido encomendar, como parte del programa de investigación pesquera del año 2009, una cuarta evaluación hidroacústica del recurso en sus principales áreas de explotación adyacentes a la zona de Juan Fernández.

La evidencia de desove en Chile sugiere que éste se prolongaría por varias semanas en el período invernal y podría ocurrir en la propia zona de Juan Fernández (Guerrero & Arana 2009). Aunque se ha postulado un posible ciclo migratorio oceánico-costero, tal hipótesis no cuenta con suficiente evidencia y permanecen dudas acerca de la movilidad del stock y de la fracción del mismo que se hace disponible a la pesquería y detectable a la hidroacústica en la zona de Juan Fernández. De cualquier modo, en los

últimos años se ha optado por estandarizar la fecha y área geográfica de evaluación de alfonsino, la que se ha venido realizando en octubre de cada año y se ha concentrado en los montes denominados JF1, JF2 y JF6. El período primaveral coincide con cierto aumento relativo de los rendimientos comerciales, observado en algunos años y podría corresponder a un período de agregación pre-reproductiva. Adicionalmente, se ha avanzado en la estandarización de otros aspectos metodológicos de importancia, tales como el periodo del día (aurora-ocaso) y los procedimientos de corrección de sesgos y errores necesarios de aplicar, tanto en el análisis de los datos hidroacústicos como pesqueros.

Los métodos empleados en Chile para la evaluación hidroacústica de esta especie han sido desarrollados a partir de evaluaciones de recursos de profundidad, realizadas utilizando transductores montados en el casco de naves pesqueras en Nueva Zelanda (Hampton & Soule 2002), Australia (Kloser et al. 2002; Honkalehto & Ryan 2003) y en aguas internacionales del Océano Índico (Roa-Ureta & Niklitschek 2007). El presente informe contiene los estimados de abundancia y biomasa obtenidos para el recurso alfonsino, durante la temporada de primavera de 2010. Esta evaluación constituye el cuarto estimado para alfonsino en la zona de Juan Fernández.

OBJETIVOS

Objetivo general

Estimar la distribución, abundancia y biomasa de alfonsino (*Beryx splendens*) en sus principales áreas de concentración en aguas nacionales, por métodos hidroacústicos.

Objetivos específicos

Objetivo 1: Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de alfonsino, en sus principales áreas de pesca en el Archipiélago de Juan Fernández, montes JF1, JF2 y JF5 - JF6, durante primavera.

Objetivo 2: Estimar la composición de tallas, relación longitud-peso y proporción sexual de las agregaciones de alfonsino presentes en cada una de las áreas o caladeros estudiados, durante el período de evaluación hidroacústica.

- Objetivo 3: Caracterizar la composición de la captura incidental pelágica, demersal y bentónica, y su relación con variables abióticas como topografía, batimetría, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.
- Objetivo 4: Estimar el patrón de selectividad relativa de las redes empleadas para la captura comercial y la evaluación científica de alfonsino en Juan Fernández.
- Objetivo 5: Determinar la fecundidad parcial y total a la talla, y la talla de madurez sexual al 50%.

METODOLOGÍA GENERAL

1.1. Consideraciones

El diseño metodológico general del presente estudio se basa en los métodos aplicados en cruceros similares de evaluación hidroacústica de alfonsino en Chile en los años 2005, 2006 y 2007 (Niklitschek et al. 2007a; Niklitschek et al. 2007b; Niklitschek et al. 2008). A partir de la experiencia acumulada, se buscó optimizar el uso de los recursos disponibles, incrementando la precisión y reduciendo el sesgo de los estimados de abundancia y biomasa de alfonsino.

1.2. Área y período de estudio.

El área de estudio correspondió a las principales zonas de concentración de alfonsino en los montes submarinos JF1, JF1.1, JF2, JF5 y JF6 (Figura 1). El estrato batimétrico del estudio correspondió al intervalo 200-600 m, donde se ha reportado la mayor concentración del recurso en años anteriores (Niklitschek et al. 2007b). Las zonas fueron definidas de acuerdo a la importancia relativa para la pesquería de este recurso, en consistencia con las bases del presente llamado y con las áreas consideradas en 2006 (Niklitschek et al. 2007b) y 2007 (Niklitschek et al. 2008). El área total de estudio e inferencia fue estimada *ex-ante* a partir de la base batimétrica disponible en la Universidad Austral de Chile (interpolación por kriging lineal en Global Mapper 9.0(c) y equivalente a una superficie total de 554 km² (Tabla 1).

La realización efectiva de los cruceros siguió lo programado en la oferta técnica, ajustándose a las limitaciones operacionales e imprevistos propios de la operación mar afuera. Las

prospecciones hidroacústicas fueron efectuadas a bordo del PAM Cote Saint Jacques en tres mareas consecutivas con una duración total de 49 días (Tabla 2) entre el 11 de octubre y el 24 de noviembre de 2010.

Al igual que en las evaluaciones anteriores, el muestreo sólo incluyó observaciones hidroacústicas efectuadas de día (7:00 a 19:00 hrs), con excepción de una prospección efectuada en el monte JF1.1 entre las 19:00 y las 21:00 hrs.

Tabla 1: Vértices y superficies de las áreas de estudio.

Monte	Latitud mínima	Latitud máxima	Longitud máxima	Longitud mínima	Área (km ²)
JF1	33° 33,00'	33° 45,60'	78° 39,00'	78° 20,40'	373
JF1.1	33° 45,00'	33° 46,80'	78° 44,40'	78° 42,60'	11
JF2	33° 26,40'	33° 39,60'	77° 48,00'	77° 37,80'	142
JF5	33° 42,60'	33° 45,00'	79° 39,60'	79° 35,40'	3
JF6	33° 42,60'	33° 44,40'	79° 55,20'	79° 50,40'	27

- I. Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de alfonsino, en sus principales áreas de pesca en el Archipiélago de Juan Fernández, montes JF1, JF2 y JF5 - JF6, durante primavera (Objetivo 1).

1. INTRODUCCIÓN

Alfonsino (*Beryx splendens*) es una especie bento-pelágica de amplia distribución en aguas templadas y tropicales de los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Se distribuye en un amplio rango batimétrico con mayores concentraciones entre 200 y 800 m, pero con registros extremos entre 25 y 1300 m de profundidad (Guerrero & Arana 2009). En Chile, el alfonsino es una especie que ha sido poco estudiada, habita de preferencia los montes submarinos cercanos al Archipiélago de Juan Fernández, aunque existen reportes de su presencia en las pesquerías de la zona continental desde la IV a la XII región. Niklitschek et al. (2007b; 2007a) han observado que la distribución batimétrica más frecuente en nuestro país va de los 200 a los 600 m de profundidad (Figura 2). El recurso alfonsino se encuentra declarada en estado y régimen de plena explotación desde el año 2004, año a partir del cual tanto las cuotas como las capturas han mostrado una tendencia decreciente. Para el año 2011, se ha fijado una cuota de captura de 700 ton la que contrasta con el máximo desembarque de 9.951 ton en 2003.

En Chile se han realizado tres evaluaciones anteriores de este recurso en los años 2005, 2006 y 2007. Los principales desafíos metodológicos observados en estas iniciativas dicen relación con i) el carácter gregario del recurso, cuya superficie de distribución efectiva no supera el 5% del área de estudio (Niklitschek et al. 2008), ii) su ciclo circadiano, caracterizado por una fuerte asociación al fondo durante el día que le sitúa a menudo bajo la línea de la zona ciega, seguida de migraciones nictimerales (aparentemente facultativas) hacia capas superficiales donde las agregaciones se dispersan completamente, y iii) la aparente movilidad de los cárdumenes entre zonas y montes, lo que adiciona gran variabilidad a la disponibilidad del recurso al arte de muestreo acústico.

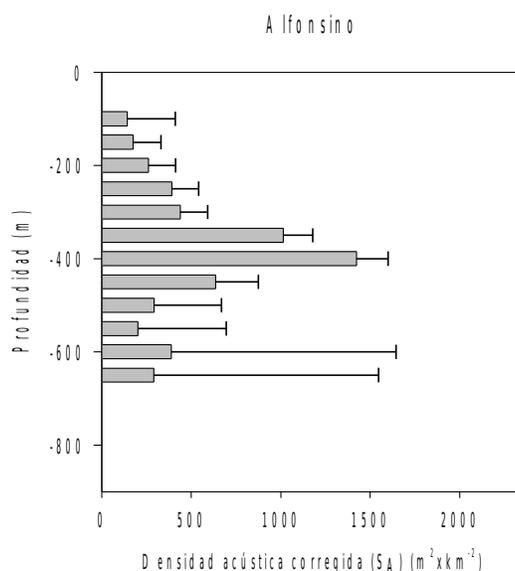


Figura 2: Densidad acústica corregida por la probabilidad de presencia del stock (s_A , $m^2 \cdot km^{-2}$), por rango de profundidad de alfonsino.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Montaje, instalación y configuración del sistema acústico

2.1.1. Embarcación y equipamiento utilizado

Los cruceros de evaluación hidroacústica de alfonsino fueron realizados en la embarcación industrial PAM Cote Saint Jacques propiedad de PescaChile S.A. La nave contó con las artes de pesca requeridas para la captura de alfonsino hasta al menos los 600 m de profundidad.

La embarcación fue equipada para el desarrollo de la investigación, cumpliendo los requisitos técnicos y operativos definidos para el estudio en la oferta técnica (eslora de 44 m, manga 12.5 m, potencia 2000 HP, hélice de inclinación variable).

Tabla 2: Montes evaluados y duración de cada marea en la evaluación de alfonsino, año 2010.

Marea	Fecha inicio	Fecha fin	Montes evaluados
1	05 de octubre	26 de octubre	JF2, JF5 y JF6
2	27 de octubre	10 de noviembre	JF1 y JF1.1
3	11 de noviembre	25 de noviembre	JF1

2.1.2. Instalación y configuración del sistema acústico

El PAM Cote Saint Jacques fue equipado para el desarrollo de la investigación con: transceptor SIMRAD EK60 (ES60 de respaldo), propiedad de la Universidad Austral de Chile (Software SIMRAD ER60 versión 2.1.2), transductor SIMRAD ES38B de 38kHz, sensores magnéticos de inclinación vertical y horizontal, sensores de profundidad, temperatura y posición de las redes de pesca. Los sistemas EK60 fueron conectados al GPS principal de la embarcación y a una red de área local, que incluyó computadores y discos duros requeridos para almacenar y post-procesar los datos acústicos. La información acústica fue registrada y post-procesada utilizando los programas computacionales Echolog¹ (versión 4.40.2.10856) y Echoview ¹ (versión 4.60.48.13167). El muestreo hidroacústico se realizó con una potencia de 2 kW y una duración (longitud) de pulso de 1,024 ms (ver detalle de configuración del ecosonda para el presente estudio en Anexo 1).

2.2. Calibración

2.2.1. Calibración embarcación

El sistema fue calibrado para la combinación de potencia transmitida y duración (longitud) del pulso empleada durante el periodo de estudio (2kW, 1,024 ms, respectivamente). Para ello se utilizó el método descrito por Foote (1982), basado en la determinación de los ajustes a la ganancia y a la señal de eointegración (s_A) necesarios para igualar las intensidades observadas y esperadas del eco producido por un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm) de fuerza de blanco conocida ($TS \approx -33,6$ dB). Este blanco fue posicionado entre 15 y 20 m bajo el transductor de la embarcación por medio de tres líneas de monofilamento, controladas por un sistema de carretes electrónicos montados sobre una base extensible en la borda del barco y comandados desde el puente de la embarcación. Para evitar la interferencia en la recepción del eco, todos los sistemas eléctricos no esenciales de la embarcación fueron apagados durante la calibración. La calibración fue efectuada *ex-ante*, el 2 de octubre de 2010 en Bahía de Punta Arenas (53° 09,36' S, 70° 50.69' W). La estimación de los parámetros de calibración (ganancia ajustada y factor de calibración del s_A) fue realizado de manera semi-automática mediante la rutina de calibración del software ER60 proporcionado por el fabricante (detalles y resultados del ajuste en Anexo 2).

¹Echolog y Echoview son manufacturados por Sonardata Pty Inc. (Hobart, Australia, www.sonardata.com).

2.2.2. Inter-calibración

El sistema acústico de la embarcación fue inter-calibrado comparando la intensidad del eco obtenido al insonificar el fondo de un track predefinido de navegación, el que fue cubierto durante la segunda marea, a una velocidad nominal de 5 nudos, en la ruta de vuelta entre Talcahuano y Juan Fernández. Este track de calibración inter-anual tiene una profundidad de 600-800 m y una longitud de 3 mn y es el mismo que se ha utilizado desde 2005 por el grupo de trabajo en evaluaciones de recursos de aguas profundas (Tabla 3) .

Tabla 3: Transecta de calibración inter-anual utilizada en evaluaciones de alfonsino 2005-2010.

Vértice	Latitud	Longitud
1	36°14.99'S	73°36.04'W
2	36°17.97'S	73°36.12'W

2.3. Muestreo hidroacústico

El muestreo siguió un diseño semi-aleatorio estratificado (Jolly & Hampton 1990), basado en transectas aproximadamente perpendiculares a las isolíneas de profundidad, que cubrió el rango de profundidades conocidas de concentración del alfonsino (200-600 m) en el área de estudio. La evaluación hidroacústica de los montes de mayor tamaño (JF1 y JF2) se realizó por medio de ciclos adaptativos, compuestos por una cobertura global de cada monte, seguida por coberturas parciales y repetidas (2-3 repeticiones) en las zonas de mayor concentración del recurso, cuando éstas fueron identificables. La cobertura global correspondió a un conjunto de transectas en zig-zag (JF1) y transectas paralelas (JF2) separadas por una distancia promedio nominal de 1 mn (grilla gruesa). Para las coberturas parciales de las zonas de alta densidad se utilizó una matriz de transectas paralelas, con un espaciamiento promedio de 0,2 a 0,5 mn, dependiendo del tamaño de la zona de alta densidad (grilla fina). En todos los casos la distancia entre los vértices de las transectas fue definida aleatoriamente, con una distancia mínima de 0,1 mn entre ellos. Aprovechando la flexibilidad de análisis entregado por la aproximación geoestadística, las observaciones hidroacústicas obtenidas entre transectas fueron incorporadas en la base de datos utilizadas para las estimaciones de densidad y biomasa.

En los montes más pequeños, se efectuó al menos tres coberturas globales repetidas, utilizando transectas paralelas (JF6) o radiales, centradas en la cima de cada monte (JF5) de manera similar

a las zonas de mayor tamaño. La distancia entre vértices y la separación angular de las transectas, según correspondiera, fueron definidas aleatoriamente con separaciones mínimas de 0,1 mn y 5° respectivamente, los arreglos de tipo radial incluyeron un total de cuatro transectas (ocho puntas) por zona.

La meta de muestreo fue alcanzar un coeficiente de variación muestral < 25%. Para estos efectos se realizó un total de 17 ciclos adaptativos (Tabla 4), de los cuales fueron considerados como ciclos válidos aquellos que cumplieran los siguientes criterios:

- Presencia evidente de agregaciones (ecotrazos) de alfonsino en el área de estudio, definidos por una proporción mínima de 0,1%.
- Índice de corrección por pérdida de ecos < 25%.
- Índice de corrección por movimiento del transductor < 35%.

A partir de pruebas de “ruido” realizadas en la embarcación, se determinó un rango óptimo de velocidad de muestreo entre 5,5 y 8,0 nudos, el que fue ajustado de acuerdo a las condiciones de tiempo imperantes en cada prospección.

Tabla 4: Número de ciclos adaptativos usados en la estimación de biomasa de alfonsino según monte.

Monte	Nº total de ciclos adaptativos
JF1	5
JF1.1	2
JF2	3
JF5	4
JF6	3
Total	17

2.3.1. Composición de especies en los ecotrazos

Alfonsino se caracteriza por formar cardúmenes que, en la práctica, pueden ser asumidos como mono-específicos (Boyer et al. 2004; Niklitschek et al. 2005; Niklitschek et al. 2007a; Niklitschek et al. 2007b). La experiencia en terreno y la información obtenida de los patrones de pesca, indican que de las especies presentes en el área y profundidad de interés de este estudio, sólo alfonsino (*B. splendens*), orange roughy (*H. atlanticus*), pejerrey de Juan Fernández (*Emmelichtys nitidus*) y chancharro de Juan Fernández (*Sebastes oculatus*) formarían

cardúmenes reconocibles como ecotrazos discretos. De esta manera, desde el punto de vista de la estimación de biomasa, el problema principal se centra en identificar si los ecotrazos analizados corresponden efectivamente a alfonsino o a alguna de las tres especies restantes. La discriminación entre cardúmenes de alfonsino y orange roughy puede ser alcanzada con niveles razonables de precisión atendiendo a su forma, intensidad, posición relativa respecto a la pendiente de los montes y profundidad del fondo al que se encuentran asociados (Niklitschek & Cornejo 2005). Sin embargo, en ocasiones, se asemejan en tamaño, forma, posición batimétrica e intensidad de eco, lo que lleva a una considerable incerteza en la discriminación remota de ecotrazos, especialmente entre los 450 y 650 m de profundidad; los cardúmenes de pejerrey y chancharro de Juan Fernández presentan una forma y altura suficientemente distintas de las de alfonsino y orange roughy. Aunque esta información aún no ha sido sistematizada, se considera que el juicio experto permite la identificación con un nivel aceptable de certeza. Para fines de juicio experto se contó con el apoyo de un capitán altamente experimentado y del mismo personal experto responsable del post-proceso de los evaluaciones anteriores de este recurso.

Los lances de identificación que fueron la fuente primaria de reconocimiento de especies, se ajustaron a la capacidad operacional (captura y proceso) del barco, donde, en general, se muestreó todas las agregaciones ubicadas en áreas susceptibles de arrastre con el arte de pesca disponible. Se consideró positivamente identificados todos aquellos ecotrazos asociados a lances dominados por alfonsino, efectuados dentro de las 12 hrs anteriores o posteriores a la observación hidroacústica, a una distancia < 500 m del ecotrazo. Los ecotrazos que no cumplieron tales condiciones fueron clasificados por juicio experto (jefe de crucero, patrón de pesca, personal entrenado) a partir de su apariencia (hidroacústica) y profundidad. Así, el conjunto de ecotrazos observados fue desagregado en las siguientes categorías (códigos):

- Alfonsino confirmado por proximidad (32)
- Posible alfonsino (32.1)
- Incierto alfonsino (32.2)
- Otros: otras especies, lóbulo lateral, rocas (-9999)

Para ecotrazos clasificados como 32, se asumió una composición mono-específica de alfonsino. Los ecotrazos cuya probabilidad de corresponder a alfonsino fue alta, pero no fue posible identificar mediante lances (código 32.1), se le aplicó el modelo probabilístico de Niklitschek et al. (2007a), estimando así la proporción de alfonsino en cada ecotrazo, definida por la relación

$$p(\text{ALF}) = 1 - \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot z)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot z)}}$$

donde,

$p(\text{ALF})$: probabilidad de corresponder a alfonsino

z : profundidad media del ecotrazo

β_0 : $-16,54 \pm 0,034$ (EE)

β_1 : $5,196 \pm 0,0081$ (EE)

2.3.2. Ecointegración

Los ecotrazos fueron identificados mediante la inspección visual de los ecogramas y luego integrados individualmente en intervalos de 50 m (intervalos básicos de muestreo), utilizando las siguientes relaciones:

i. *Coefficiente volumétrico de retro-dispersión por pulso transmitido*

$$s_V = P_r + 20 \cdot \log r + 2\alpha r - 10 \cdot \log \left(\frac{P_t \cdot G_0^2 \cdot r_0^2 \cdot \lambda^2 \cdot c \cdot \tau \cdot \Psi}{32 \pi^2} \right) - 2 \cdot fcea_{bt} \text{ dB re } 1 \text{ m}^{-1}$$

donde,

P_r : Potencia recibida (dB re 1 W)

r : Rango (m)

α : Coeficiente de absorción (dB·m⁻¹)

P_t : Potencia transmitida (W)

G_0 : Constante del ecosonda (sin dimensión)

r_0 : Rango de referencia (m).

λ : Longitud de onda (m)

c : Velocidad del sonido (m·s⁻¹)

τ : Duración del pulso (s)

Ψ : Ángulo equivalente dos vías (esteradianes)

$fcea_{bt}$: Factor de calibración ex-ante del barco b , en el período t (dB re 1 m-1)

ii. *Coeficiente de dispersión por unidad de área náutica en el intervalo k*

$$s_{A(k)} = \sum_{l=1}^n [4 \cdot \pi \cdot 1.852^2 \cdot 10^{\frac{s_{V(m,k)}}{10}} \cdot H_{(m,k)} \cdot fcl_m \cdot fci_m \cdot fcs_m] \cdot fdz_k \cdot fcp_k \cdot fce_{bt} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2})$$

donde,

n : número de eco-regiones contenidas en el intervalo k .

$s_{V(m,k)}$: promedio del S_V correspondiente a la sección de la eco-región m contenida en el intervalo k .

$H_{(m,k)}$: altura de la eco-región m contenida en el intervalo k .

fcl_m : factor de corrección por la atenuación del eco causada por el movimiento oscilatorio del transductor, estimado para la eco-región m .

fci_m : factor de corrección para el eco incidental asociado a la eco-región m .

fcs_m : factor de corrección asociado a la diferencia entre la absorción nominal y calculada del sonido para la eco-región m .

fdz_k : factor de corrección correspondiente a la fracción del ecotrazooculta en la zona ciega del intervalo k .

fcp_k : factor de corrección correspondiente a la proporción de pulsos emitidos y no recepcionados o considerados defectuosos en el intervalo k .

fce_{bt} : factor de corrección asociado a la calibración del equipo montado en el barco b , durante el período t .

2.4. Protocolo de post-proceso

El post-proceso de los datos acústicos de alfonso se realizó siguiendo un protocolo estandarizado de trabajo, que incluyó la delineación automatizada de ecotrazos, empleando el algoritmo de Barange (1994) implementado en el módulo SHAPES de Echoview© (Tabla 5).

2.5. Control y corrección de fuentes conocidas de sesgo

Siguiendo un proceso equivalente al empleado en evaluaciones anteriores de este mismo recurso (Niklitschek et al. 2007a; Niklitschek et al. 2007b; Niklitschek et al. 2008), se aplicó los siguientes factores de corrección (Tabla 6).

2.5.1. Calibración de los equipos

Según el procedimiento descrito en punto 3.3.3.

Tabla 5: Protocolo de post-proceso utilizado, años 2005 a 2008 y presente estudio.

Parámetro	Valores
Estrato batimétrico de ecointegración (m)	200 – 600
Intervalo básico de muestreo (m)	50
Filtro Sv para delineación de ecotrazos (dB)	-65
Filtro Sv para ecointegración (dB)	-75
Configuración módulo SHAPES para delineación automática de ecotrazos	
Longitud mínima total (m)	20
Altura mínima total (m)	5
Longitud mínima del ecotrazo candidato (m)	5
Altura mínima del ecotrazo candidato (m)	2
Máxima distancia de enlace vertical (m)	5
Máxima distancia de enlace horizontal (m)	20

Tabla 6: Valor promedio de los factores de corrección aplicados según fuente de sesgo considerada.

Zona	Factor de Corrección			
	Movimiento del transductor	Zona ciega	Coefficiente de absorción*	Eco incidental
JF1	1	1.427	0,972	0.983
JF1.1	1	1.397	0,964	0.969
JF2	1	1.051	0,961	0.894
JF6	1	1.032	0,875	0.921

2.5.2. Atenuación de la señal como consecuencia del movimiento del transductor

La pérdida de energía de la señal acústica como resultado del cambio en la orientación del transductor entre las fases de emisión y recepción (Simmonds & MacLennan 2005) puede inducir tanto al sesgo sistemático (sub-estimación) como a la incorporación indeseada de una fuente adicional de variabilidad dentro y entre prospecciones. Para estimar y corregir este efecto se montó en el puente de la embarcación un compás digital Honeywell HMR2000, cuya señal de cabeceo y roleo fue registrada de manera semi-continua, a una tasa de 180 muestras por minuto (software PC Demo Interface, versión 2.03). Lamentablemente, una falla o interferencia magnética de origen desconocido afectó gravemente el funcionamiento de este equipo, inutilizando los datos recopilados. Por este motivo, se procedió a utilizar el promedio del factor de corrección estimado para cada zona evaluada en 2007.

2.5.3. Pulsos perdidos y defectuosos

Los pulsos perdidos y las espigas de alta intensidad (ruido) derivados de burbujeo y/o interferencia² fueron eliminados semi-automáticamente del ecograma, excluyendo aquellos pulsos i cuya señal de fondo (0-15 m desde la línea de fondo) presentara un $S_{V_i}^-$ inferior al percentil 10 de la distribución de todos los $S_{V_i}^-$ observados en el respectivo ecograma.

²En general asociados a malas condiciones climáticas.

Esta exclusión fue efectuada utilizando el módulo de ecogramas virtuales de Echoview©, aquellos pulsos defectuosos que persistieron fueron extraídos manualmente del ecograma. Asumiendo que el eco dispersado en estos pulsos es igual al promedio de los restantes pulsos de la región integrada, se estimó el factor de corrección fcp_k utilizando la relación:

$$fcp_k = \frac{n_k + bp_k}{n_k}$$

donde,

n_k : Total de pulsos emitidos sobre la región k

bp_k : Número de pulsos no recepcionados o defectuosos

2.5.4. Eco incidental

El eco dispersado por los organismos nectónicos presentes en la columna de agua (eco incidental), fue estimado para cada ecotrazo de alfonsino, integrando el eco retro-dispersado por una celda inmediatamente contigua, de igual altura a la altura media del ecotrazo analizado y de un largo de 10 pulsos hidroacústicos. Asumiendo igual concentración de organismos nectónicos dentro y fuera de cada agregación, el factor de corrección por eco incidental fue calculado para la eco-región m como,

$$fci_m = \frac{S_{A_m} - S_{A_{i,m}}}{S_{A_m}}$$

donde,

S_{A_m} : Intensidad promedio no corregida del eco retrodispersado por la eco-región m

$S_{A_{i,m}}$: Intensidad promedio del eco retrodispersado por la celda de referencia, adyacente a la eco-región m

2.5.5. Absorción del sonido

Esta corrección fue aplicada para reducir el sesgo originado por la diferencia entre el coeficiente de absorción pre-definido en el econtegrador (α_{set}) y el coeficiente estimado α_t a partir de la temperatura y salinidad medidas *in situ* y la profundidad media de cada marca (z_m), siguiendo la expresión:

$$fca_m = 10^{(\alpha_t - \alpha_{set}) \cdot 2z_m}$$

donde (Doonan et al. 2003),

$$\alpha = \frac{A_2 \cdot P_2 \cdot f_2 \cdot f^2}{c(f_2^2 + f^2)} + A_3 \cdot P_3 \cdot f^2$$

$$A_2 = 22,19 \cdot S(1 + 0,017 \cdot T)$$

S : Salinidad (PSU)

T : Temperatura (°C)

$$P_2 = e^{-1,76 \cdot 10^{-4} \cdot z_m}$$

$$f_2 = 1,8 \cdot 10^7 \cdot e^{\frac{-1518}{(T+273,1)}}$$

f : Frecuencia (kHz)

$$A_3 = 4,937 \cdot 10^{-4} - 2,59 \cdot 10^{-5} \cdot T + 9,11 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 - 1,5 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$$

$$P_3 = 1 - 3,83 \cdot 10^{-5} \cdot z_m + 4,9 \cdot 10^{-10} \cdot z_m^2$$

Para estos efectos se utilizó los promedios de temperatura y salinidad del conjunto de lances del perfilador CTD efectuados en el respectivo monte, la media fue obtenida en intervalos de 1 m de profundidad.

2.5.6. Zona ciega

La altura de la zona ciega (IDZ_k), para cada intervalo de muestreo k , fue calculada a partir de la expresión de Barr (2001), donde:

$$IDZ_k = (1,2 + 0,16 \eta^2) z x 10^{-3} + c \cdot \tau / 4$$

donde,

η : Ángulo de incidencia del haz acústico sobre el fondo (grados)

z : Profundidad media del fondo en el intervalo (m)

c : Velocidad del sonido ($m \cdot s^{-1}$)

τ : Duración del pulso (s)

La densidad del alfonsino en la zona ciega fue asumida igual a la densidad de la agregación en los 10m inmediatamente superiores, calculándose el factor de corrección en la forma:

$$fdz_k = \frac{\bar{S}_{A(10,k)}}{10} \cdot IDZ_k$$

donde,

$\bar{s}_A(10,k)$: s_A media estimada para los últimos 10 m de la región k

2.6. Estimación de abundancia

La abundancia se estimó utilizando el método geoestadístico basado en máxima verosimilitud desarrollado por Roa-Ureta & Niklitschek (2007). Este método corresponde a una extensión geoestadística de la aproximación de Aitchison (1955) y Pennington (1983), donde la totalidad de las observaciones nulas son empleadas para el ajuste de un modelo binomial, espacialmente explícito, de presencia/ausencia, mientras que el subset de observaciones positivas ($s_A > 0$) fue tratado separadamente para estimar la media condicional de la variable respuesta en aquellas áreas donde se encontró presente el stock. Este método comprende los siguientes pasos analíticos:

- i. Estimación de la proporción del área ocupada por el stock en cada región k (\hat{p})
- ii. Estimación de la media condicional del coeficiente de dispersión acústica por unidad de área en cada región k (\hat{s}_A).
- iii. Estimación de la densidad media condicional \hat{d}_N .
- iv. Estimación del área de distribución efectiva del stock ($\hat{\alpha}_s$)
- v. Estimación de índices de abundancia relativa ($\hat{\phi}$) y absoluta (\hat{N}).

Las estimaciones correspondientes a los pasos i. y ii. se basaron en la modelación geoestadística de la correlación espacial existente a lo largo de ejes latitudinal y longitudinal, tanto de la variable continua s_A (condicional a $s_A > 0$) como de la variable dicotómica presencia/ausencia del stock. Para tales efectos, se asumió estacionaridad de segundo orden, es decir: i) un valor esperado de la variable respuesta (\hat{z}) igual para todas las locaciones (x, y), y ii) valores idénticos de covarianza para todos los pares equidistantes ($\hat{z}_{t_{i+h}}, \hat{z}_{t_i}$). La variabilidad media observada para cada sub-conjunto de observaciones dispuestas a una misma distancia h se ajustó por máxima verosimilitud, asumiendo un modelo de correlación espacial de tipo gaussiano (Whittle 1954).

2.6.1. Proporción del área de estudio ocupada por el stock (\hat{p})

El parámetro \hat{p} fue estimado mediante un modelo lineal generalizado mixto (Searle 1987) de tipo espacial, definiendo la variable observada $I=1$ cuando $s_A>0$, e $I=0$ cuando $s_A=0$. El valor de la variable dependiente Y , ligada a la variable I (presencia/ausencia del recurso objetivo en cada intervalo básico de muestreo) a través de una función logit, fue modelada como,

$$Y = S\beta + T\gamma + \epsilon$$

donde,

- S : Matriz de efectos fijos, que en el presente análisis es un escalar igual a 1
- β : Vector de parámetros de los efectos fijos que, en este caso, es una constante que llamamos β_0
- T : Dupla (x,y) que representa las coordenadas de cada localidad
- γ : Vector de parámetros que representan el modelo espacial a ser ajustado en conjunto con β_0 , de media 0 y varianza **G**
- ϵ : Vector de errores aleatorios, de media 0 y varianza **H**

La matriz **G** fue modelada asumiendo una estructura espacial de tipo gaussiana, mientras que para la matriz **H** se asumió una distribución binomial. El valor esperado de Y , $E(Y)$ fue definido como:

$$E(Y) = \beta_0 = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

Mientras que el estimado de máxima verosimilitud de p (\hat{p}), fue obtenido mediante la ecuación,

$$\hat{p} = \frac{e^{\hat{\beta}_0}}{1 + e^{\hat{\beta}_0}}$$

La varianza de \hat{p} fue aproximada por series de Taylor a partir de la varianza del estimado de β_0 ($V(\beta_0)$), de acuerdo a la relación,

$$V(\hat{p}) = \left(\frac{e^{\hat{\beta}_0}}{(1 + e^{\hat{\beta}_0})^2} \right)^2 V(\hat{\beta}_0)$$

2.6.2. Media condicional del coeficiente de dispersión acústica por unidad de área (\hat{s}_A)

Para la estimación de la media geo-estadística de este coeficiente, se utilizó una distribución log-gamma de los errores que, de acuerdo a la experiencia de los ejecutores, se ajusta razonablemente bien a datos hidroacústicos y evita sesgos de sub-estimación propios de la distribución log-normal. Esta aproximación implicó transformar logarítmicamente la variable respuesta, por lo que fue necesario retro-transformar a unidades naturales la media y varianza estimadas por el modelo. Para ello, se aplicó un procedimiento Montecarlo (5.000 iteraciones) aplicando la función de enlace inverso (exponencial) a los valores obtenidos desde la función de distribución de probabilidad normal con media y desviación estándar iguales a las estimadas por el modelo geo-estadístico para la variable transformada.

2.6.3. Densidad media condicional de la especie objetivo \hat{d}_N

$$\hat{d}_N = \frac{\hat{s}_{A_{obj}}}{1,852^2 \cdot \hat{\sigma}_{obj}} \text{ (ind} \cdot \text{km}^{-2}\text{)}$$

2.6.4. Índice de abundancia relativa de la especie objetivo en el estrato o región s

Siguiendo la serie 2005-2007, se obtuvo un índice acústico de abundancia relativa, que es independiente de las incertidumbres y sesgos asociados a las estimaciones de TS, talla y peso medio. Este índice corresponde al producto entre el coeficiente medio de dispersión acústica (\hat{s}_A) y el área efectiva de distribución del recurso-objetivo en la zona s ($\hat{\alpha}_s$), es decir,

$$\hat{\phi}_s = \frac{\hat{s}_A \cdot \hat{\alpha}_s}{1,852^2} \text{ (m}^2\text{)}$$

2.6.5. Varianza muestral de la abundancia relativa

Fue calculada por series de Taylor, considerando que las estimaciones de \hat{s}_A y $\hat{\alpha}$ son independientes por construcción. De esta manera:

$$V(\hat{\phi}_s) = \frac{\alpha_s^2 \cdot V(\hat{s}_A) + s_A^2 \cdot V(\hat{\alpha}_s)}{1,852^4} \text{ (m}^4\text{)}$$

2.6.6. Índice de abundancia total de la especie objetivo en el estrato o zona s

La abundancia total por área estudiada fue obtenida multiplicando la densidad media condicional (\hat{d}_N) por el área efectiva de distribución del recurso objetivo en cada zona s de interés ($\hat{\alpha}_s$), es decir,

$$\hat{N}_{obj} = \hat{d}_N \cdot \hat{\alpha}_s \quad (10^6 \text{ individuos})$$

2.6.7. Varianza muestral del índice de abundancia total

Fue calculada mediante series de Taylor, considerando que las estimaciones de \hat{d}_N y $\hat{\alpha}_s$ son independientes por construcción. De esta manera:

$$V(\hat{N}) = \hat{\alpha}_s^2 \cdot V(\hat{d}_N) + \hat{d}_N^2 \cdot V(\hat{\alpha}_s) \quad (10^{12} \text{ individuos})$$

2.6.8. Área ocupada por la especie objetivo en el estrato s

Se estimó como el producto entre la superficie total de área de inferencia (A_s) y la probabilidad $p_s(s_A > 0)$ de observar un ecotrazo asignado a la especie objetivo en un punto cualquiera (x, y) dentro de A_s . De esta manera, el área de interés $\hat{\alpha}_s$ fue definida por:

$$\hat{\alpha}_s = \hat{p}_s \cdot A_s \quad (\text{km}^2)$$

cuya varianza de estimación, fue estimada a partir de la varianza de \hat{p} , siguiendo la ecuación:

$$V(\hat{\alpha}) = A^2 \cdot V(\hat{p}) \quad (\text{km}^4)$$

2.7. Estimación del índice de biomasa total

2.7.1. Índice de biomasa estimado para alfonsino en cada zona m

$$\hat{B} = \hat{N} \cdot \hat{w} \quad (\text{ton})$$

donde,

\hat{w} : Promedio ponderado del peso de alfonsino

2.7.2. Varianza muestral del índice de biomasa estimado para la especie objetivo en cada zona m

$$V(\hat{B}) = [V(\hat{w}) \cdot \hat{N}^2 + \hat{w}^2 \cdot V(\hat{N}) - V(\hat{w}) \cdot V(\hat{N})] \quad (\text{ton}^2)$$

2.7.3. Fuerza de blanco (TS)

Para el cálculo de la TS de alfonsino, se utilizó la relación de fuerza de blanco desarrollada en el proyecto FIP 2005-13 (Niklitschek et al. 2007a) definida por la ecuación:

$$TS = 20 \log(LE) - 67,74 \text{ (dB)}$$

Para alfonsino, las medias de la longitud estándar log-transformada y del peso individual fueron resueltas a nivel de monte, combinando sexos y lances, excluyendo los datos obtenidos de los lances sin cubrecopo interno (Tabla 7).

Tabla 7: Valores estimados y errores estándar de parámetros de campo usados para el cálculo de varianza de los estimados de biomasa y abundancia de alfonsino año 2010. El número de dígitos significantes excede la precisión de los estimados para facilitar consistencia numérica. Valores corregidos por selectividad.

Parámetro	Zona	Valor estimado	Error estándar
\log_{10} talla promedio (cm)	JF1	1.416	0.0074
	JF1.1	1.468	0.0067
	JF2	1.368	0.007
	JF6	1.314	0.0367
Peso promedio (g)	JF1	442	36
	JF1.1	618	34
	JF2	385	35
	JF6	197	60

3. RESULTADOS

3.1. Abundancia y biomasa de alfonsino, año 2010

3.1.1. Abundancia y biomasa total

El área estimada de distribución efectiva del stock de alfonsino presente en el área y periodo de estudio alcanzó a 18,8 km², equivalente al 3,4% de los 554 km² prospectados. La media condicional del coeficiente de dispersión por unidad de área (\hat{S}_A) fue estimada para toda la zona de estudio en 4901 m²·mn⁻² ± 1051 (EE). La abundancia relativa indexada por el coeficiente de

dispersión total ($\hat{\phi}$) alcanzó a $26807 \text{ m}^2 \pm 6761$ (EE) (Tabla 8). Utilizando la relación de fuerza de blanco de Niklitschek et al. (2007a) se estimó un índice de abundancia de $23,1 \times 10^6$ individuos $\pm 5,5 \times 10^6$ (EE) para toda el área de estudio, equivalente a un índice de biomasa total de $7743 \text{ ton} \pm 2223$ (EE) y un coeficiente de variación de 0,29 (Tabla 9).

3.1.2. Distribución espacial

La mayor densidad condicional fue estimada en el monte JF1, donde alcanzó a $3,0 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2} \pm 1,3$ (EE). En contraste, este mismo monte, a pesar de ser el de mayor extensión del área de estudio, presentó una de las más bajas áreas de distribución efectiva del stock ($1,9 \text{ km}^2 \pm 0,6$ EE). El monte JF2 fue el que presentó la mayor área de distribución efectiva del recurso $9,0 \text{ km}^2 \pm 5,5$ (EE), siendo casi 5 veces mayor que JF1. El monte JF1 concentró la mayor biomasa de los montes evaluados, con un índice de biomasa total de $2589 \text{ ton} \pm 1379$ (EE), equivalente a un 33% de la biomasa estimada en toda el área de estudio. La menor biomasa estimada correspondió al monte JF1.1, donde alcanzó a $1015 \text{ ton} \pm 590$ (EE), correspondiente al 13% de la biomasa total. La mayor abundancia fue estimada para JF6 en $9,9 \times 10^6 \text{ ind} \pm 2,42$ (EE) (Tabla 9). La distribución de alfonsino se encontró altamente agregada, principalmente, en torno a pequeñas elevaciones por sobre los 400 m dentro de cada monte (Figuras 3, 4 y 5). El elevado nivel de concentración y su dependencia de la topografía local fue particularmente evidente en el monte JF1 donde se encontró sólo tres agregaciones, distantes 6-10 km de cada otra (Figura 3). Habida cuenta de las diferencias de escala entre las distintas figuras, es posible notar que las agregaciones no superan los 5 km de diámetro.

La distribución batimétrica del coeficiente de dispersión acústica atribuido a alfonsino en los distintos montes evaluados (Figura 6) muestra diferencias significativas entre estos últimos. Mientras que la totalidad de las agregaciones detectadas se situó en el rango general de 150 a 450 m, los montes JF1, JF1.1 y JF2 tendieron a presentar agregaciones concentradas en estratos más superficiales (con máximos entre 200 y 300 m) que en el monte JF6, donde la mayor concentración de alfonsino fue observada en el estrato de 325-374 m (Figura 6).

Tabla 8: Área prospectada y estimados de la proporción del área ocupada por el stock, $p(s_A > 0)$, área efectiva del stock ($\hat{\alpha}$), coeficiente medio de dispersión acústica por unidad de área (\hat{s}_A) y coeficiente de dispersión total ($\hat{\phi}$) de la fracción poblacional de alfonsino presente en el área y período de estudio, año 2010. Total corresponde a sumas o medias ponderadas, según corresponda. El número de dígitos significantes excede la precisión de los estimados para facilitar la consistencia numérica.

Monte	Área prospectada (km ²)	$p(s_A > 0)$	EE $p(s_A > 0)$	$\hat{\alpha}$ (km ²)	EE ($\hat{\alpha}$)	\hat{s}_A (m ² mn ⁻²)	EE \hat{s}_A	$\hat{\phi}$ (m ²)	EE ($\hat{\phi}$)
JF1	373,3	0,005	0,0017	1,9	0,63	14900	6184	8403	4421
JF1.1	11,2	0,119	0,0656	1,3	0,74	7729	1314	2998	1736
JF2	142,3	0,063	0,0385	9	5,47	2505	596	6557	4291
JF6	27,3	0,239	0,047	6,5	1,28	4658	686	8849	2175
Total	554,1	0,034	0,0071	18,8	5,7	4901	1051	26807	6761

Tabla 9: Valores estimados de densidad numérica (\hat{d}), abundancia (\hat{N}) y biomasa (\hat{B}), correspondientes a la fracción de alfonsino presente en el Archipiélago de Juan Fernández durante el presente estudio, año 2010. El número de dígitos significantes excede la precisión de los estimados para facilitar la consistencia numérica.

Monte	Densidad (ind m ⁻²) \hat{d}	EE (\hat{d})	Abundancia ($\times 10^6$ ind) \hat{N}	EE (\hat{N})	Biomasa (ton) \hat{B}	EE (\hat{B})	CV (\hat{B})
JF1	3,03	1,256	5,9	3,08	2589	1379	0,53
JF1.1	1,23	0,21	1,6	0,95	1015	590	0,58
JF2	0,64	0,151	5,7	3,74	2200	1454	0,66
JF6	1,51	0,223	9,9	2,42	1939	760	0,39
Total	1,23	0,25	23,1	5,5	7743	2223	0,29

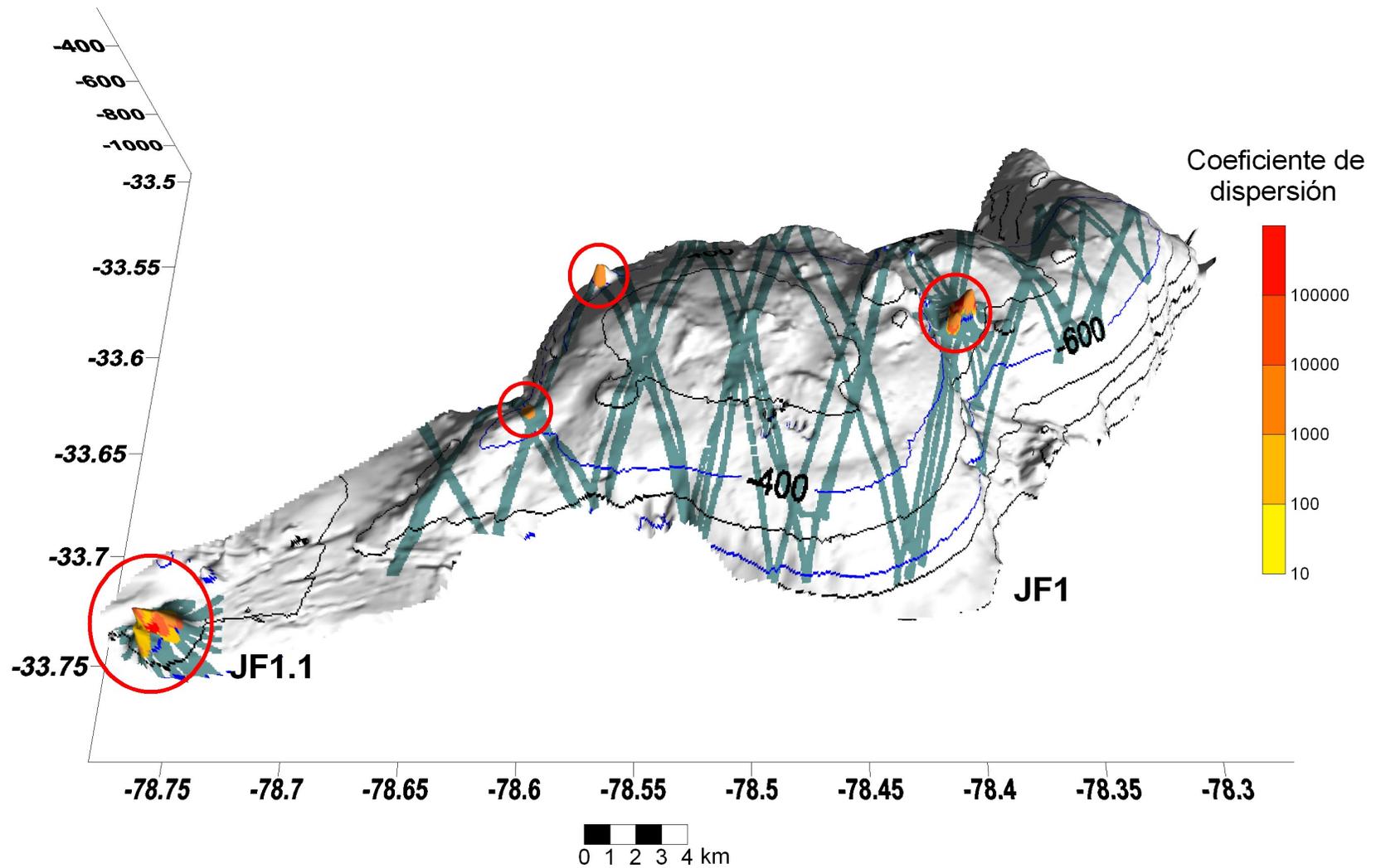


Figura 3: Mapa de distribución de densidad relativa ($m^2 \cdot mn^{-2}$) de alfonsino en el monte JF1 y JF1.1, año 2010. En verde se representan los intervalos básicos de muestreo y se destacan las isóbatas de 400 y 600 m en azul.

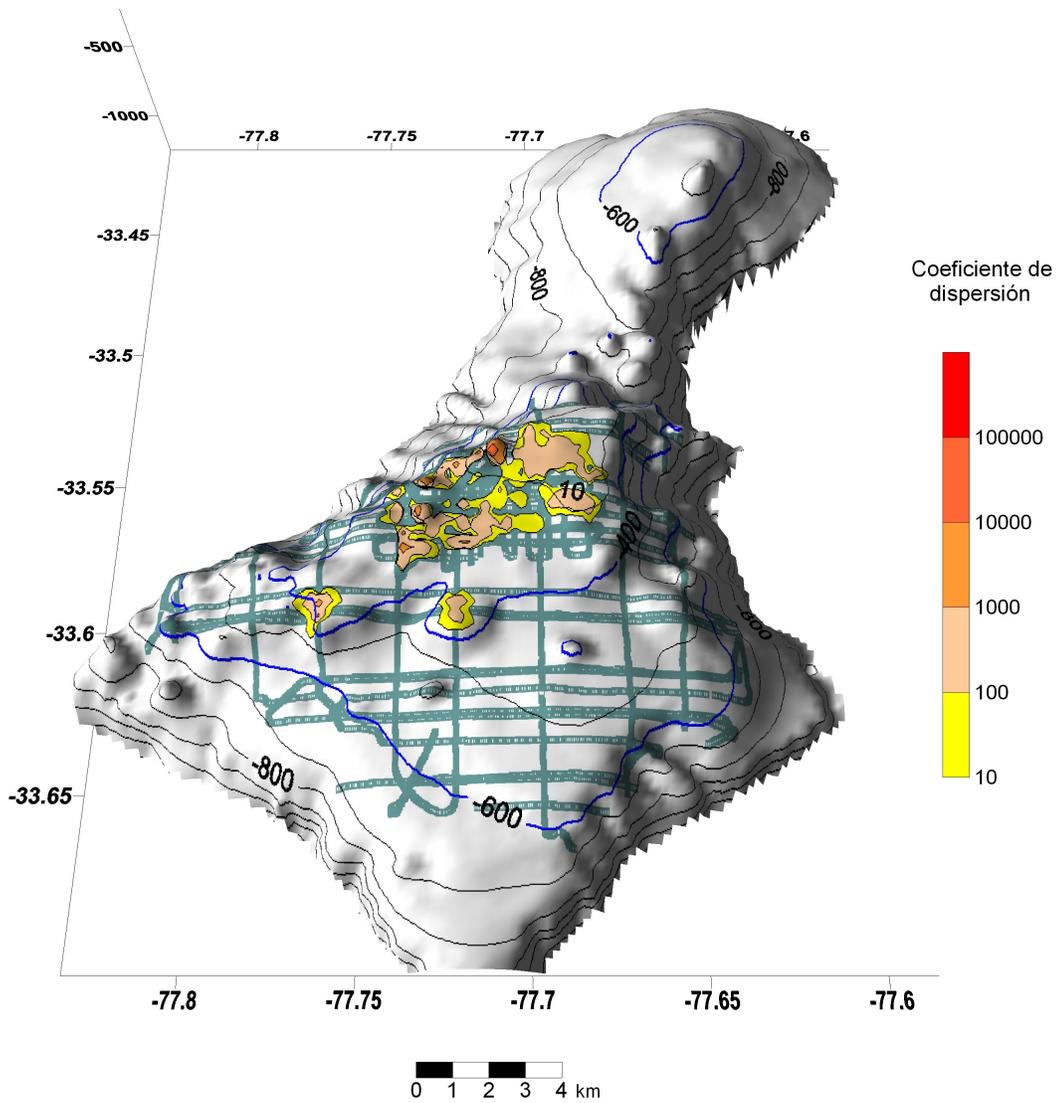


Figura 4: Mapa de distribución de densidad relativa ($m^2 \cdot mn^{-2}$) de alfonsino en el monte JF2, año 2010. En verde se representan los intervalos básicos de muestreo y se destacan las isóbatas de 400 y 600 m en azul.

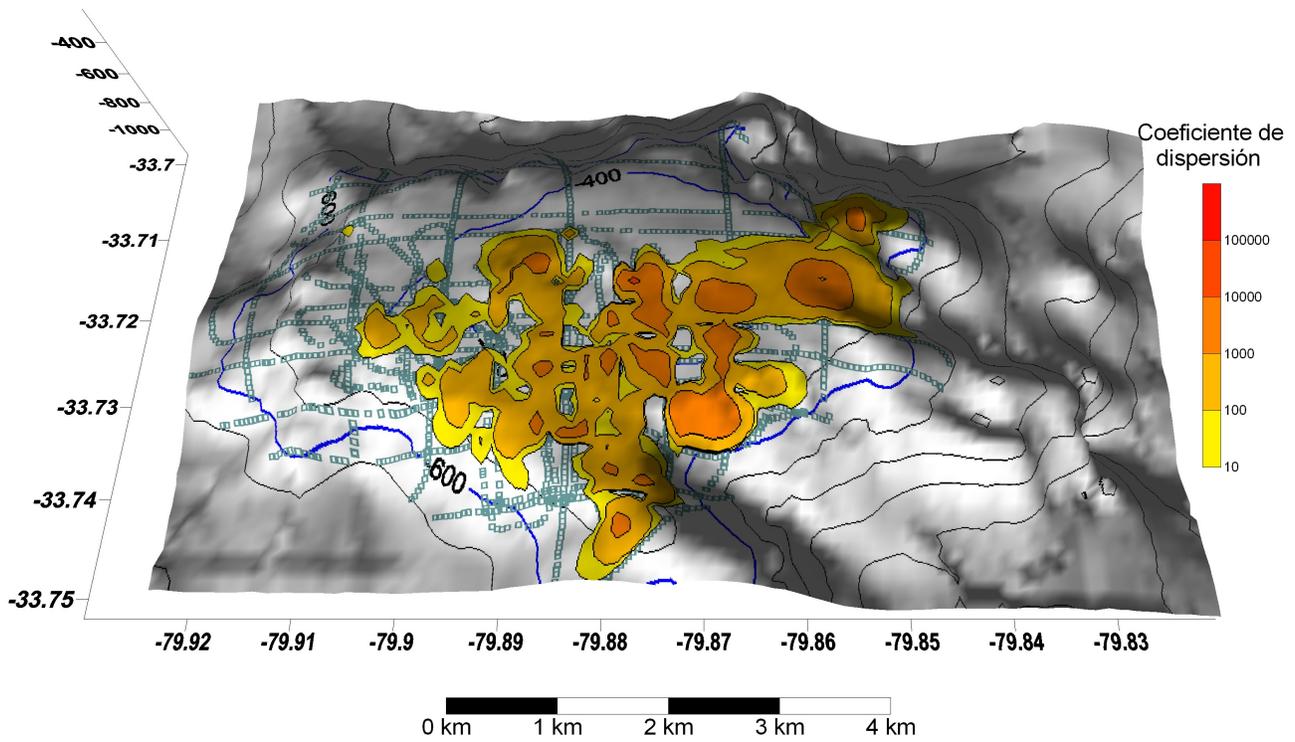


Figura 5: Mapa de distribución de densidad relativa ($m^2 \cdot mn^{-2}$) de alfonsino en el monte JF6, año 2010. En verde se representan los intervalos básicos de muestreo y se destacan las isóbatas de 400 y 600 m en azul.

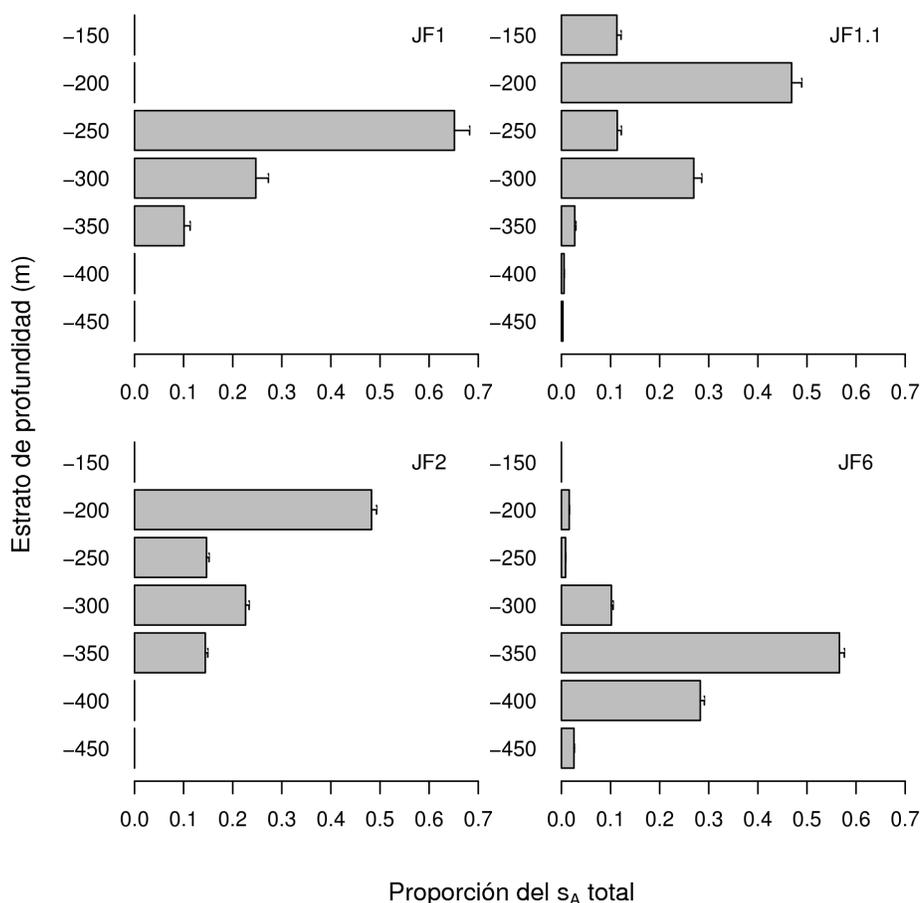


Figura 6: Distribución batimétrica del coeficiente de dispersión acústica por unidad de área (s_A , $m^2 \cdot km^{-2}$) atribuido a alfonsino en el año 2010, según monte evaluado. Valores de las ordenadas corresponden a marcas de clase de cada estrato.

4. DISCUSIÓN

El presente trabajo constituye la cuarta evaluación directa de alfonsino en Chile. Como en años anteriores, en la etapa de post-proceso el enfoque metodológico aplicado apuntó a reducir las decisiones del analista, automatizando gran parte de sus etapas. Este enfoque busca incrementar la consistencia inter-anual de los resultados, aunque sacrifica en alguna medida la aspiración de obtener estimados de abundancia o biomasa absolutos. Esto se suma a la existencia de fuentes potenciales de sesgo sistemático, como errores en la relación TS-talla, en la estimación de la fracción del stock no detectada por el arte de muestreo (zona ciega), y en la fracción del stock

disponible en el área y período de estudio. Considerando lo anterior, recomendamos evitar el uso de los índices de abundancia y biomasa del presente proyecto como índices de abundancia absoluta. Es decir, aunque los resultados de la presente evaluación se encuentran expresados en millones de individuos o toneladas de biomasa, ellos corresponden a proporciones ($q \leq 1$) del número absoluto de individuos o de la biomasa del stock estudiado, respectivamente (Hilborn & Walters 1992).

Al comparar los resultados del presente informe con los obtenidos en años anteriores, se observan diferencias sustantivas entre las tendencias correspondientes a los índices de abundancia y de biomasa. Los índices de abundancia relativa, abundancia absoluta y biomasa fueron significativamente menores que en la evaluación de 2007, con valores que correspondieron, respectivamente, a sólo un 49, 61 y 31 % de los índices estimados en ese año (Tabla 10).

La aparente inconsistencia entre la magnitud de los cambios obtenidos para los índices de abundancia total y los índices de abundancia relativa y biomasa se explica, esencialmente, por el cambio significativo en la composición de tallas de la población (Figuras 7 a 10). En general, la distribución de tallas se desplaza fuertemente hacia la izquierda en el año 2010, donde se observa una ausencia casi completa de tallas superiores a 34 cm. Aunque las estimaciones de talla mediana de primera madurez del stock de alfonsino en Chile presentan aún niveles importantes de incertidumbre (Roa-Ureta et al. 2008; Guerrero & Arana 2009), es evidente que la casi totalidad de la fracción del stock de alfonsino presente en el área y período de estudio correspondió a individuos juveniles, lo que representa uno de los resultados más preocupantes del presente estudio.

Aceptando el índice de biomasa total como un estimador de la abundancia absoluta del stock disponible, es posible constatar una diferencia de 17.200 ton, respecto al año 2007, y de 12.700 ton, respecto del promedio 2005-2007. Estas diferencias exceden notablemente la pesca acumulada en el período (6.378 ton) y obligan a plantear hipótesis complementarias que puedan explicar la fracción de los cambios no explicable por los efectos directos de la mortalidad por pesca. Aunque la posibilidad de errores de estimación de los indicadores o sus varianzas no puede ser descartada, las diferencias interanuales encontradas son consistentes con la tendencia observada en los rendimientos pesqueros (CPUE) por el programa de seguimiento de esta pesquería. Dentro de las hipótesis alternativas al efecto de la pesca y/o a la subestimación de la incertidumbre o sesgo de los resultados de la serie hidroacústica, es posible identificar las siguientes hipótesis preliminares:

- i. Variabilidad inter-anual en la disponibilidad del stock en el área y período de estudio, incluyendo las siguientes:

- Variabilidad temporal en los procesos estacionales de concentración y dispersión del stock en el área de estudio, la que podría llevar a fluctuaciones en el nivel de acople temporal entre estos procesos y el período de evaluación hidroacústica.
 - Cambios estocásticos en los patrones de distribución espacial y/o batimétrica del stock.
 - Cambios inducidos en el patrón de distribución del stock, incluyendo posibles efectos indirectos de la pesca y otras perturbaciones antropogénicas.
- ii. Cambios efectivos en el tamaño poblacional del stock debido a fuentes desconocidas de mortalidad natural o por pesca, incluyendo capturas no reportadas o no contabilizadas en aguas internacionales.
- iii. Sesgo de sobre-estimación en las evaluaciones directas e indirectas del recurso, alcanzando coeficientes de proporcionalidad >1 entre tamaño estimado y tamaño efectivo del stock.

La gran presencia de individuos juveniles en el área de estudio podría ser un indicador de cambios en el patrón estacional de agregación y de un eventual “retraso” en la llegada de adultos desde otras áreas geográficas o estratos batimétricos (hipótesis I). Podría, sin embargo, ser también un síntoma de sobrepesca y juvenalización del stock, el cual debe ser ponderado y evaluado con la mayor celeridad posible, dados los riesgos asociados a las hipótesis II y III.

Tabla 10: Índices de abundancia relativa ($\hat{\phi}$), abundancia (\hat{N}) y biomasa (\hat{B}), correspondientes a la fracción poblacional de alfonsino presente y evaluada en la zona de Juan Fernández (2005-2010). Totales corresponden a sumas o medias ponderadas, según corresponda. Número de dígitos significantes excede precisión de los estimados para facilitar consistencia numérica (s.i.: sin información).

Monte	Año															
	2005 ³				2006 ³				2007				2010			
	$\hat{\phi}$ (m ²)	Abund. (×10 ⁶ ind) \hat{N}	Biom. (ton) \hat{B}	CV	$\hat{\phi}$ (m ²)	Abund. (×10 ⁶ ind) \hat{N}	Biom. (ton) \hat{B}	CV	$\hat{\phi}$ (m ²)	Abund. (×10 ⁶ ind) \hat{N}	Biom. (ton) \hat{B}	CV	$\hat{\phi}$ (m ²)	Abund. (×10 ⁶ ind) \hat{N}	Biom. (ton) \hat{B}	CV
JF1	17.093	11,6	7.608	0,23	22.945	13,2	10.538	0,44	18.890	17,5	7.767	0,35	8403	5,9	2.589	0,53
JF1.1	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	1.700	1,0	720	0,57	318	0,2	138	0,90	2998	1,6	1.015	0,58
JF2	22.876	10,0	10.646	0,27	6.411	4,1	3.112	0,22	28.436	15,2	13.793	0,27	6557	5,7	2.200	0,66
JF4	460	0,3	181	1,03	510	0,3	203	0,83	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.
JF6	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	7.398	5,2	3.352	0,42	7.375	4,8	3.213	0,55	8849	9,9	1.939	0,39
Total	40.429	21,9	18.435	0,18	38.964	24,2	17.924	0,28	55.020	37,7	24.912	0,20	26807	23,1	7.743	0,29

³ Valores no corregidos por posible efecto de la selectividad de la red empleada

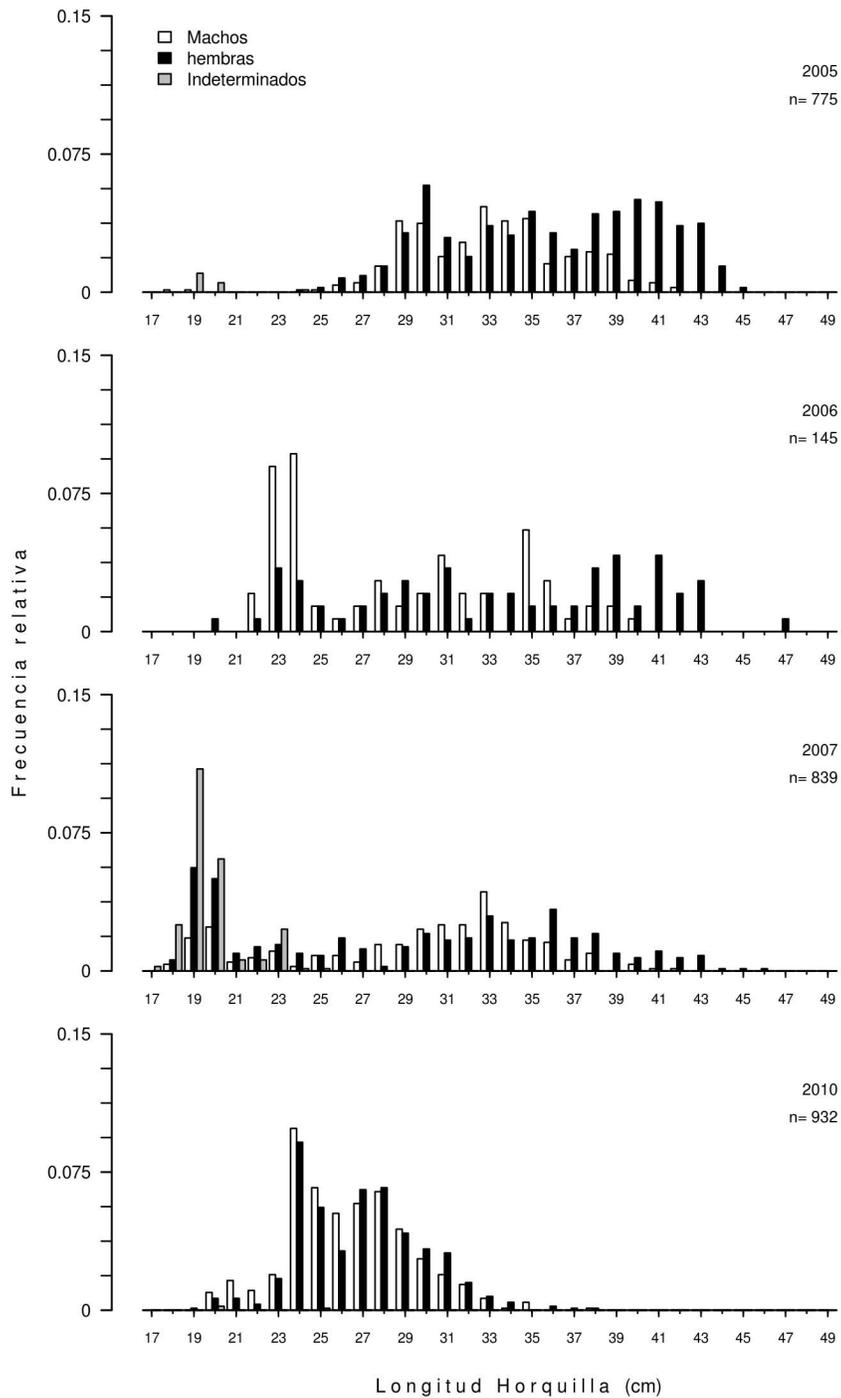


Figura 7: Distribución de tallas de alfonsino en el monte JF1, años 2005-2007 y 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.

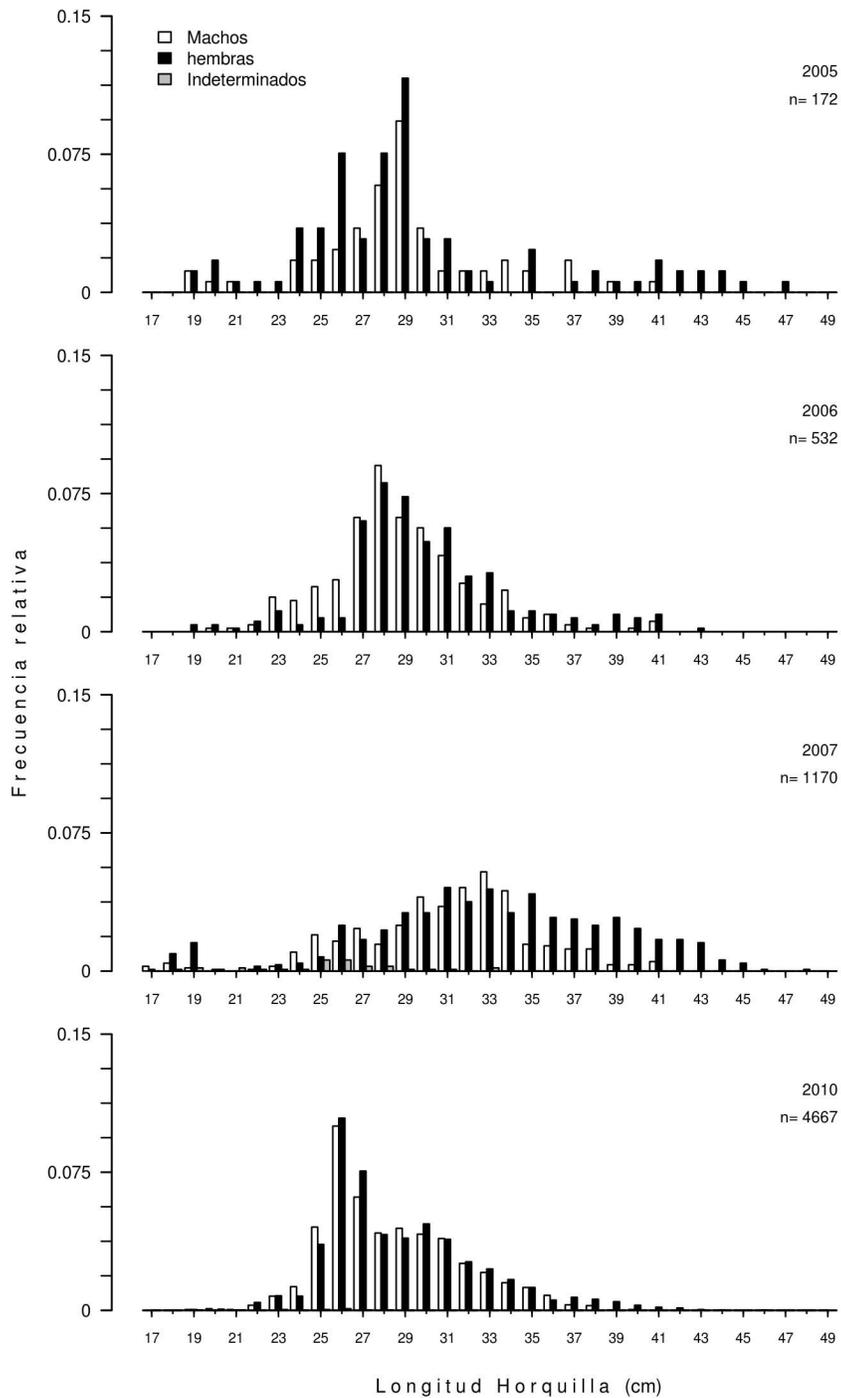


Figura 8: Distribución de tallas de alfonsino en el monte JF1.1, años 2005-2007 y 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.

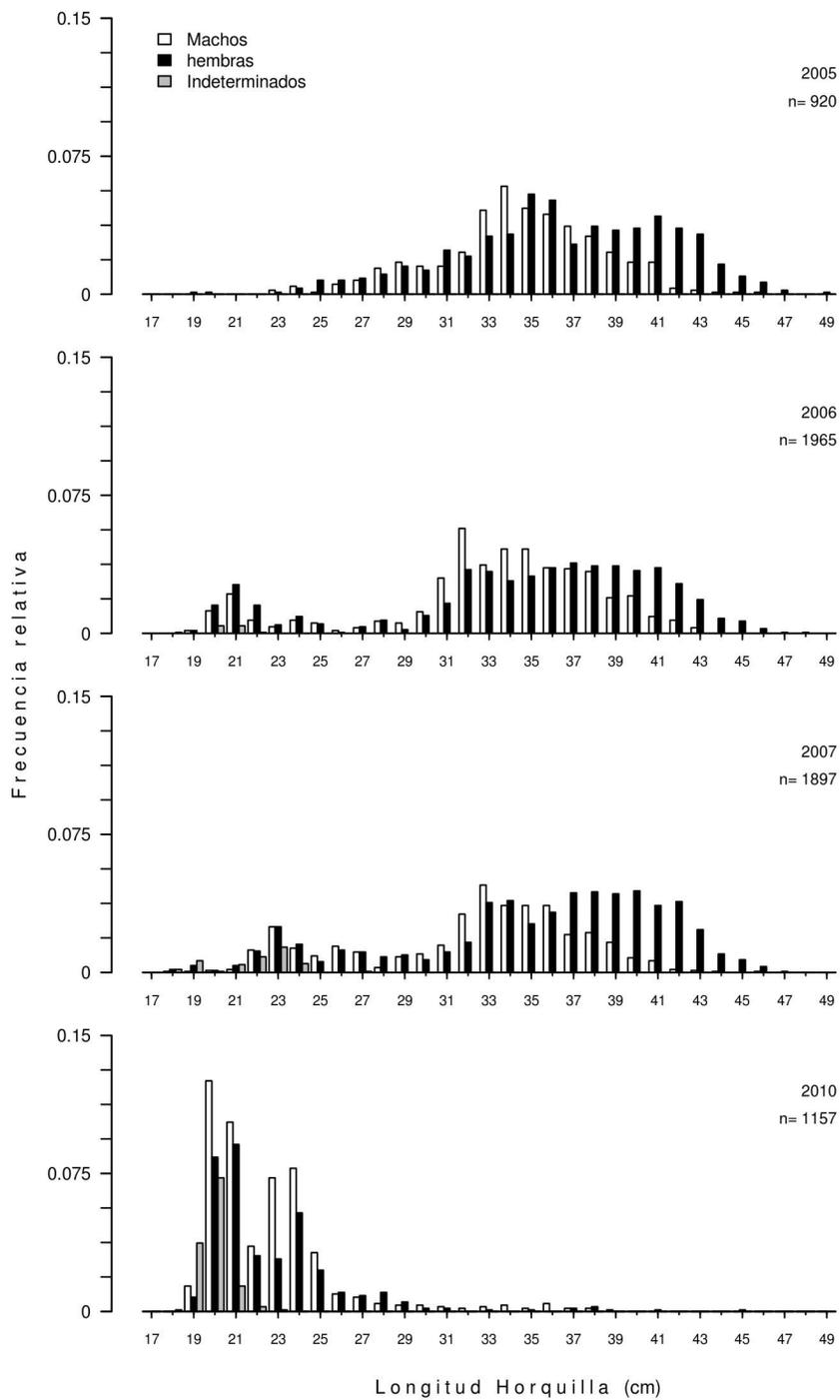


Figura 9: Distribución de tallas de alfonsino en el monte JF2, años 2005-2007 y 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.

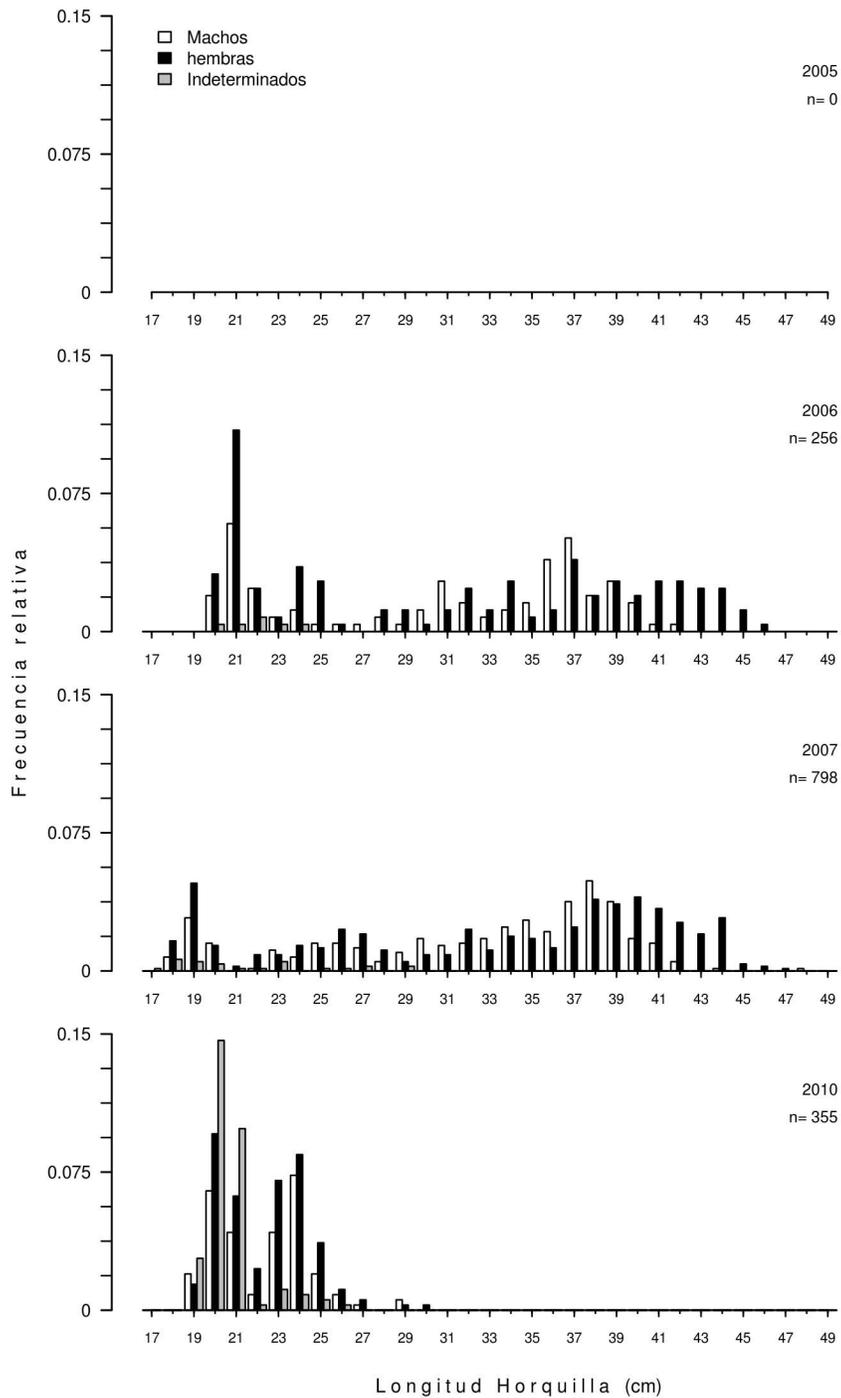


Figura 10: Distribución de tallas de alfonsino en el monte JF6, años 2005-2007 y 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.

II. Estimar la composición de tallas y edades, relación longitud-peso y proporción sexual de las agregaciones de alfonsino presentes en las áreas o caladeros estudiados, durante el período de evaluación hidroacústica (objetivo 2).

1. INTRODUCCIÓN

El alfonsino es una especie que pertenece a la familia Berycidae, cuyo tamaño máximo reportado es de 70 cm (LT). Es una especie relativamente longeva de crecimiento lento, con una máxima edad reportada de 23 años (Lehodey et al. 1994; Lehodey & Grandperrin 1996). Algunos autores han informado un incremento en la talla media de alfonsino en relación a la profundidad (Lehodey et al. 1994). 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). 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. En esta sección se analiza la composición de tallas, edades, proporción sexual y relación longitud peso de alfonsino, a partir del muestreo biológico realizado en los lances de identificación sobre los contingentes presentes en los cruceros desarrollados entre octubre y noviembre de 2010 en el marco del proyecto FIP 2009-14.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestreo biológico

El muestreo biológico, destinado a estimar la composición de tallas, edades y la proporción sexual de alfonsino, se realizó directamente sobre la captura obtenida durante los lances de identificación. La información de captura se registró en una bitácora de pesca que detalló fecha, hora, ubicación, profundidad, temperatura de fondo, captura, tipo y dimensiones de la red utilizada, hora efectiva de inicio y término de cada arrastre. Este muestreo fue efectuado en coordinación y con la colaboración del Instituto de Fomento Pesquero, para lo cual se aplicó el protocolo integrado de muestreo (Gili et al. 2006).

Se cumplió la meta muestral de al menos 5 lances con dominancia de alfonsino por monte y de al menos 90 (con un máximo de 200) ejemplares de alfonsino seleccionados al azar por cada

lance, acorde al tamaño de la captura obtenida (Tabla 11), excepto para el monte JF5 donde no se observó ecotrazos adjudicables al recurso alfonsino. Estas metas muestrales equivalen a un mínimo total de 1350 ejemplares y son coherentes con i) lo estimado por Young (2006) para alfonsino en Chile; ii) la regla general de 10 muestras por intervalo de talla de Gerritsen & McGrath (2007); y iii) un análisis propio de potencia realizado aplicando el método de máxima verosimilitud de O'Brien & Müller (1993) sobre la base de datos utilizada por Niklitschek et al. (2008). Este último análisis estimó tamaños muestrales necesarios para identificar diferencias entre zonas, sexos o años ($\alpha=0.05$; $\beta\geq 0,8$), tanto para la media muestral ($n\geq 1035$) como para la proporción de individuos a la talla ($n\geq 1350$).

Paralelamente al muestreo aleatorio, se realizó un muestreo dirigido, destinado a representar el rango de tallas presente en el stock para establecer relaciones longitud-peso y realizar la clave talla-edad. El muestreo dirigido consistió en medir, pesar, determinar sexo y estado macroscópico de madurez gonadal a un mínimo de 50 ejemplares por lance (250 individuos por zona), lo que, de acuerdo al análisis de potencia, permitiría identificar diferencias entre sexos y zonas ($\alpha=0.05$; $\beta\geq 0,8$) en los parámetros de la relación longitud-peso. Adicionalmente, se extrajo los otolitos sagitta para construir la clave edad-talla para el stock año-específica y gónadas para la determinación del estado microscópico de madurez de los ejemplares de alfonsino.

Tabla 11: Metas muestrales por lance, según tamaño de captura.

Captura	Meta muestral (n° de peces)
<5 toneladas	90
5-50 toneladas	100
> 50 toneladas	200

Para cada ejemplar muestreado se registró la longitud horquilla y estándar de los individuos mediante un ictiómetro (precisión = 0,1 cm). El peso total y el peso de gónadas de los ejemplares se determinó utilizando balanzas “japonesas”, especialmente diseñadas para trabajo a bordo, con precisiones de 50 g y de 1 g para peso total y de gónadas, respectivamente. Los estados de madurez gonadal de alfonsino se establecieron de acuerdo a la escala de madurez macroscópica

(Tabla 12 y 13) del protocolo integrado de muestreo IFOP-UACH (Gili et al. 2006). Un detalle de los lances con la captura de alfonsino se muestra en el Anexo 3.

Tabla 12: Estados de madurez gonadal de hembras de alfonsino, de acuerdo a escala macroscópica de protocolo integrado IFOP-UACH (Gili et al. 2006).

Estado	Característica
1	Virginal: Sexo Indeterminado, gónadas pequeñas, difícil de determinar sexo
2	Inmaduro: Ovario pequeño; translúcido; de color rojizo debido a la gran vascularización
3	En maduración. Ovarios bien desarrollados color anaranjado, membrana transparente, ovocitos visibles
4	Maduros: Los ovarios ocupan la mitad de la cavidad corporal; color anaranjado, ovocitos visibles; paredes delgadas y granulares
5	Desovante: En desove; los ovocitos fluyen libremente cuando se aplica presión
6	Desovados y en regresión: Desovado; ovarios flácidos y sanguinolentos

Tabla 13: Estados de madurez gonadal de machos de alfonsino, de acuerdo a escala macroscópica de protocolo integrado IFOP-UACH (Gili et al. 2006)

Estado	Característica
1	Virginal: Sexo Indeterminado, gónadas pequeñas, difícil de determinar sexo.
2	Inmaduro: Testículos pequeños; elongados; aplanados, color blanquecino a rosado.
3	En maduración: Testículos más gruesos, bien desarrollados; color blanquecino pero no emite semen.
4	Desovante: Testículos llenan más de la mitad de la cavidad corporal; el líquido seminal fluye libremente cuando se presiona el abdomen
5	Evacuados: Testículos sanguinolentos; no emite semen.

2.2. Talla media

La talla media fue estimada por sexo, zona y estrato de profundidad, utilizando un modelo lineal generalizado de tipo mixto, que consideró la variable aleatoria “lance”. Este modelo fue implementado mediante un ajuste de cuasi-verosimilitud penalizada (función glmmPQL) en la librería MASS de R.. Para fines generales se utilizó y reportó el promedio de la variable no

transformada longitud horquilla, mientras que para el cálculo de TS media se utilizó la media del logaritmo base 10 de la longitud estándar.

2.3. Composición de tallas

Las frecuencias de tallas obtenidas a partir de los distintos lances se analizaron y compararon por sexo, zona y estrato de profundidad, utilizando un modelo logístico acumulativo multinomial para categorías ordenadas (McCullagh 1980; Allison 1999). Este modelo define un conjunto de J-1 ecuaciones que indican la probabilidad de un individuo de pertenecer a cada una de las J-1 categorías dicotómicas posibles de definir dado J intervalos de talla y puede ser expresado como,

$$\log\left(\frac{\pi_j}{1-\pi_j}\right) = \alpha_j + \mathbf{X} \beta + e$$

donde

$$\pi_j \quad : \quad \frac{p_i}{p_i + \dots + p_n}$$

α_j : intercepto de la ecuación j

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

β : Vector de coeficientes

e : Vector de errores aleatorios

El estimador y la varianza de la proporción a la talla resulta definido por las ecuaciones

$$\hat{p}_1 = \hat{\pi}_1$$

$$\hat{p}_i = \hat{\pi}_i \cdot \prod_{j=1}^{i-1} (1 - \hat{\pi}_j), \quad i > 1$$

$$V(\hat{p}_1) = V(\hat{\pi}_1)$$

$$V(\hat{p}_i) = \hat{\pi}_i^2 \cdot \hat{A}_i^2 \cdot \sum_{j=1}^{i-1} \frac{V(\hat{\pi}_j)}{(1 - \hat{\pi}_j)^2} + \hat{A}_i^2 V(\hat{\pi}_i), \quad i > 1$$

$$\hat{A}_i = \prod_{k=1}^{i-1} (1 - \pi_k)$$

2.4. Composición de edades

La composición etaria se estimó utilizando la clave talla-edad desarrollada como parte del proyecto FIP 2006-42 (Roa-Ureta et al. 2008). A la base de datos existente se adicionó 660 nuevos otolitos con lecturas corroboradas, representativas del espectro de tallas presente. Este tamaño muestral de otolitos permitió estimar la proporción de edades a la talla, en la población evaluada, con un coeficiente de variación no superior al 10%, asumiendo una dispersión idéntica a la observada en el set de datos correspondiente al proyecto FIP 2004-42.

Los otolitos se prepararon para ser leídos siguiendo los procedimientos estandarizados por Secor et al. (1995). Fueron lavados, sonicados y pesados en una balanza analítica (precisión 0,0001g), cada otolito fue hidratado en aceite mineral para luego proceder a su lectura. La edad de cada otolito se calculó a partir del número de anillos translúcidos, considerando trabajos anteriores en esta misma especie (Massey & Horn 1990; Rico et al. 2001; Gili et al. 2002; Taniuchi et al. 2004), que indican un anillo translúcido de crecimiento por año para esta especie. Cada otolito fue leído bajo luz incidente halógena en un microscopio estereoscópico (Olympus SZ-51).

Con los nuevos datos obtenidos se sometió a prueba la validez de la utilización de modelos de claves de edad-talla combinados entre zonas y años, pero diferenciados por sexo, propuesta por Roa-Ureta et al. (2008) a partir de una modelación de crecimiento basada en la curva de Schnute. Ante la existencia de modelos alternativos de agrupación de datos con mejores ajustes que el propuesto, se aplicó el modelo con el mejor ajuste (de acuerdo al criterio informativo de Akaike).

La precisión entre lectores fue calculada para cada otolito j utilizando el coeficiente de variación (CV_j) y el índice de precisión (D_j) definidos por Chang (1982) como sigue,

$$CV_j = 100 \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} \quad D_j = \frac{CV_j}{\sqrt{R}}$$

donde,

R : número de lectores por otolito

X_{ij} : número de annuli contados por cada lector i para cada otolito j

X_j : número promedio de annuli contados para cada otolito j

Para la modelación de la curva de crecimiento individual, se ajustó, mediante regresión no lineal, los siguientes modelos básicos:

- von Bertalanffy

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

donde

- L_∞ : longitud asintótica
- K : coeficiente de crecimiento
- t_0 : parámetro de posición

- Gompertz

$$L_t = L_\infty e^{-e^{-gt(t-t_0)}}$$

donde

- L_∞ : longitud asintótica
- gt : tasa instantánea de crecimiento cuando $t = t_0$
- t_0 : punto de inflexión

- Schnute

Cuya ecuación más general (modelo 1) consiste de cuatro parámetros (a , b , L_i , L_j) y es definida por la expresión:

$$L_t = \left[L_i^b + (L_j^b - L_i^b) \cdot \frac{1 - e^{-a(t-t_i)}}{1 - e^{-a(t_j-t_i)}} \right]^{\frac{1}{b}}$$

donde

- L_t : tamaño promedio del pez a la edad t ,
- a, b : constantes
- L_i, L_j : tamaños predichos a las edades arbitrarias i y j , respectivamente. Estas edades corresponden, generalmente, a las edades mínimas y máximas observadas en la muestra.

La comparación y selección de modelos alternativos fue realizada con base en el criterio de información de Akaike (Burnham & Anderson 2002), cuya expresión es:

$$AIC = n \ln(\hat{\sigma}^2) + 2p$$

donde

n: tamaño de la muestra
 p: el número de parámetros a estimar

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum \hat{\varepsilon}_i^2}{n}$$

$\hat{\varepsilon}_i^2$: residuos estimados

Una vez definida la mejor agrupación de la data, se construyó las respectivas claves talla-edad. El método de construcción siguió los 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 estuvo definida como:

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

donde:

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

n_j : número total de individuos de longitud j .

A partir de las claves talla-edad se asignó edades a la totalidad de los peces capturados y medidos, construyéndose matrices de composición de edades para alfonsino, según el procedimiento general descrito por Quinn & Deriso (1999).

2.5. Relación longitud peso:

La relación longitud-peso fue modelada asumiendo una relación alométrica de crecimiento, definida por:

$$W = a \cdot L^b$$

cuyos parámetros a y b , y sus correspondientes errores estándar, fueron estimados mediante regresión mixta no lineal (Littel et al. 1996). Las pruebas de hipótesis destinadas a comparar zonas o sexos se realizarán sobre las variables transformadas a escala logarítmica (\log_{10}).

2.6. Proporción sexual

La proporción sexual del alfonsino fue estimada para cada zona y estrato de profundidad a través de un modelo lineal generalizado mixto de tipo logístico, definido por la relación,

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

donde,

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

- n_{asj} :Número de ejemplares de ambos sexos en lance j
 n_{sj} :Número de ejemplares del sexo s en lance j
 X :Matriz de diseño de efectos fijos (especie, zona, mes)
 β :Vector de parámetros de los efectos fijos.
 Z :Matriz de efectos aleatorios (barco, lance)
 μ :Vector de parámetros de los efectos aleatorios, $MVN(0, \mathbf{G})$
 e :Vector de errores, $MVN(0, \mathbf{R})$.

2.7. Comparación con años anteriores

Mediante la incorporación de la variable año en la matriz de diseño, se evaluó la existencia de cambios inter-anales en la composición de tallas, talla media o proporción sexual.

3. RESULTADOS

Durante las mareas de prospección hidroacústica, se realizó un total de 140 lances de los cuales 42 correspondieron a lances efectuados sobre agregaciones identificadas durante el muestreo hidroacústico. El total de peces analizados en el muestreo al azar alcanzó a 7.263 ejemplares mientras que en el muestreo biológico dirigido se contabilizó un total de 1.692 ejemplares. Un 99,4% de la captura total de los lances realizados en el periodo correspondió a la especie-objetivo, alfonsino (Tabla 14).

3.1. Talla media

La talla media de las hembras tendió a superar la talla media de los machos en casi todos los montes evaluados, con valores de $28,2 \text{ cm} \pm 0,59$ (EE) y $27,6 \text{ cm} \pm 0,59$ (EE), respectivamente combinando todos los montes (Tabla 15). Sin embargo, estas diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas. Al combinar los sexos dentro de los montes, se observaron diferencias significativas entre estos últimos, con los montes JF1 y JF1.1 exhibiendo tallas superiores a los montes JF2 y JF6, los datos indicados fueron corregidos por los patrones de selectividad de las redes empleadas (Tabla 15).

Tabla 14: Lances realizados por monte y composición de especies en porcentaje, 2010.

Monte	Número de lances	%Alfonsino	%Otra(s) especie(s)
JF1	17	91.6	8.4
JF1.1	90	99.9	0.1
JF2	27	98.0	2.0
JF5	0	0.0	0.0
JF6	6	100.0	0.0
Total	140	99.4	0.6

Tabla 15: Talla media estimada de alfonsino ($\text{cm} \pm \text{EE}$) para cada monte y sexo del área de estudio (valores corregidos por selectividad).

Monte	Machos	Hembras	Indeterminados	Sexos combinados
JF1	$26,1 \pm 0,51$	$26,7 \pm 1,00$	$23,2 \pm 1,90$	$26,4 \pm 0,50$
JF1.1	$29,3 \pm 0,46$	$29,9 \pm 0,94$	$26,4 \pm 1,33$	$29,6 \pm 0,46$
JF2	$24,2 \pm 0,49$	$24,2 \pm 0,95$	$22,0 \pm 0,97$	$23,9 \pm 0,48$
JF6	$20,9 \pm 2,54$	$21,0 \pm 2,59$	$20,2 \pm 2,58$	$20,7 \pm 2,51$
Montes combinados	$27,6 \pm 0,59$	$28,2 \pm 0,59$	$24,5 \pm 0,64$	$27,8 \pm 0,62$

3.2. Estructura de tallas

Se observó diferencias significativas en la distribución de tallas entre los montes submarinos evaluados durante la presente temporada, las que fueron consistentes con las diferencias en la

talla media (Figura 11). De esta manera, aunque todos los montes presentaron una distribución uni o bimodal fuertemente dominada por juveniles, esta situación fue más evidente en los montes JF2 y JF6 donde predominaron individuos juveniles de tallas inferiores a 29 cm, con modas en torno a 20 y 24 cm. Los porcentajes estimados de individuos bajo la talla mediana de primera madurez sexual, es decir 33,3 y 34,3 cm para machos y hembras, respectivamente (Guerrero & Arana 2009), llegaron a valores de 0,4, 4,2, 1,0 y 0 %, en JF1, JF1.1, JF2 y JF6, respectivamente.

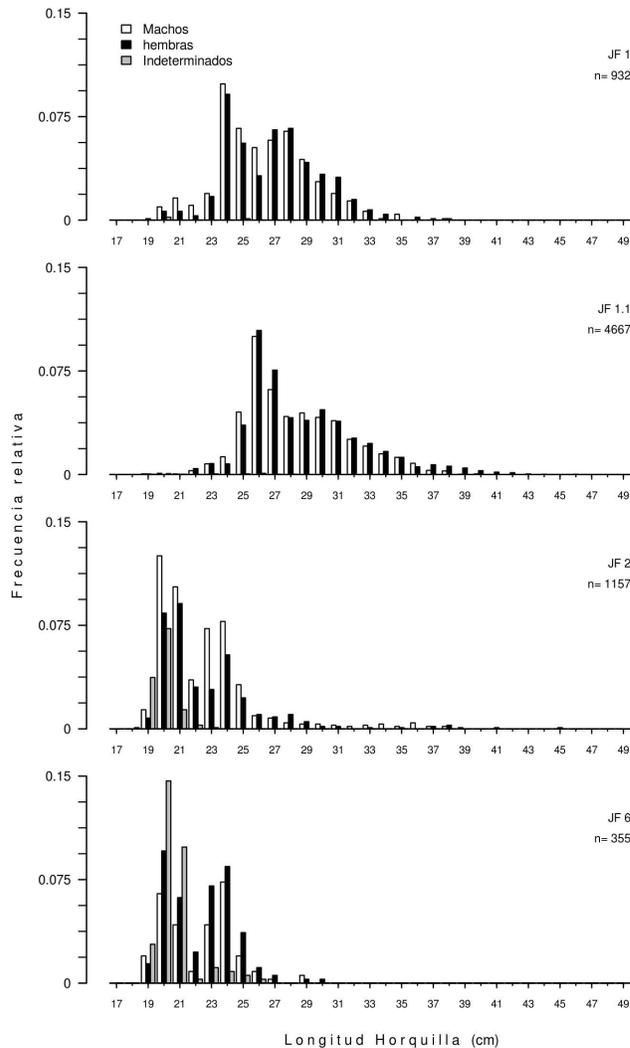


Figura 11: Distribución de tallas de alfonsino por monte submarino durante la evaluación hidroacústica 2010. Tallas no corregidas por los patrones de selectividad de las redes de pesca.

3.3. Composición de edades

3.3.1. Análisis de precisión

Se realizó 2.222 lecturas a un total de 966 otolitos de los cuales 660 fueron corroborados (71%), el análisis de precisión entre lectores efectuado presentó un coeficiente de variación de 10,8 y un índice de precisión de 7,48.

3.3.2. Estructura de edades

El rango de edades presente en las muestras de otolitos leídas en la presente temporada se encontró entre 0+ y 12+ años tanto en las hembras como en los machos de alfonsino (Tabla 16 y Tabla 17 respectivamente). Para hembras de alfonsino un total de 395 otolitos fueron corroborados, las edades más representadas son de la 1+, 2+ y 3+ que en conjunto representan el 53% de las edades leídas para las hembras de alfonsino. Por otra parte un total de 352 otolitos de machos de alfonsino fueron leídos y corroborados, las edades 1+, 2+ y 3+ representan el 56% de las edades de los machos.

3.4. Relación longitud peso

No se observó diferencias significativas en la relación longitud-peso entre montes dentro de sexos, ni tampoco se observó algún efecto de los estratos de profundidad. Al combinar zonas y estratos asumiendo una distribución normal de los datos, se identificó diferencias significativas entre sexos, aunque ambas curvas siguieron patrones muy cercanos. Las hembras de alfonsino presentaron tallas de mayor tamaño que los machos. El coeficiente de alometría fue cercano a 3 tanto para machos como para hembras lo que sugiere que la forma del cuerpo mantiene proporcionalidad isométrica entre el peso y la longitud. Los parámetros y tendencias se incluyen en la Figura 12.

La relación para machos fue:

$$\beta_0 = 0.0156 \pm 0.0004(EE) \text{ y } \beta_1 = 3.107 \pm 0.008(EE)$$

y para hembras:

$$\beta_0 = 0.0147 \pm 0.0003(EE) \text{ y } \beta_1 = 3.122 \pm 0.0065(EE)$$

Tabla 16: Clave talla-edad para hembras de alfonsino, año 2010.

LH	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	Total
18	3	18	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
21	2	45	53	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	115
24	0	1	18	27	6	1	0	0	0	0	0	0	0	53
27	0	0	0	19	9	2	1	0	0	0	0	0	0	31
30	0	0	0	1	8	25	4	3	1	0	0	0	0	42
33	0	0	0	0	0	4	11	5	3	1	1	0	0	25
36	0	0	0	0	0	0	1	12	10	4	5	0	0	32
39	0	0	0	0	0	0	1	1	9	11	6	5	1	34
42	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	8	7	3	25
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	4
n	5	64	84	61	24	32	18	22	25	21	21	14	4	395

Tabla 17: Clave talla-edad para machos de alfonsino, año 2010.

LH	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	Total
18	3	13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
21	2	44	51	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	116
24	0	1	9	34	12	0	0	0	0	0	0	0	0	56
27	0	0	2	14	20	5	0	0	0	0	0	0	0	41
30	0	0	0	3	3	22	10	3	0	1	0	0	0	42
33	0	0	0	0	1	3	10	9	2	2	0	0	0	27
36	0	0	0	0	0	0	4	5	12	8	3	0	0	32
39	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	4	0	3	10
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
n	5	58	72	67	39	30	24	18	16	11	9	0	3	352

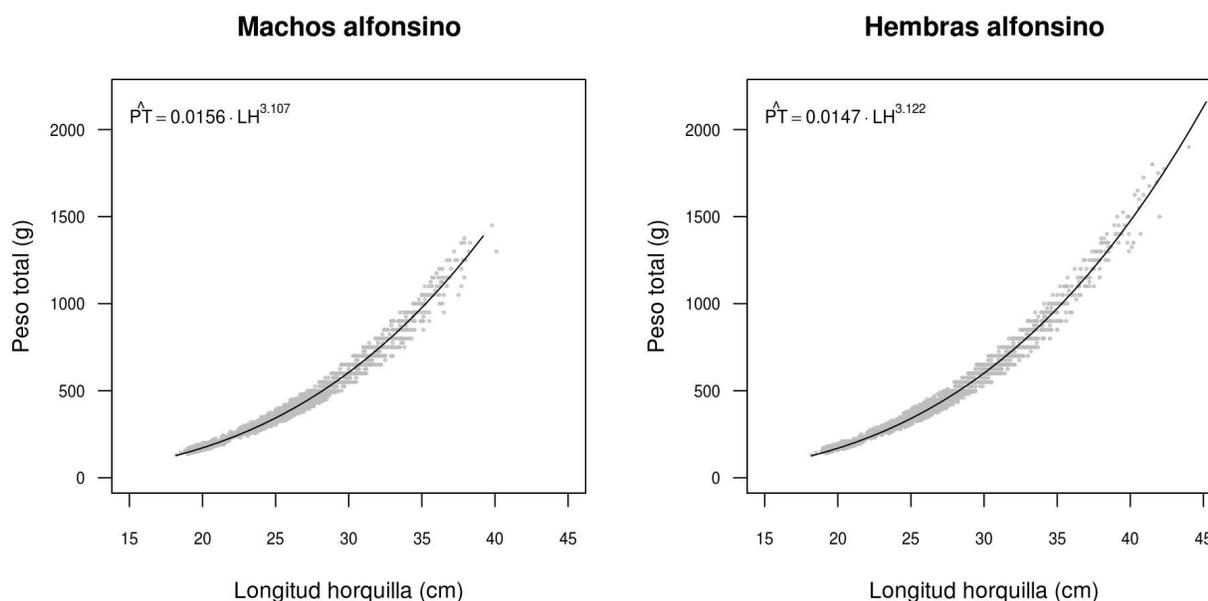


Figura 12: Relación longitud peso para machos (n=3392) y hembras (3373) de alfonsino, año 2010.

3.4.1. Modelo de crecimiento

De los tres modelos de crecimiento evaluados para cada sexo por separado y agrupando ambos sexos en todos los montes, el modelo de Schnute resultó ser siempre el que presentó el mejor ajuste (menor AIC, Tablas 18, 19 y 20), seguido por los modelos de Gompertz y de von Bertalanffy. De acuerdo al modelo de Schnute, la longitud a la edad 1 año sería de 17,9 cm (LH), mientras que para la edad 14 años correspondería a 42,3 cm (LH) (Figura 13).

Las hembras de alfonsino tienden a ser de mayor tamaño que los machos a la misma edad, las hembras presentan longitudes de 17,7 cm (LH) para ejemplares de 1 año y de 43,1 cm (LH) para edad 14 años (Figura 14), mientras que para esa edad las longitudes de los machos serían de 17,6 y 40,0 cm (LH) respectivamente (Figura 15).

El modelo ajustado para ambos sexos combinados (AIC= 10.590,0) fue más informativo que el ajuste de modelos separados para cada sexo ($\sum AIC = 11.130,1$).

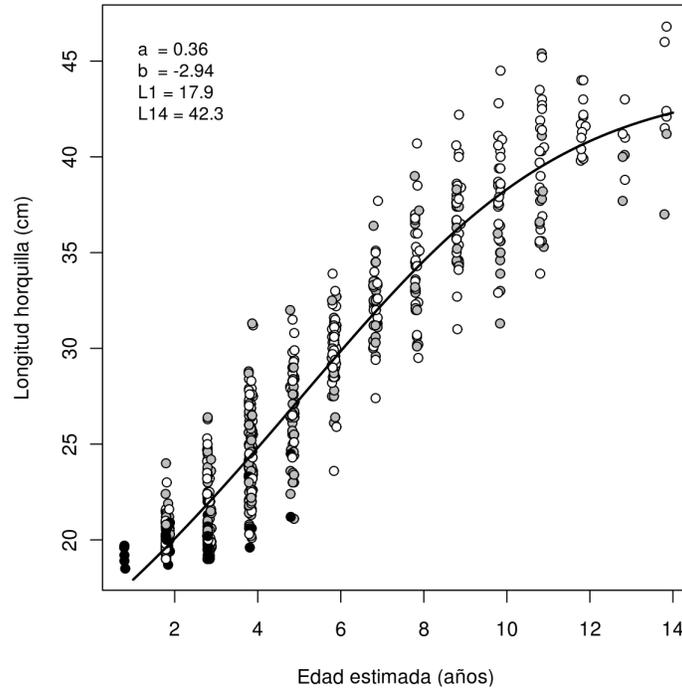


Figura 13: Modelo de crecimiento de Schnute, seleccionado (criterio de información de Akaike) para representar la relación entre edad y talla de alfonsino agregando montes para ambos sexos, año 2010 (círculos blancos: hembras; círculos grises: machos; círculos negros: sexo indeterminado) .

Tabla 18: Parámetros de los modelos de crecimiento individual ajustados a la información de edad y longitud horquilla de alfonsino para ambos sexos, año 2010. AIC: criterio de información de Akaike.

Modelo	Parámetro	Valor estimado	EE	AIC
von Bertalanffy	L_{∞}	49,3	0,01	10816,5
	K	0,12	0,01	10816,5
	t_n	-2	24	10816,5
Gompertz	L_{∞}	54	0,04	10636,3
	g_t	0,13	19	10636,3
	t_n	1,97	205	10636,3
Schnute (4 parámetros)	a	0,36	8	10590,3
	b	-2,94	0,07	10590,3
	L_1	17,9	0,01	10590,3
	L_4	42,3	0,01	10590,3

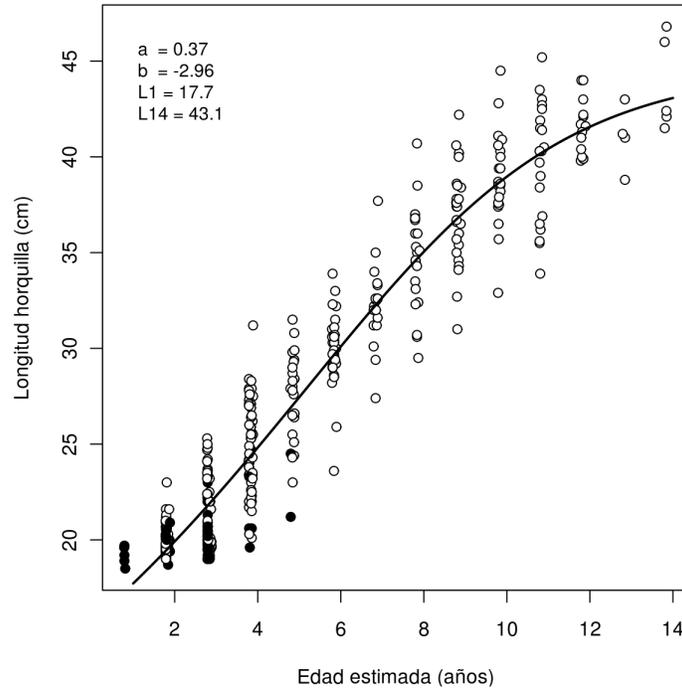


Figura 14: Modelo de crecimiento de Schnute, seleccionado (criterio de información de Akaike) para representar la relación entre edad y talla de hembras de alfonsino agregando montes, año 2010 (círculos blancos: hembras; círculos negros: sexo indeterminado) .

Tabla 19: Parámetros de los modelos de crecimiento individual ajustados a la información de edad y longitud horquilla de hembras de alfonsino (2010). AIC: criterio de información de Akaike.

Modelo	Parámetro	Valor estimado	EE	AIC
von Bertalanffy	L_{∞}	51,5	0,01	6145,7
	K	0,11	7	6145,7
	t_n	-2	29	6145,7
Gompertz	L_{∞}	53,7	0,01	6029,3
	g_t	0,14	8	6029,3
	t_n	2	102	6029,3
Schnute (4 parámetros)	a	0,37	8	5994,8
	b	-2,96	72	5994,8
	L_1	17,7	0,01	5994,8
	L_4	43,1	0,01	5994,8

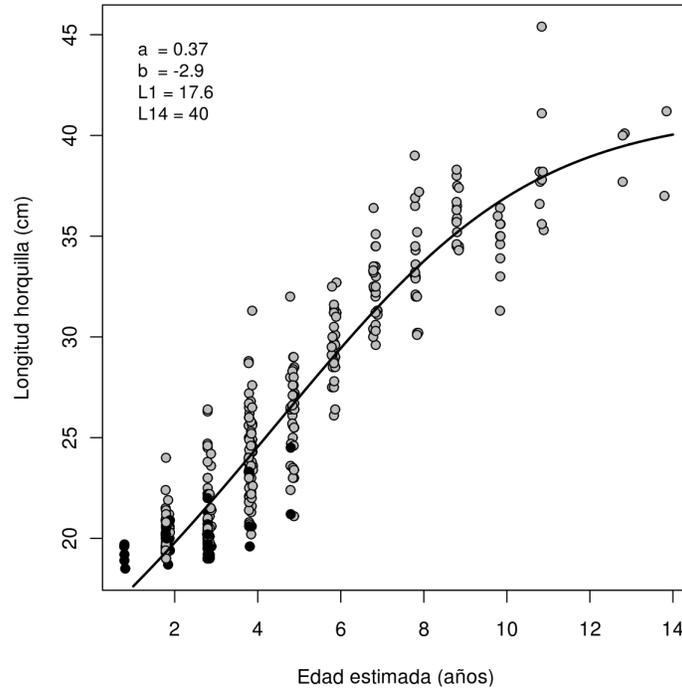


Figura 15: Modelo de crecimiento de Schnute, seleccionado (criterio de información de Akaike) para representar la relación entre edad y talla de machos de alfonsino agregando montes, año 2010 (círculos grises: machos; círculos negros: sexo indeterminado).

Tabla 20: Parámetros de los modelos de crecimiento individual ajustados a la información de edad y longitud horquilla de hembras de alfonsino (2010). AIC: criterio de información de Akaike.

Modelo	Parámetro	Valor estimado	EE	AIC
von Bertalanffy	L_{∞}	44,7	0,01	5293,3
	K	0,14	7	5293,3
	t_n	-2	31	5293,3
Gompertz	L_{∞}	50,3	0,04	5178,1
	g_t	0,14	25	5178,1
	t_n	1,5	58	5178,1
Schnute (4 parámetros)	a	0,37	8	5135,3
	b	-2,9	65	5135,3
	L_1	17,6	0,01	5135,3
	L_4	40	0,02	5135,3

3.5. Proporción sexual

En los montes JF1y JF1.1 la proporción sexual fue muy similar y cercana al 50%, basados en la escala de madurez macroscópica casi no se observó la presencia de ejemplares indeterminados en estos montes. En el monte JF2 cerca del 50% de los ejemplares capturados fueron machos, las hembras representaron el 37% mientras que el 13 % restante correspondió a ejemplares de sexo indeterminado. En el monte JF6 la proporción de machos e indeterminados fue similar (29% y 30% respectivamente) mientras que las hembras representaron el 41 % de las capturas (Tabla 21 y Figura 16).

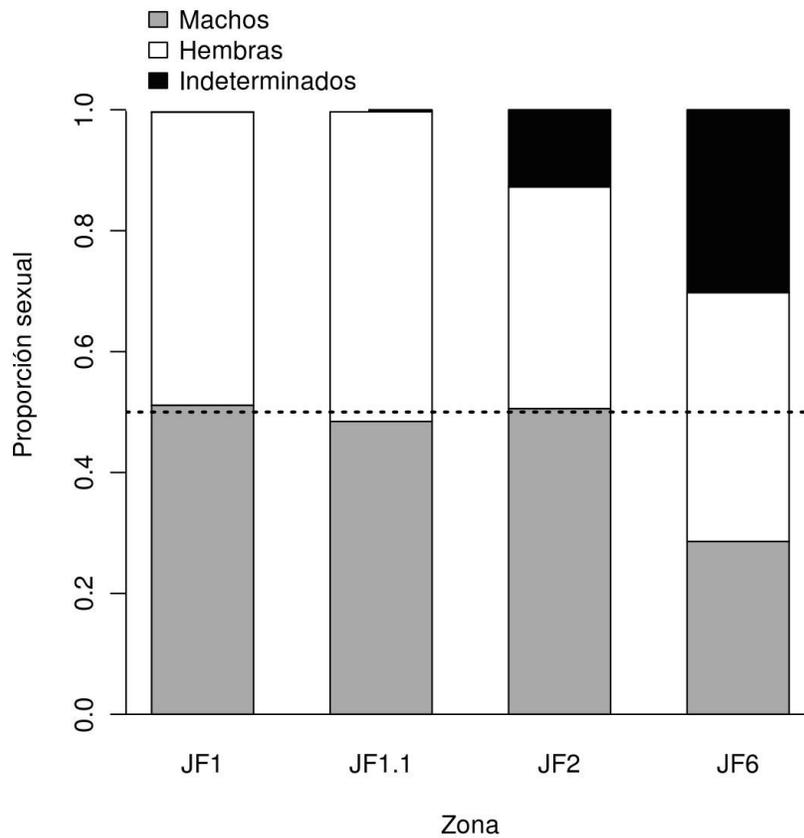


Figura 16: Proporción sexual de alfonsino por monte en el área y periodo de estudio.

Tabla 21: Proporción de hembras y error estándar por monte del conjunto de capturas muestreadas durante el periodo de estudio, año 2010.

Zona	Proporción hembras	EE
JF1	0.48	0.032
JF1.1	0.51	0.015
JF2	0.37	0.023
JF6	0.41	0.053

3.6. Comparación con años anteriores

3.6.1. Talla media

En las tallas medias de alfonsino combinando todos los montes por año se observa una clara disminución de ellas en el periodo 2005-2007 con una pequeña alza en 2010. La situación por monte y sexo está graficada en las figuras 7, 8, 9 y 10.

Se mantiene a través de los años la situación de hembras de mayor tamaño que los machos de esta especie sin que estas diferencias lleguen a ser significativas (Tabla 22).

Al realizar una comparación combinando sexos se observa diferencias en las tallas medias. Hasta el 2007 se observa una disminución de las tallas en todos los montes, sin embargo para 2010 se observa un aumento en las tallas en relación a 2007 en dos montes, JF1 y JF1.1; mientras que en JF2 y JF6 las tallas medias son las menores reportadas para cada uno de ellos en particular. Las mayores tallas medias para alfonsino fueron observadas en el año 2005 para todos los montes.

Tabla 22: Tallas medias estimadas de alfonsino (cm \pm EE) para cada sexo y año combinando montes encontradas durante las evaluaciones hidroacústicas de los años 2005, 2006, 2007 y 2010.

Año	Machos	Hembras	Indeterminados
2005	32,0 \pm 1,20	34,0 \pm 1,20	
2006	31,3 \pm 0,70	33,0 \pm 1,20	
2007	27,2 \pm 0,13	28,1 \pm 0,12	21,2 \pm 0,24
2010	27,6 \pm 0,59	28,2 \pm 0,59	24,5 \pm 0,64

Tabla 23: Tallas medias estimada de alfonsino (cm \pm EE) para cada monte y año combinando sexos, encontradas durante las evaluaciones hidroacústicas de los años 2005, 2006, 2007 y 2010.

Zona	Año			
	2005	2006	2007	2010
JF1	34 \pm 1,3	31 \pm 2,7	21,5 \pm 0,13	26,4 \pm 0,50
JF1.1	30 \pm 1,9	29 \pm 1,8	27,3 \pm 0,15	29,6 \pm 0,46
JF2	35 \pm 1,3	33 \pm 1,1	27,9 \pm 0,17	23,9 \pm 0,48
JF6	31 \pm 1,7	31 \pm 2,6	25,2 \pm 0,31	20,7 \pm 2,51

3.6.2. Proporción sexual

En la proporción sexual, expresada como el porcentaje de hembras presente en las capturas de cada año, no se observan patrones bien definidos. El año 2005 en todos los montes muestreados se encontró una mayor proporción de hembras, lo mismo ocurrió en 2006. Para 2007 ocurre lo mismo salvo para el monte JF6 que presenta un 45% de hembras. En el presente estudio el porcentaje de hembras es menor que en los años anteriores presentando un mínimo de 37% en JF2. Se debe considerar que en esta evaluación, si bien se utilizó cubrecopo de una menor luz de malla para los análisis de selectividad, aún así se observaron tallas más pequeñas que aumentaron considerablemente el grupo de peces inmaduros.

Tabla 24: Porcentaje de hembras en las capturas realizadas durante las evaluaciones hidroacústicas de los años 2005, 2006, 2007 y 2010.

Año	JF1	JF1.1	JF2	JF4	JF6	Periodo
2005	62%	-	58%	60%	-	Mayo – septiembre de 2005
2006	49%	50%	53%	-	60%	Octubre - noviembre 2006
2007	67%	56%	59%	-	45%	Octubre de 2007
2010	48%	51%	37%	-	41%	Octubre - noviembre 2010

4. DISCUSIÓN

El tamaño de las hembras de alfonsino a una misma edad, en general, es mayor que la de los machos, esto se evidenció en el presente trabajo al igual que en trabajos anteriores en la misma área (Roa-Ureta et al. 2008) y en trabajos realizados en las Islas Izu en el Pacífico cerca de Japón (Adachi et al. 2000) en Nueva Caledonia (Lehodey & Grandperrin 1996) y en las cercanías de Nueva Zelanda (Massey & Horn 1990). La máxima edad encontrada en el presente estudio fue de 12+ años, muy por debajo de la edad máxima reportada de 23 años en un ejemplar de 47,8 cm LH en las Islas Izu cerca de Japón (Adachi et al. 2000).

La captura de alfonsino en los montes submarinos han mostrado una mayor presencia de hembras desde los inicios de la pesquería en los años 2001 a 2003 (Guerrero & Arana 2009), estudios realizados posteriormente indican que persiste la misma tendencia en estos montes submarinos (Niklitschek et al. 2007a; Niklitschek et al. 2007b; Niklitschek et al. 2008; Roa-Ureta et al. 2008; Guerrero & Arana 2009), aunque no es la regla para todos los montes, sin que exista un patrón regular en ningún monte. Estos resultados no concuerdan con la relación entre sexo de 1:1 indicada para Nueva Caledonia por Lehodey et al (1997). En el presente estudio, al igual que en el realizado por Guerrero y Arana (2009), también se observa una dominancia de hembras en las tallas superiores esto puede ser resultado de una mayor tasa de crecimiento de las hembras (Massey & Horn 1990; Lehodey & Grandperrin 1996; Guerrero & Arana 2009) y/o a que los machos pudiesen presentar una mayor mortalidad (Guerrero & Arana 2009).

III. Caracterizar la composición de la captura incidental pelágica, demersal y bentónica, y su relación con variables abióticas como topografía, batimetría, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (objetivo 3).

Edwin J. Niklitschek, Eduardo Hernández, Pamela Toledo.

1. INTRODUCCIÓN

La pesquería del alfonsino en Chile se concentra en la cadena de montes submarinos que conforman el cordón de Juan Fernández, particularmente en tres de los seis montes principales de este cordón: JF1, JF2 y JF6, a los que se suma una pequeña colina situada al SW de JF1, denominada provisionalmente como JF1.1. Los montes submarinos corresponden a ecosistemas singulares (Pitcher et al. 2007) que han atraído creciente interés mundial por su estudio, explotación y conservación (Glover & Smith 2003). A pesar de este interés, se mantiene un cuadro general caracterizado por el pobre conocimiento y escaso o nulo nivel de muestreo biológico que afecta la mayoría de estos montes, tanto a nivel global como nacional (Stocks 2009; Clark et al. 2010b).

El bajo nivel de conocimiento y muestreo indicado obedeció primero a limitaciones tecnológicas para observar estos ecosistemas y, luego, a los altos costos asociados a la adquisición y operación de las nuevas tecnologías, especialmente en áreas remotas como Juan Fernández. De este modo, la mayor parte del limitado conocimiento existente sobre estos ecosistemas proviene de muestreos de oportunidad y/o registros de capturas incidentales en operaciones de pesca comercial en las áreas de interés. Estas fuentes de información conllevan evidentes e importantes limitaciones en cuanto a la cobertura espacial y temporal, y a la calidad y frecuencia de la información obtenida. En el caso de los montes submarinos chilenos, la información disponible sobre la biodiversidad y estructura comunitaria de los montes submarinos se limita a unas pocas campañas de muestreo zoológico (Parin et al. 1997), revisiones de literatura (Sepúlveda & Pequeño 1985; Melendez & Kong 2000; Pequeño & Lamilla 2000; Yañez et al. 2008; Gálvez-Larach 2009), reportes de cruceros acústicos de evaluación directa de alfonsino y/o orange roughy (Lillo et al. 1999; Boyer et al. 2004; Niklitschek et al. 2005; Niklitschek et al. 2007a; Niklitschek et al. 2007b; Niklitschek et al. 2008) y análisis retrospectivos de las capturas incidentales de la flota comercial que ha operado en el área (Niklitschek et al. 2010).

La operación de la flota pesquera chilena en el área de Juan Fernández comenzó a fines del siglo XX (Payá et al. 2006), llegando a niveles máximos de captura de 1870 ton de orange roughy en

2001 y de 9950 ton de alfonsino en 2003. Mientras que la pesquería de orange roughy fue cerrada por un acuerdo público-privado en 2006, la pesquería de alfonsino ha mostrado una declinación marcada en años recientes, con sólo 1109 ton capturadas en 2009. El análisis retrospectivo de la abundancia y estructura comunitaria de la ictiofauna capturada incidentalmente en la pesquería de orange roughy mostró impactos significativos y acumulativos, pero localizados del arrastre de fondo sobre estas especies (Niklitschek et al. 2010). Aunque un trabajo equivalente no ha sido desarrollado aún para la pesquería de alfonsino, se ha procedido a recopilar información análoga a la de dicho estudio, durante los cruceros hidroacústicos de evaluación directa de esta especie efectuados en los años 2005, 2006, 2007 y 2010.

En la presente sección, se ofrecen los resultados del análisis de la fauna capturada incidentalmente en los lances de identificación y caracterización de agregaciones de alfonsino correspondientes al año 2010. Junto con describir la composición específica de estos lances, se busca comparar las distintas zonas estudiadas (montes) y evaluar posibles relaciones entre la composición específica e índices comunitarios de cada zona con variables oceanográficas básicas del área: profundidad, temperatura, salinidad, densidad y saturación de oxígeno disuelto.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Fauna acompañante y captura incidental bentónica

En cada lance de pesca se separó manualmente la fauna concurrente por especie o morfotipo. Las claves taxonómicas utilizadas para la identificación de invertebrados bentónicos (corales y esponjas) correspondieron a las de Branch y Williams (1993), Opresko (2001; 2002; 2003; 2004; 2006), Wing & Barnard (2004), Cairns (2006) y Cairns et al. (2005). Para la identificación de peces óseos se utilizó las descripciones de Pequeño (1997) y Pequeño & Sáez (2004). En el caso de tiburones, se utilizó la clave taxonómica de Lamilla y Bustamante (2005) y Lamilla *et al.* (2008). Además se consultó las claves de Chirichigno (1974); Chirichigno & Vélez (1998) y Compagno (1984; 2001) y las guías fotográficas y esquemas para identificación de fauna íctica confeccionadas en el marco de proyectos anteriores de evaluación de recursos pesqueros en el área de estudio (Boyer et al. 2003; Niklitschek et al. 2005; Niklitschek et al. 2007a; Niklitschek et al. 2007b; Niklitschek et al. 2008). El responsable del muestreo biológico, Eduardo Hernández, cuenta con 6 años de experiencia en identificación de especies de profundidad.

Se fotografió y conservó un ejemplar de cada morfotipo identificado para la verificación de su identidad taxonómica en laboratorio, con excepción de aquellas especies comunes, cuyo error de identificación se consideró despreciable. Las especies ícticas fueron congeladas a -18°C y las especies bentónicas y planctónicas fueron fijadas en formalina al 10%. Una vez en laboratorio, fueron preservadas en etanol al 50% en agua de mar. Cada ejemplar conservado fue etiquetado con un código indicativo del barco, lance y ejemplar muestreado, posteriormente fue ingresado al inventario de muestras del Centro Trapananda de la Universidad Austral de Chile en Coyhaique.

En cada lance, los morfotipos de fauna concurrente fueron identificados y contados. Cuando las condiciones a bordo lo permitieron, una muestra aleatoria de 25 individuos de cada grupo fue medida (longitud total y estándar, cefalotorácica o radial) y pesada (peso total).

2.2. Muestreo oceanográfico

Para la caracterización de la columna de agua en las zonas de estudio se realizó perfiles hidrográficos con un CTD Seabird 19+ (salinidad, densidad, temperatura y oxígeno disuelto) hasta profundidades máximas de 600 m. En cada monte submarino se realizó al menos dos perfiles oceanográficos al término de cada uno de los tres ciclos de prospección. La localización de estos perfiles correspondió al centroide de las zonas de mayor densidad acústica de la especie-objetivo. A lo anterior se adicionó cuatro estaciones de referencia definidas como control inter-anual (Tabla 25).

Para la obtención de datos de salinidad y temperatura asociados a cada lance, se utilizó un sensor compacto de registro continuo, DST producido por Star-Oddi, montado en la red de pesca. Lamentablemente, el sensor de salinidad falló. En el caso del oxígeno disuelto y ante la imposibilidad logística de realizar un lance de CTDO por cada lance de pesca, se extrapoló horizontalmente el nivel medio de oxígeno, medido en las estaciones de una misma zona, a un mismo estrato batimétrico.

Tabla 25: Coordenadas de las estaciones oceanográficas de referencia utilizadas en las prospecciones de alfonsino.

Monte	Latitud	Longitud
JF1	33° 38,00'	78° 30,00'
JF2	33° 34,00'	77° 42,00'
JF5	33° 43,50'	79° 37,00'
JF6	33° 43,50'	79° 42,50'

2.3. Análisis de la información

2.3.1. Abundancia relativa de especies concurrentes

Se calculó y comparó la abundancia relativa (CPUE, ind·lance⁻¹·h⁻¹) de las principales taxas capturadas incidentalmente en los lances de identificación de alfonsino a través de un modelo delta (Pennington 1983; Roa-Ureta & Niklitschek 2007) donde se trató separadamente la media condicional de las observaciones positivas (CPUE⁺, modelo log-normal) y la probabilidad de presencia de una determinada especie en los lances de identificación (modelo binomial). De este modo la CPUE corresponde al producto de ambos submodelos, siguiendo las siguientes expresiones:

$$\log(\hat{CPUE}^+) = X\beta + \epsilon$$

$$\log\left(\frac{\hat{p}}{1-\hat{p}}\right) = X\hat{\beta} + \epsilon$$

$$\hat{CPUE} = \hat{p} \cdot \hat{CPUE}^+$$

$$V(\hat{CPUE}) = \hat{p}^2 \cdot V(\hat{CPUE}^+) + V(\hat{p}) \cdot (\hat{CPUE}^+)^2$$

donde X corresponde a la matriz de efectos fijos y $\hat{\beta}$ al vector de coeficientes de los modelos lineales generalizados (GLM) estimados para cada caso por máxima verosimilitud.

Mediante los GLMs antes descritos, se exploró el posible valor explicativo de las variables: zona (monte), profundidad y pendiente del fondo, CPUE de alfonsino (log-transformada), salinidad y temperatura del lance y oxígeno disuelto (porcentaje de saturación). Dada la improbable respuesta lineal de la abundancia relativa a las variables continuas profundidad, pendiente, salinidad, temperatura, sigma-T y oxígeno disuelto, éstas fueron evaluadas tanto como variables

continuas como categóricas. Para este último fin cada variable explicativa fue dividida en tres o cuatro categorías arbitrarias y equidistantes, las que buscaron agrupar los datos disponibles en un número aproximadamente equivalente de lances por categoría (Tabla 26). En el caso de la densidad (expresada como SIGMAT), se utilizó los umbrales convencionales de clasificación de masas de agua (Tabla 26).

Tabla 26: Categorías utilizadas para el análisis del efecto de variables explicativas continuas sobre la abundancia relativa de especies concurrentes.

Variable explicativa	Categoría I	Categoría II	Categoría III	Categoría IV
Profundidad	≤ 375	376-425	426-475	476-525
Pendiente	$\leq 1,0$	1,1-2,0	2,1-3,0	$> 3,0$
Salinidad	$\leq 34,36$	34,361-34,37	34,371-34,38	$> 34,38$
Temperatura	$\leq 7,0$	7,1-8,0	$> 8,0$	
Sigma-T	ASSA($> 25,7$)	AESS($> 26,34$)	AIA($> 26,97$)	AP($> 27,39$)
Oxígeno disuelto (% saturación)	$\leq 40,0$	41-50	> 50	

Para la selección de variables explicativas dentro de los GMLs construidos para la media condicional y para la probabilidad de presencia de cada especie, se utilizó el criterio del menor índice de información de Akaike (AIC), siguiendo un procedimiento “hacia atrás”, desarrollado a partir de dos modelos iniciales, uno basado en la expresión lineal de las variables y el otro basado en su expresión categórica (Tabla 26). Un procedimiento similar se utilizó posteriormente para seleccionar el modelo delta más informativo.

2.3.2. Estructura comunitaria

Se calculó los siguientes seis índices comunitarios (Magurran 2004):

- Riqueza específica absoluta
- Índice de riqueza específica de Margalef
- Índice rarificado, $n=17$ (Hsieh & Li 1998)
- Índice de diversidad de Shannon-Wiener
- Índice de equidad de Pielou
- Índice de dominancia de Simpson

La relación entre cada índice comunitario y las posibles variables explicativas ya indicadas fue evaluado a través de un análisis clásico de varianza (Zar 1999), pero implementado bajo el esquema de un modelo lineal general, asumiendo una distribución normal de los errores del modelo (McCullagh & Nelder 1989). Se construyó matrices de similitud global, por zona, estrato de batimetría y/o pendiente, y categoría de abundancia relativa de alfonsino. Se realizó un análisis exploratorio orientado a formular hipótesis (modelos) acerca de la posible estructura de la comunidad. Para ello, se utilizó métodos multivariados clásicos, tales como análisis jerárquico de conglomerados (Sokal & Sneath 1963) de componentes principales (Legendre & Legendre 1998) y de escalamiento multidimensional no lineal (Cox & Cox 2001).

En general se trabajó con los datos \log_e -transformados y se utilizó la distancia Euclidiana como medida de similitud. Para el análisis de la relación entre la composición específica y variables oceanográficas potencialmente explicativas, se utilizó análisis multinomial y el procedimiento de Clarke & Ainsworth (1993) orientado a identificar, mediante comparaciones iterativas entre la matriz biológica de similitud y la matriz de variables abióticas, los sub-grupos de variables abióticas que mejor se correlacionen con la matriz biológica.

Las hipótesis referentes a la estructura comunitaria, generadas por el análisis exploratorio, fueron sometidas a prueba mediante una aproximación basada en modelos logísticos multinomiales para categorías no ordenadas (McCullagh & Nelder 1989), empleando la prueba de razón de verosimilitud, para los modelos anidados y el índice de información de Akaike para los modelos no anidados. La correlación entre matrices biológicas y oceanográficas (rho de Spearman ponderado) fue evaluado a través del test de Mantel usando el procedimiento de permutación descrito por Clarke y Warwick (1994), implementado en la librería “vegan” de R (Oksanen et al. 2011).

2.3.3. Especies indicadoras de ecosistemas vulnerables

Se aplicó experimentalmente, a cada lance, la metodología de identificación de ecosistemas marinos vulnerables propuesta a la Organización Regional de Pesca del Pacífico Sur (ORP-PS) por Nueva Zelanda (Penney et al. 2008). Este método considera la presencia/ausencia y abundancia relativa (peso por lance) de 12 especies indicadoras de ecosistemas marinos protegidos. Está basado en las orientaciones generales de FAO y pretende ser el estándar a aplicar en las aguas internacionales que son jurisdicción de la ORP-PS.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización oceanográfica

Una mirada general de todos los montes muestran una capa superficial de mezcla ubicado en los primeros 50 a 80 metros con valores de temperatura entre 14° y 15°C, valores de salinidad que fluctuaron entre 34,0 y 34,2 y valores de oxígeno alrededor de 6 ml/l. Bajo esta capa superficial se encontraron tres clinas en profundidades entre 120 y 220 m generadas por la presencia de ASAA (aguas subantárticas). En todos los montes tanto la haloclina como la oxiclina se presentaron de manera más intensa, mientras que la termoclina fue más moderada. Los perfiles de salinidad tienden a presentar el mínimo alrededor de los 150 m de profundidad con valores cercanos a 34. La concentración mínima de oxígeno se observa cerca de los 220 m de profundidad con valores cercanos a 1 ml/l, excepto para JF6 que presenta una mayor concentración a esa profundidad (3 ml/l). El diagrama T-S muestra la presencia de AST (agua subtropical), ASAA (agua subantártica) y de AESS (agua ecuatorial subsuperficial), esta última no se observa en JF6 dado que los lances en este monte se realizaron hasta los 300 m. Sólo para el monte JF1, donde fue posible obtener registros más profundos se observa la presencia de AIA (agua intermedia Antártica) con salinidad alrededor de 34,3, temperatura cercana a 5°C y concentración de oxígeno de 4 ml/l (Figuras 17, 18, 19 y 20).

Para el monte JF1 la estructura vertical de temperatura mostró una capa superficial isothermal cercana a los 50 m de profundidad, bajo ella se encontró una suave termoclina que alcanza los 150 m. El perfil de salinidad presenta dos haloclinas, la segunda ubicada, entre los 180 y 200 m es de mayor intensidad; el valor máximo de salinidad cercano a 34,5 y es consistente con la mínima de oxígeno de 1 ml/l ambas a una profundidad de 220 m indicando la presencia de AESS. Se observan dos oxiclinas para este monte la primera se presenta hasta los 220 m, luego viene una segunda hasta los 600 m de profundidad a partir de la cual se observa una concentración de oxígeno medianamente constante cercano a los 4 ml/l. El diagrama TS muestra la presencia de ASAA en la capa superficial, con influencia de aguas más cálidas, probablemente Agua Subtropical (AST). Las AESS mostraron salinidades y temperaturas dentro de los valores esperados (Figura 17).

El monte JF2 presentó un capa de mezcla hasta los 50 metros aproximadamente bajo la cual se observa la termoclina que llega hasta los 150 m de profundidad y comienza un descenso gradual

de la temperatura. La haloclina en cambio llega hasta los 220 m de profundidad con una salinidad máxima de 34,5. La oxiclina por su parte se presenta hasta los 220 m con un valor mínimo de 1 ml/l que coincide con el valor máximo de salinidad. El diagrama T-S muestra la presencia de ASAA y AESS como masas de agua representativas de las profundidades muestreadas (Figura 17).

El monte JF5 no presenta una termoclina marcada, más bien se observa un descenso gradual de la temperatura. El perfil de salinidad muestra una fuerte haloclina entre los 150 y 220 m de profundidad con valores de que van de 34,0 a 34,5. La oxiclina se presenta hasta los 220 m con un valor mínimo de oxígeno de 1 ml/l que coincide con el valor máximo de salinidad. El diagrama T-S muestra la presencia de dos masas de agua principales ASAA y AESS con características de salinidad y temperatura dentro de los rangos normales (Figura 18).

En el monte JF6 se realizaron mediciones sólo hasta los 250 m. En el perfil de temperatura no se observa una termoclina bien definida. El mínimo de salinidad se presenta a los 180 m mientras que el mínimo de oxígeno se observa a los 220 m siendo éste de 3 ml/l. El diagrama T-S indica la presencia principal de AST y de ASAA al menos hasta el rango de profundidad muestreado (Figura 19).

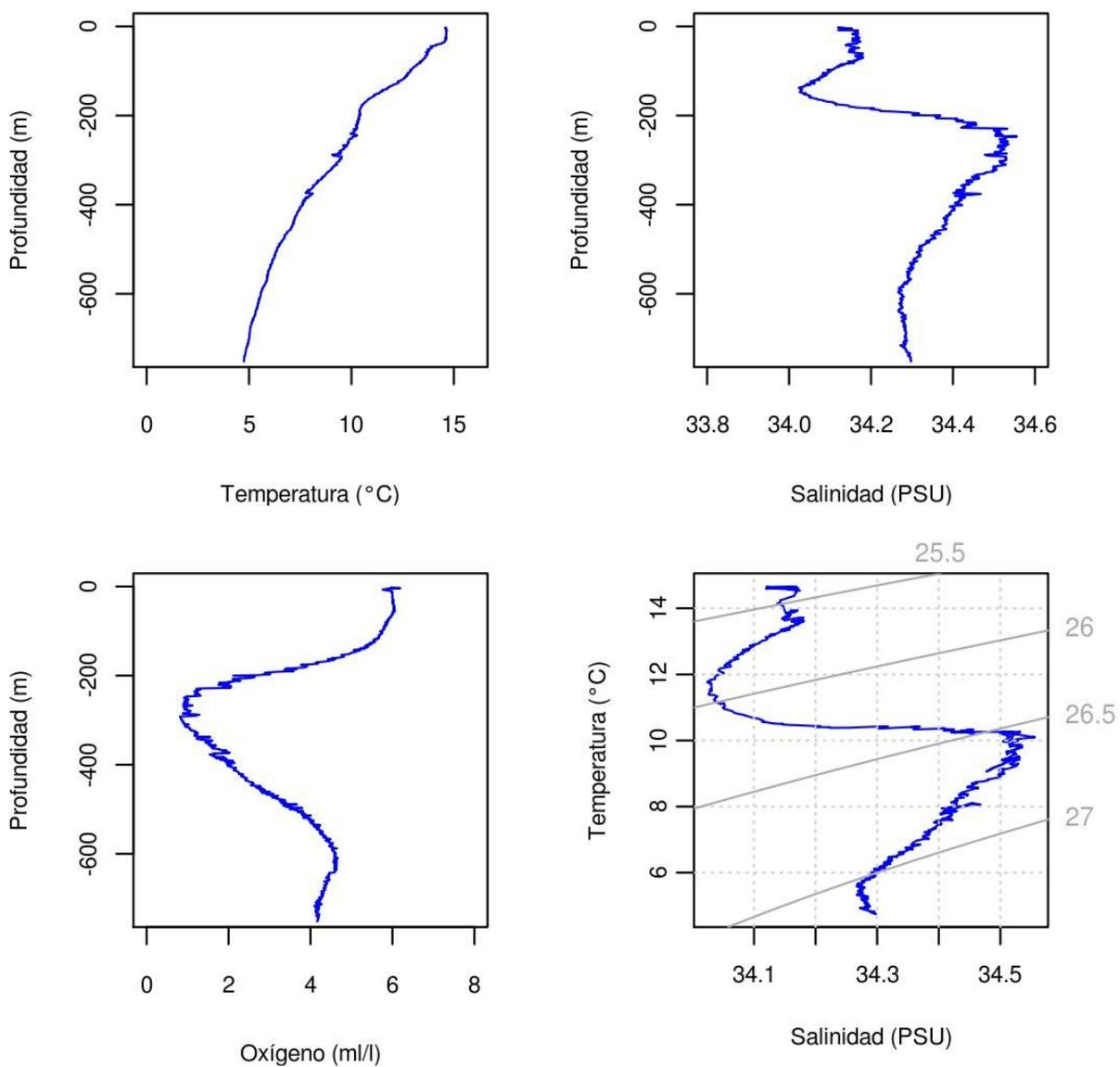


Figura 17: Perfiles verticales de temperatura, salinidad oxígeno disuelto y diagrama TS del monte JF1 año 2010

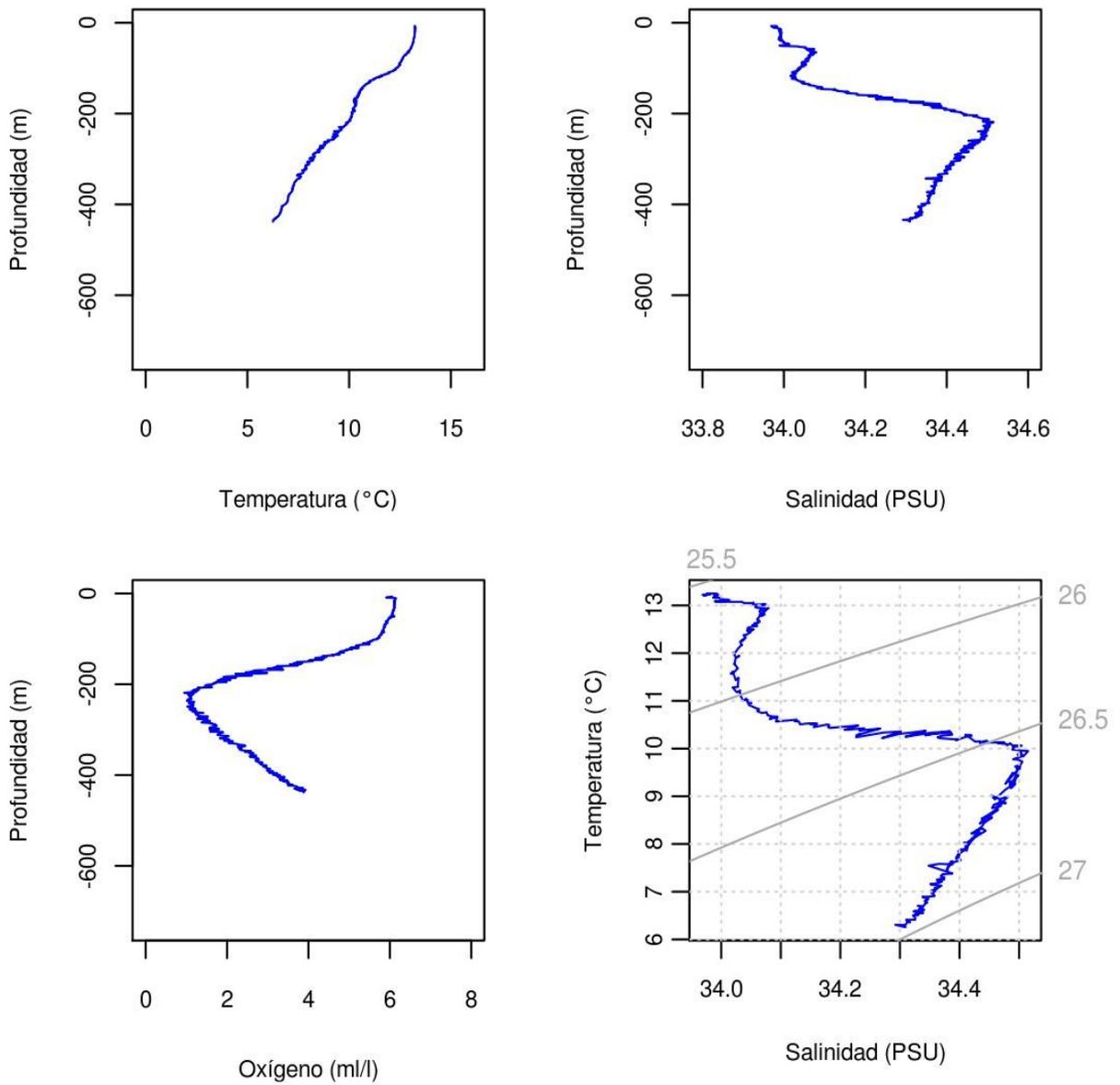


Figura 18: Perfiles verticales de temperatura, salinidad oxígeno disuelto y diagrama TS del monte JF2 año 2010

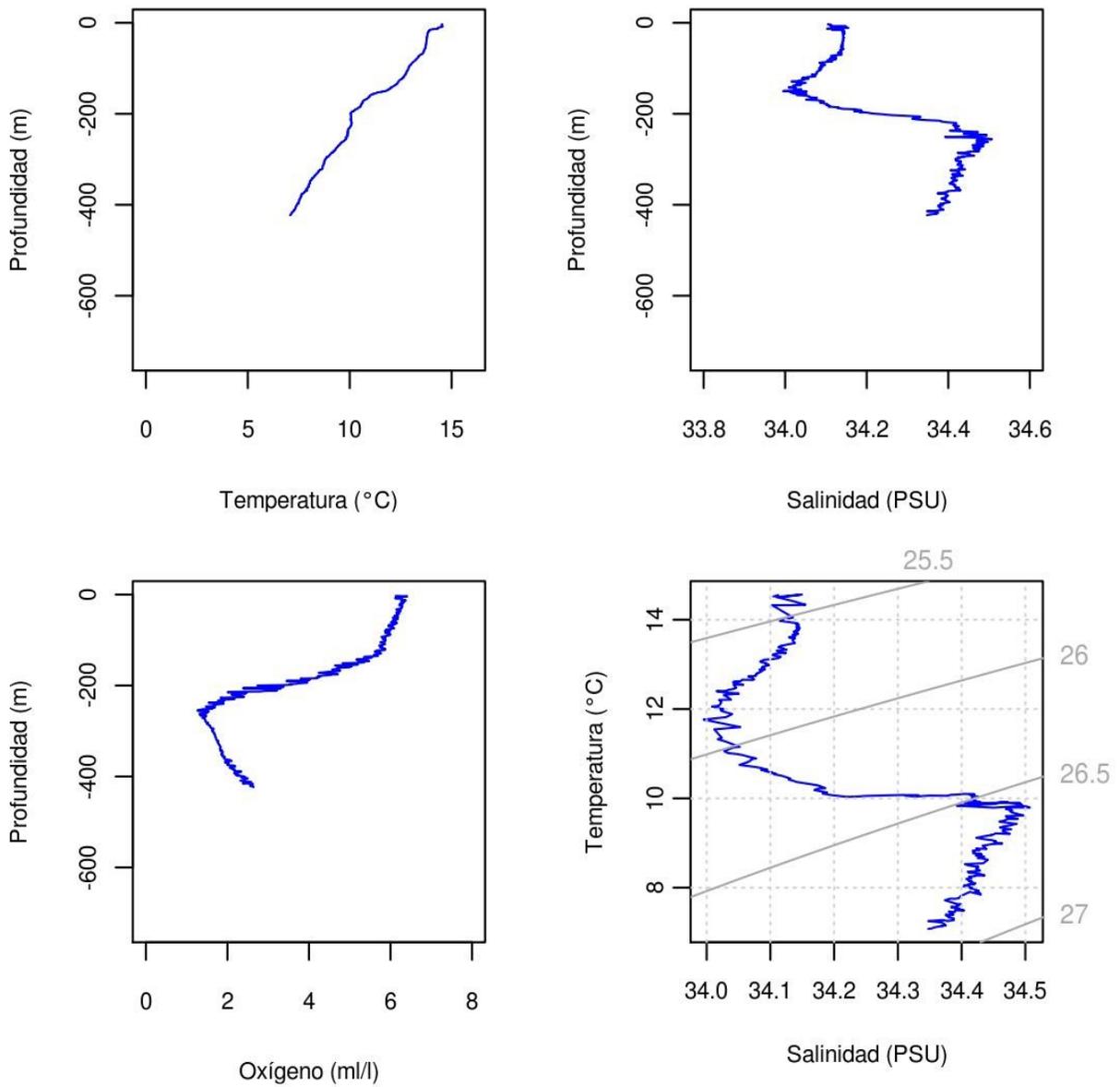


Figura 19: Perfiles verticales de temperatura, salinidad oxígeno disuelto y diagrama TS del monte JF5 año 2010

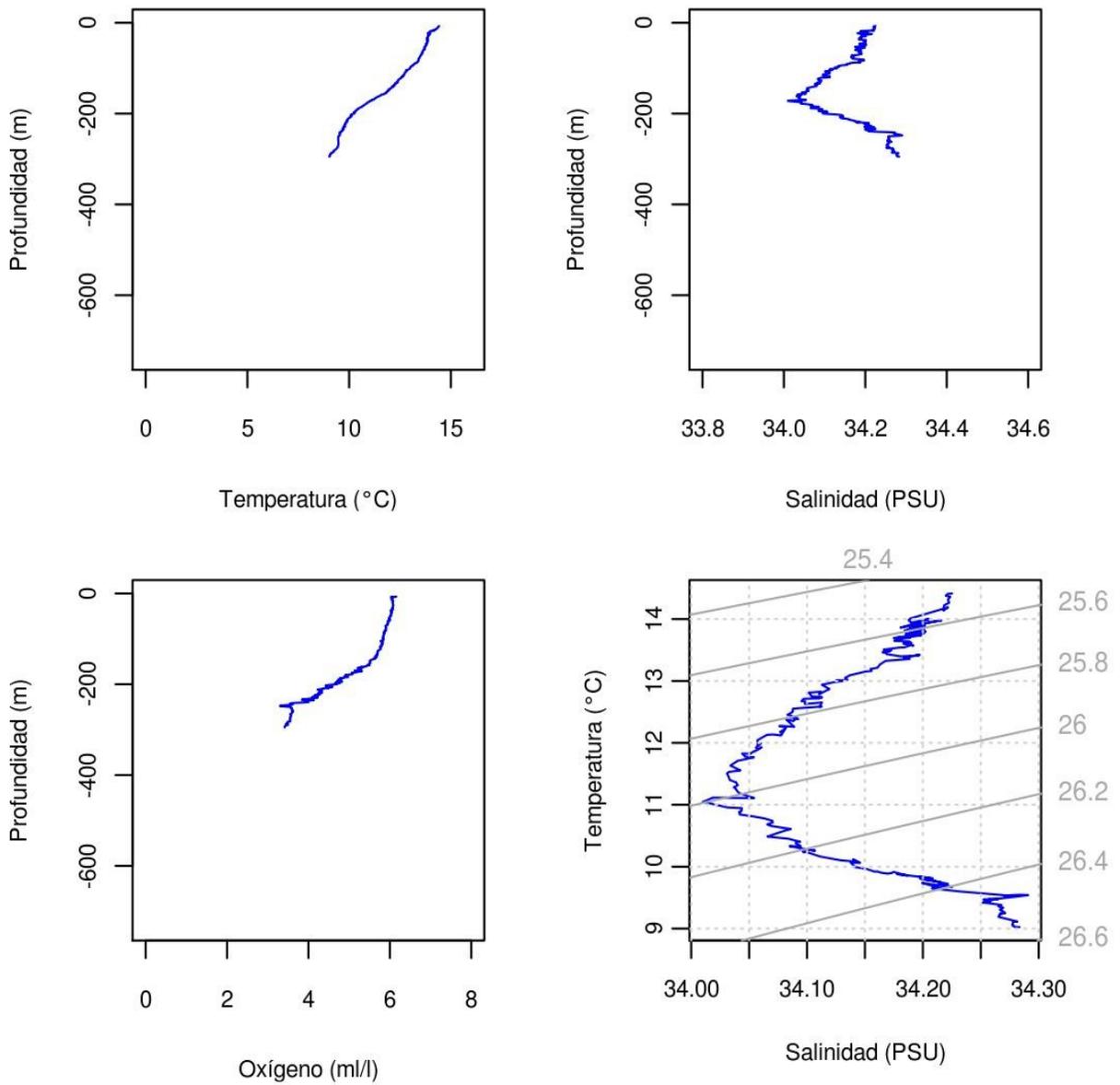


Figura 20: Perfiles verticales de temperatura, salinidad oxígeno disuelto y diagrama TS del monte JF6 año 2010.

3.2. Abundancia relativa de especies concurrentes

En el conjunto de lances de identificación efectuados se capturó un total de 4.510 individuos pertenecientes a 46 taxa, distribuidas en los siguientes 7 phyla: Annelida, Arthropoda, Cnidaria, Chordata, Echinodermata, Mollusca y Poryfera (Tabla 27). Las cifras anteriores excluyen a alfonsino, especie dominante cuya captura total fue estimada en 169.390 individuos, equivalentes a un 97,4% del total capturado durante el período de estudio. La captura total de corales y anémonas (Cnidaria) alcanzó a 0,323 kg. Veinticinco de estas 46 taxa aparecieron en sólo un lance y fueron excluidas de los análisis posteriores de estructura de comunidades. De manera similar se excluyó aquellos lances con presencia de sólo una especie, situación que fue encontrada en dos de los 39 lances de identificación.

Las ocho taxa más importantes (en número) correspondieron a chancharro de Juan Fernández *Sebastes oculatus*, pejerrey de Juan Fernández *Emmelichthys nitidus*, granadero común *Coelorinchus fasciatus*, langosta enana *Projasus bahamondei*, congrio de profundidad *Pseudoxenomystax albescens*, jibia *Dosidicus gigas*, granadero chileno *Coelorinchus chilensis* y besugo de Juan Fernández *Epigonus atherinoides*. El conjunto de estas ocho especies fue equivalente al 95,8% del total de la fauna concurrente capturada.

El análisis de abundancia *relativa* (CPUE, ind·lance⁻¹·h⁻¹) indicó diferencias significativas entre especies, tanto respecto de la media condicional de la CPUE (Tabla 28), como de la probabilidad de presencia de las distintas especies en los lances de pesca (Tabla 29). De acuerdo a lo estimado por el modelo delta, las mayores abundancias relativas correspondieron en su mayoría a peces *S. oculatus*, *E. nitidus*, *C. fasciatus*, *P. bahamondei*, *P. albescens*, *D. gigas*, granadero Aconcagua *Coelorinchus aconcagua* y *E. atherinoides*. Llama la atención la relativa importancia de jibia, molusco pelágico que fue probablemente capturado durante el ascenso de la red de arrastre y de langosta enana, crustáceo bentónico característico de la zona. Las máximas abundancias relativas de estas especies fueron, no obstante bajas, con valores máximos de 4,8 ind·lance⁻¹·h⁻¹ y 43,0 ind·lance⁻¹·h⁻¹ para jibia y langosta enana, respectivamente (Figura 21).

Tabla 27: Fauna concurrente capturada en lances de identificación de agregaciones de alfonsino *Beryx splendens* en cuatro montes submarinos del Archipiélago de Juan Fernández. Taxon indica el menor nivel taxonómico posible de identificar. Total capturado expresado en número total de individuos capturado por monte, excepto para *Anthipathes* sp. y *Leiopathes* sp. expresado en kilogramos (*).

Phylum	Taxon	N° de lances				Total capturado (N° o kg)			
		JF1	JF1.1	JF2	JF6	JF1	JF1.1	JF2	JF6
Annelida	Polychaeta	0	1	0	0	0	2	0	0
Arthropoda	<i>Chaceon chilensis</i>	0	3	0	0	0	8	0	0
Arthropoda	Crustacea	1	0	0	0	1	0	0	0
Arthropoda	<i>Paromola rathbuni</i>	1	1	0	0	1	1	0	0
Arthropoda	<i>Projasus bahamondei</i>	0	4	9	0	0	7	220	37
Chordata	<i>Arctozenus risso</i>	1	0	0	0	11	0	0	4
Chordata	<i>Argyropelecus olfersii</i>	0	0	1	0	0	0	1	0
Chordata	<i>Astronesthes bouleengeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	2
Chordata	<i>Brama australis</i>	1	1	0	0	1	1	0	1
Chordata	<i>Callanthias australis</i>	0	2	0	0	0	3	0	0
Chordata	<i>Caprodon longimanus</i>	0	5	0	0	0	8	0	0
Chordata	<i>Centroscyllium nigrum</i>	0	1	0	0	0	1	0	0
Chordata	<i>Chauliodus sloani</i>	0	0	0	0	0	0	0	15
Chordata	<i>Coelorinchus aconcaagua</i>	0	1	6	0	0	38	36	0
Chordata	<i>Coelorinchus chilensis</i>	0	5	0	0	0	21	0	0
Chordata	<i>Coelorinchus fasciatus</i>	3	19	4	0	102	512	46	0
Chordata	<i>Coelorinchus kaiyomaru</i>	0	9	0	0	0	35	0	0
Chordata	<i>Emmelichthys nitidus</i>	3	17	6	0	25	972	49	0
Chordata	<i>Epigonus atherinoides</i>	2	4	0	0	18	63	0	0
Chordata	<i>Epigonus crassicaudus</i>	1	2	1	0	9	13	2	0
Chordata	<i>Gadella obscurus</i>	0	3	0	0	0	6	0	0
Chordata	<i>Idiacanthus atlanticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	2
Chordata	<i>Maurolicus parvipinnis</i>	0	0	1	0	0	0	2	0
Chordata	<i>Merluccius</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0	0
Chordata	<i>Mora moro</i>	0	12	0	0	0	24	0	0

Phylum	Taxon	N° de lances				Total capturado (N° o kg)			
		JF1	JF1.1	JF2	JF6	JF1	JF1.1	JF2	JF6
Chordata	<i>Nannobrachium achirus</i>	0	1	0	0	0	1	0	10
Chordata	<i>Nezumia pudens</i>	0	7	0	0	0	15	0	0
Chordata	<i>Notacanthus sexspinis</i>	0	1	0	0	0	1	0	0
Chordata	<i>Pseudoxenomystax albescens</i>	2	14	5	0	4	157	12	1
Chordata	<i>Ruvettus pretiosus</i>	0	1	0	0	0	1	0	0
Chordata	<i>Schedophilus</i> sp.	0	4	0	0	0	7	0	0
Chordata	<i>Sebastes oculatus</i>	3	21	9	0	314	1253	188	0
Chordata	<i>Serrivomer sector</i>	0	0	0	0	0	0	0	3
Chordata	<i>Squalus acanthias</i>	1	4	1	0	1	4	2	0
Chordata	<i>Squalus mitsukurii</i>	3	1	0	0	34	1	0	4
Chordata	<i>Stomias boa boa</i>	0	0	0	0	0	0	0	36
Chordata	<i>Torpedo tremens</i>	0	1	0	0	0	1	0	0
Cnidaria	<i>Anthipathes</i> sp. (*)	0	1	0	0	0	0.145	0	0
Cnidaria	Actinaria	1	2	0	0	2	2	0	0
Cnidaria	<i>Leiopathes</i> sp.(*)	0	4	0	0	0	0.174	0	0
Echinodermata	Asteroidea	0	0	1	0	0	0	1	0
Mollusca	Cephalopoda	0	0	0	0	0	0	0	1
Mollusca	<i>Dosidicus gigas</i>	1	11	1	0	49	21	2	82
Mollusca	Gastropoda	0	1	0	0	0	1	0	0
Mollusca	<i>Loliginidae</i>	0	1	0	0	0	1	0	0
Poryfera	Poryfera	0	1	0	0	0	1	0	0

La abundancia relativa de las distintas especies presentó también diferencias significativas entre montes (Figura 21, Tablas 28 y 29). De este modo, mientras que chancharro de Juan Fernández fue la especie dominante en la captura incidental de los montes JF1 y JF1.1, langosta enana fue la especie más importante en los montes JF6 y JF2. La abundancia relativa de langosta enana en este último monte ($17.1 \text{ ind}\cdot\text{lance}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) fue, no obstante, muy similar a la de chancharro de Juan Fernández ($16.5 \text{ ind}\cdot\text{lance}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$).

Además de las diferencias entre montes submarinos, fue posible observar importantes diferencias en la distribución batimétrica de las capturas de las principales especies concurrentes. Mientras

que jibia y besugo de Juan Fernández mostraron una distribución más superficial, granadero Aconcagua y langosta enana fueron capturados casi exclusivamente en lances realizados en el intervalo de 376-425 m. Las especies que presentaron mayores abundancias relativas en los estratos más profundos (426-475 y 476-525 m) correspondieron a granadero común y pejerrey de Juan Fernández (Figura 22).

El análisis de potenciales variables explicativas para la CPUE indicó que el sub-modelo condicional basado en variables categóricas (AIC=1004,3) fue superior al sub-modelo condicional basado en la expresión lineal de las mismas (AIC=1012,9). Siguiendo el primer sub-modelo se identificó efectos significativos de las variables zona (monte submarino), salinidad, profundidad y temperatura (Tabla 28), las que afectaron a las distintas especies de manera global (efectos principales) e individual (interacciones con la variable taxon). La captura de alfonsino (log-transformada) afectó de manera global al conjunto de especies existiendo una correlación positiva entre ésta y la CPUE de la fauna concurrente.

En el caso del sub-modelo logístico, la expresión categórica de las variables explicativas mostró también ser más informativa (AIC=1277,4) que su equivalente lineal (AIC=1297,5). El proceso de selección identificó como significativos los efectos principales de taxon, zona, profundidad, salinidad y temperatura, y la interacción entre taxon y zona (Tabla 29). De este modo, los sub-modelos seleccionados para la media condicional y la probabilidad de presencia de la fauna concurrente (modelo logístico) fueron similares, pero se diferenciaron en que este último excluyó los efectos de la captura (log-transformada) de alfonsino y las interacciones entre taxon y las variables profundidad, salinidad y temperatura.

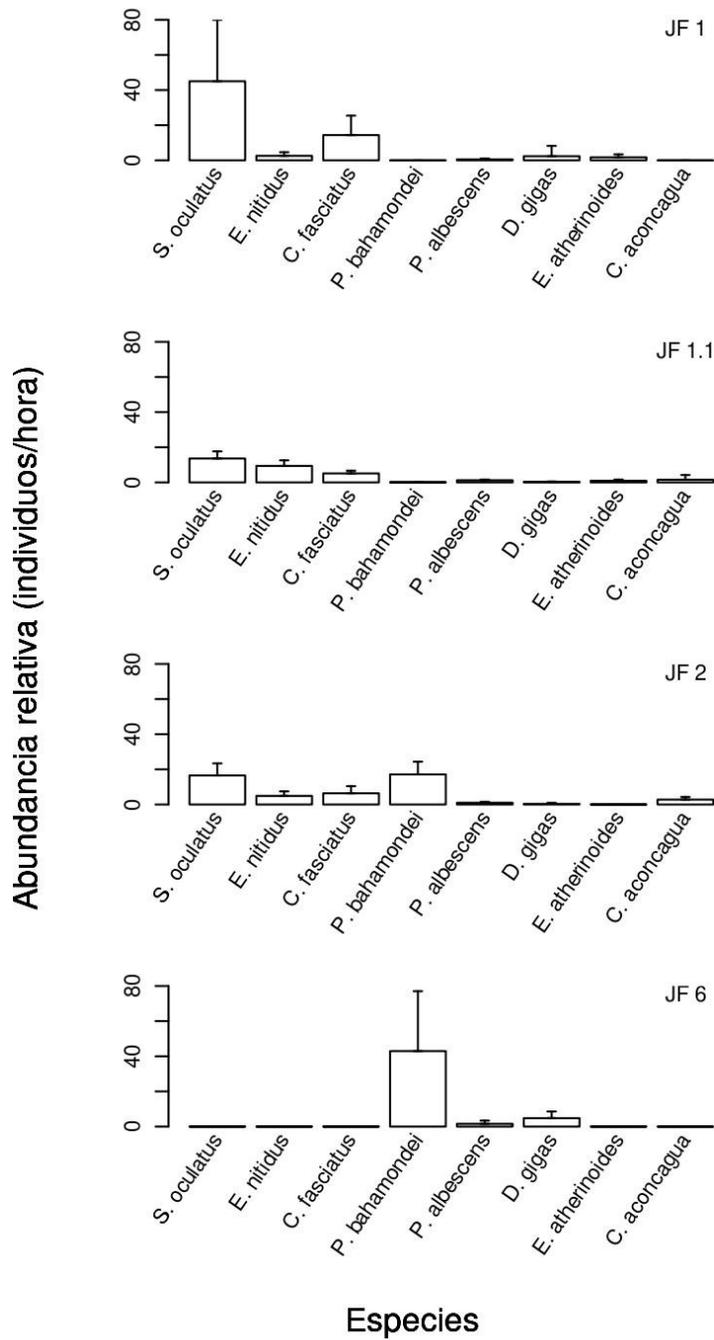


Figura 21: Abundancia relativa de las ocho principales especies capturadas incidentalmente en lances de identificación de alfoncino *Beryx splendens*, en cuatro montes submarinos del Archipiélago de Juan Fernández: *Sebastes oculatus*, *Emmelichthys nitidus*, *Coelorinchus fasciatus*, *Projasus bahamondei*, *Pseudoxenomystax albescens*, *Dosidicus gigas*, *Epigonus atherinoides* y *Coelorinchus aconcagua*. Barras de error corresponden a errores estándar.

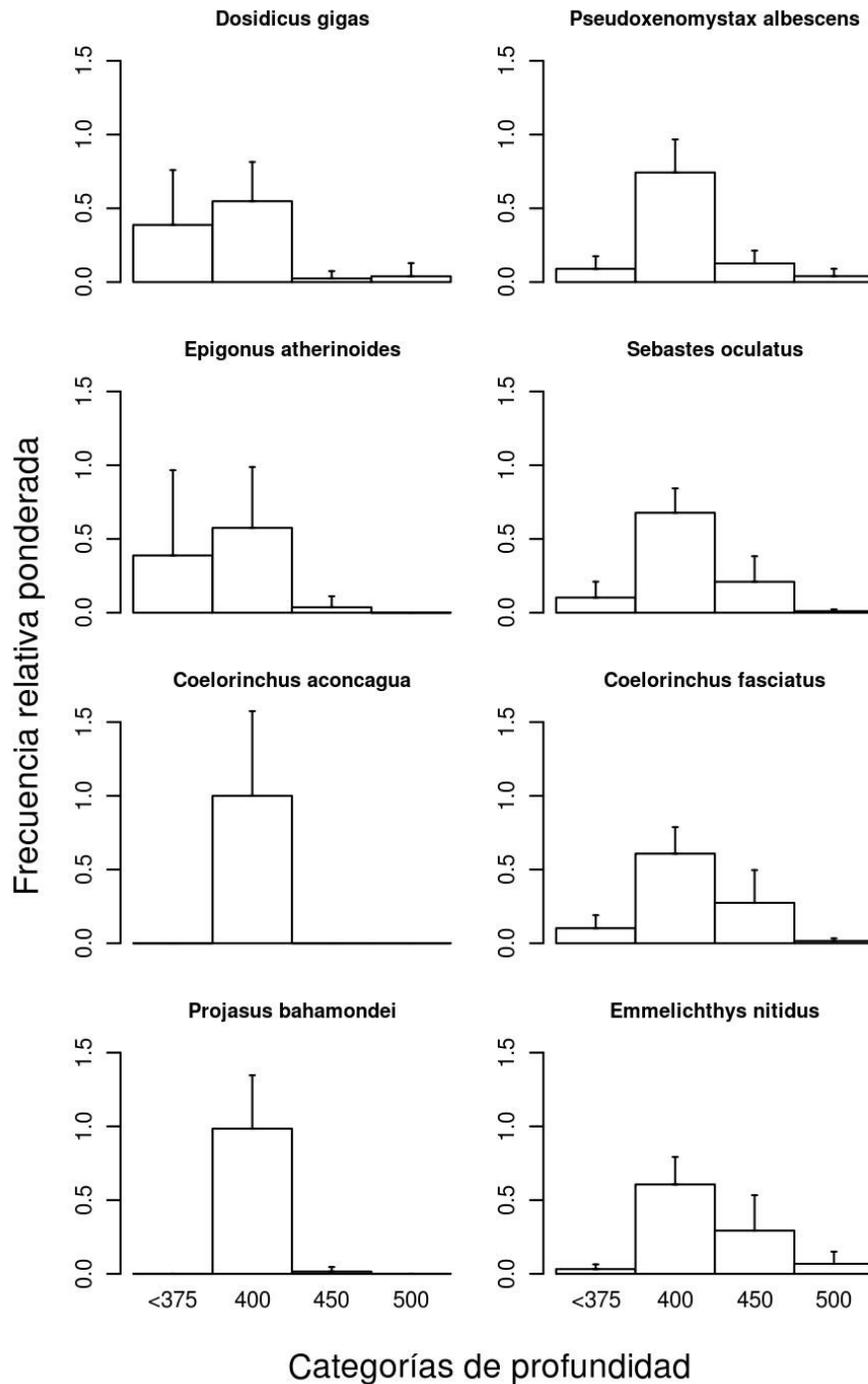


Figura 22: Frecuencia relativa ponderada (por CPUE) de las ocho principales especies capturadas incidentalmente en lances de identificación de alfonsino *Beryx splendens* en montes submarinos del Archipiélago de Juan Fernández, según estrato batimétrico. Categorías de profundidad corresponden a marcas de clase de sus respectivos intervalos de 50 m. Barras de error corresponden a errores estándar.

Tabla 28: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado correspondiente a la media condicional, $\log(\text{CPUE}|\text{CPUE}>0)$, de la abundancia relativa (CPUE, ind·lance⁻¹·h⁻¹) de las distintas especies de fauna presentes en los lances de identificación de alfonsino. Variables explicativas añadidas de manera secuencial.

Efecto	Grados de libertad	Devianza	Grados residuales	Devianza residual	$p(>\chi^2)$
Nulo			324	2853.3	
Taxon	46	2410.5	278	442.8	<0.0001
Zona	3	26.2	275	416.6	<0.0001
Profundidad	3	11.7	272	404.9	<0.00
Temperatura	2	15.9	270	389.0	<0.00
Salinidad	3	22.5	267	366.5	<0.0001
log(captura alfonsino)	1	8.7	266	357.8	<0.01
Taxon*zona	22	90.0	244	267.7	<0.0001
Taxon*profundidad	32	41.3	212	226.4	<0.1
Taxon*temperatura	9	16.9	203	209.5	<0.05
Taxon*salinidad	18	32.1	185	177.4	<0.05

Tabla 29: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado (distribución binomial, función de enlace logit) correspondiente a la probabilidad de presencia de las distintas especies de fauna en los lances de identificación de alfonsino. Variables explicativas añadidas de manera secuencial.

Efecto	Grados de libertad	Devianza	Grados residuales	Devianza residual	$p(>\chi^2)$
Nulo			2209	3062.3	
Taxon	47	1871.6	2162	1190.7	<0.0001
Zona	3	12.9	2159	1177.8	<0.01
Profundidad	3	15.4	2156	1162.4	<0.01
Salinidad	3	15.3	2153	1147.1	<0.01
Taxon*zona	138	257.7	2015	889.4	<0.0001

3.3. Estructura comunitaria

3.3.1. Composición de especies

El análisis multinomial de la composición relativa de las especies capturadas incidentalmente en los distintos lances de identificación de alfonsino indicó diferencias significativas entre montes ($p > \chi^2 < 0.0001$). El análisis de contrastes entre zonas, sólo permitió identificar diferencias significativas entre las zonas JF1 y JF6. La composición específica de los lances fue, asimismo afectada ($p > \chi^2 < 0.0001$) por las variables profundidad, salinidad, temperatura, saturación de oxígeno disuelto y captura (log-transformada) de alfonsino, excluyéndose como no significativas, las variables pendiente del fondo y sigma-t. El modelo que utilizó la versión categorizada de las variables profundidad, salinidad, temperatura y saturación de oxígeno disuelto mostró ser más informativo (AIC=11.750) que aquel que utilizó la versión linearizada de las mismas (AIC=12.191).

El análisis de correlación entre las matrices biótica y abiótica (Clarke & Ainsworth 1993), por su parte, seleccionó las variables temperatura y saturación de oxígeno disuelto como las variables de mayor potencial explicativo, cuya correlación global con respecto a la matriz de correspondencia biológica alcanzó un valor significativo de correlación (Spearman) de 0,39 (test de Mantel, $p < 0,05$).

El análisis de escalamiento multidimensional no-lineal (AEM) alcanzó un ajuste moderado, con un stress de 0,19, mostró efectos forzantes importantes de los taxa *Brama australis* (eje multidimensional 2), *Projasus bahamondei* y *Coelorinchus aconcagua* (eje multidimensional 1). El AEM mostró una ordenación evidente de los lances pertenecientes a las distintas zonas de pesca en función de ambos ejes multidimensionales, segregándose las zonas JF6, JF2 y JF1.1 a lo largo del eje multidimensional 1, y las zonas JF1.1. y JF1 a lo largo del eje multidimensional 2 (Figura 23). Las variables oceanográficas categóricas asociadas a estos mismos lances mostraron, sin embargo, niveles bastante menores de ordenación, sin llegar a formar grupos homogéneos en el espacio bidimensional (Figura 23). Dentro de este cuadro general, la menor sobreposición relativa de las categorías analizadas fue observada para los cuatro estratos de profundidad incluidos en el análisis.

El análisis de componentes principales (ACP) mostró una débil capacidad explicativa, cuyos dos primeros componentes explicaron apenas un 35% de la varianza total. Estos resultados, junto a la débil capacidad exhibida para segregar las observaciones provenientes de distintas zonas (Figura 24), desincentivaron mayores análisis basados en esta técnica.

3.3.2. Asociaciones entre especies

El análisis jerárquico de conglomerados reflejó una asociación fuerte entre la mayoría de las especies que fueron capturadas incidentalmente en los lances de alfonsino (Figura 25). Entre las especies que presentaron mayor similaridad se destaca el grupo compuesto por *Coelorinchus fasciatus*, *Schedophilus* sp., *Brama australis*, *Mora moro*, *C. kaiyomaru* y *C. aconcagua*. Este análisis fue también ilustrativo de algunas especies que parecieron estar débilmente asociadas al conglomerado principal, incluyendo dos escualos, *Squalus acanthias* y *Squalus mitsukurii*, la langosta bentónica *Projasus bahamondei* y la especie mesopelágica *Emmelichthys nitidus* (Figura 25). En contraste, el análisis binario de distancias jaccard reflejó débiles asociaciones, $\geq 0,5$ en todos los casos. El grupo que presentó la mayor similitud fue el binomio compuesto por *Epigonus atherinoides* y *Actinaria* (Figura 26).

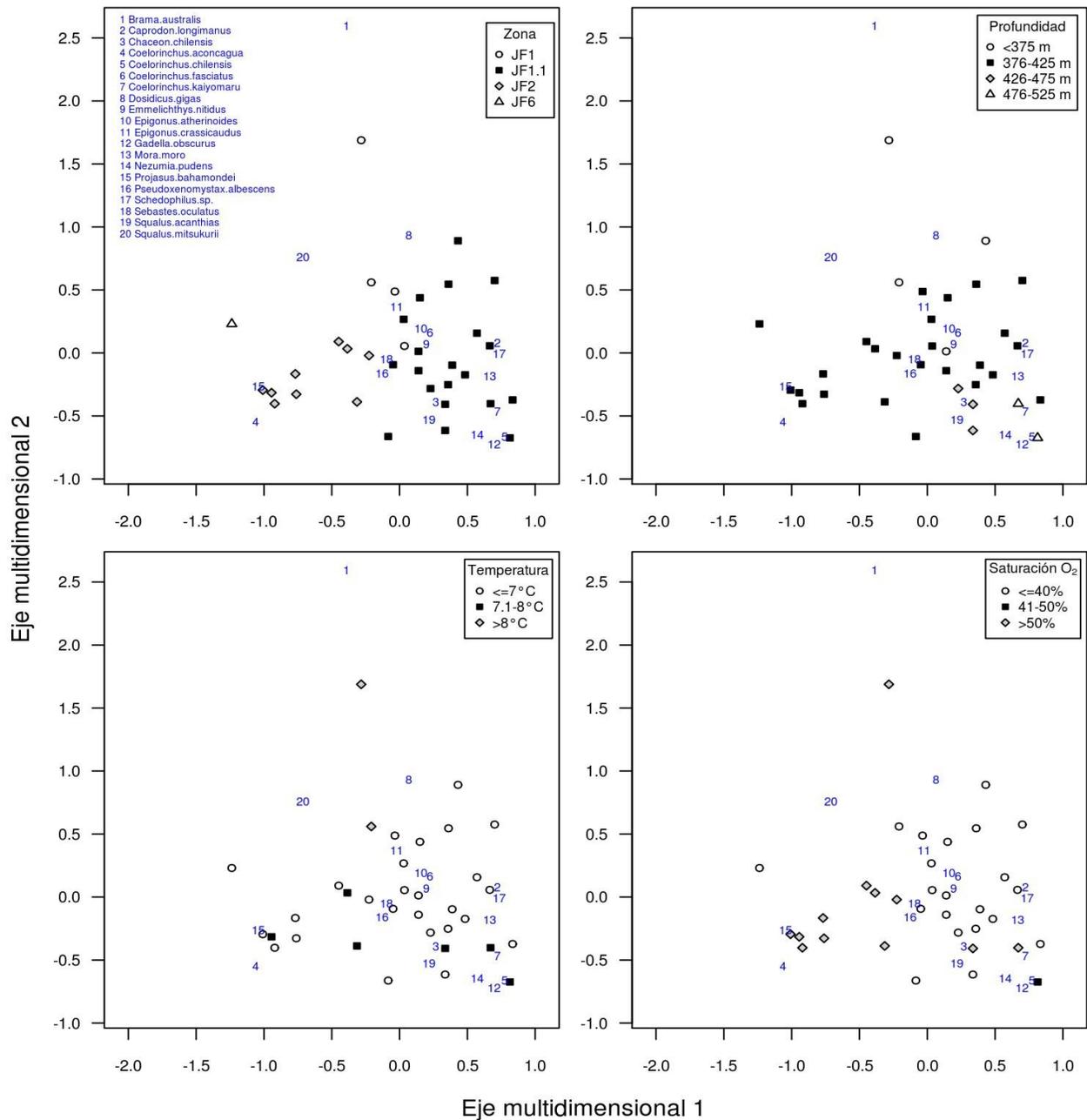


Figura 23: Plot bivariado del escalamiento multidimensional no-lineal de la composición de especies capturadas incidentalmente en lances de identificación de alfonsino (por lance). Símbolos representan lances según su pertenencia a categorías espaciales (zona) y oceanográficas (profundidad, temperatura media y saturación de oxígeno disuelto). Números corresponden a la posición de los taxa utilizadas para construir el modelo (ver clave en panel superior izquierdo).

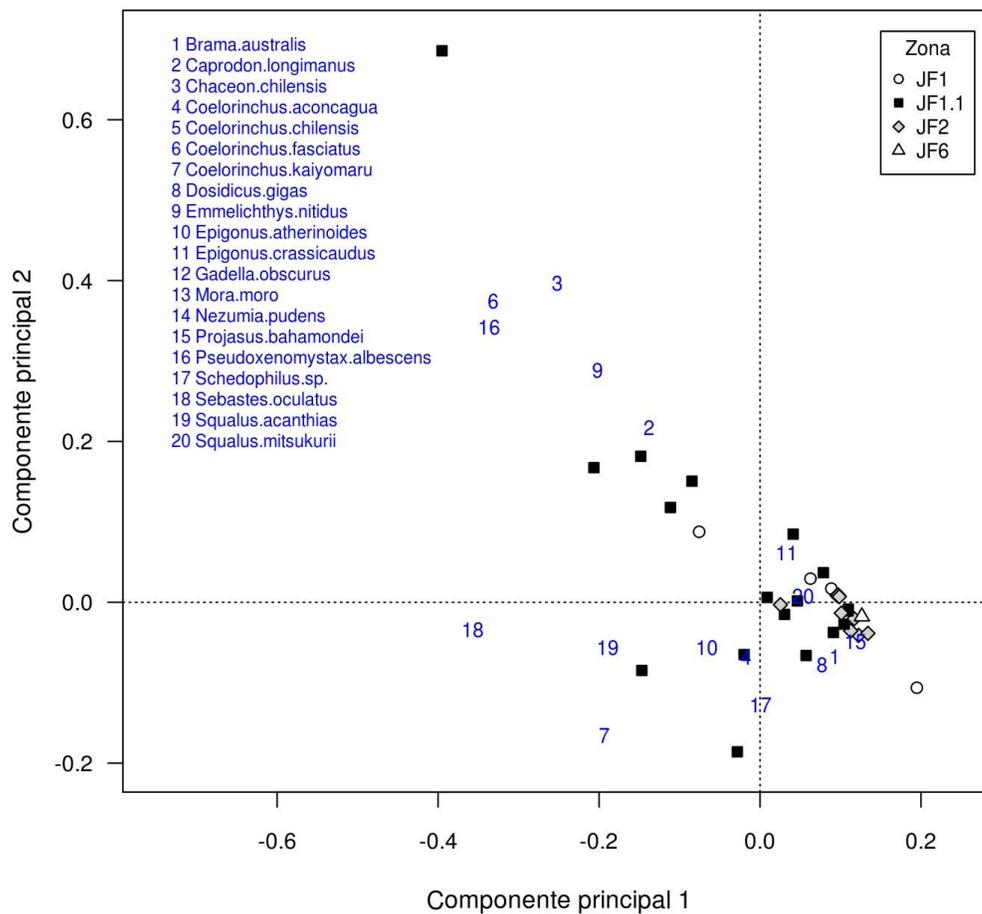


Figura 24: Plot bivariado de la posición relativa de lances y especies en función de los dos primeros componentes principales construidos a partir de la composición específica de lances de identificación de alfonsino. Símbolos representan lances y zona de captura. Números representan los 20 taxa utilizados para el análisis (clave inserta en sector superior izquierdo).

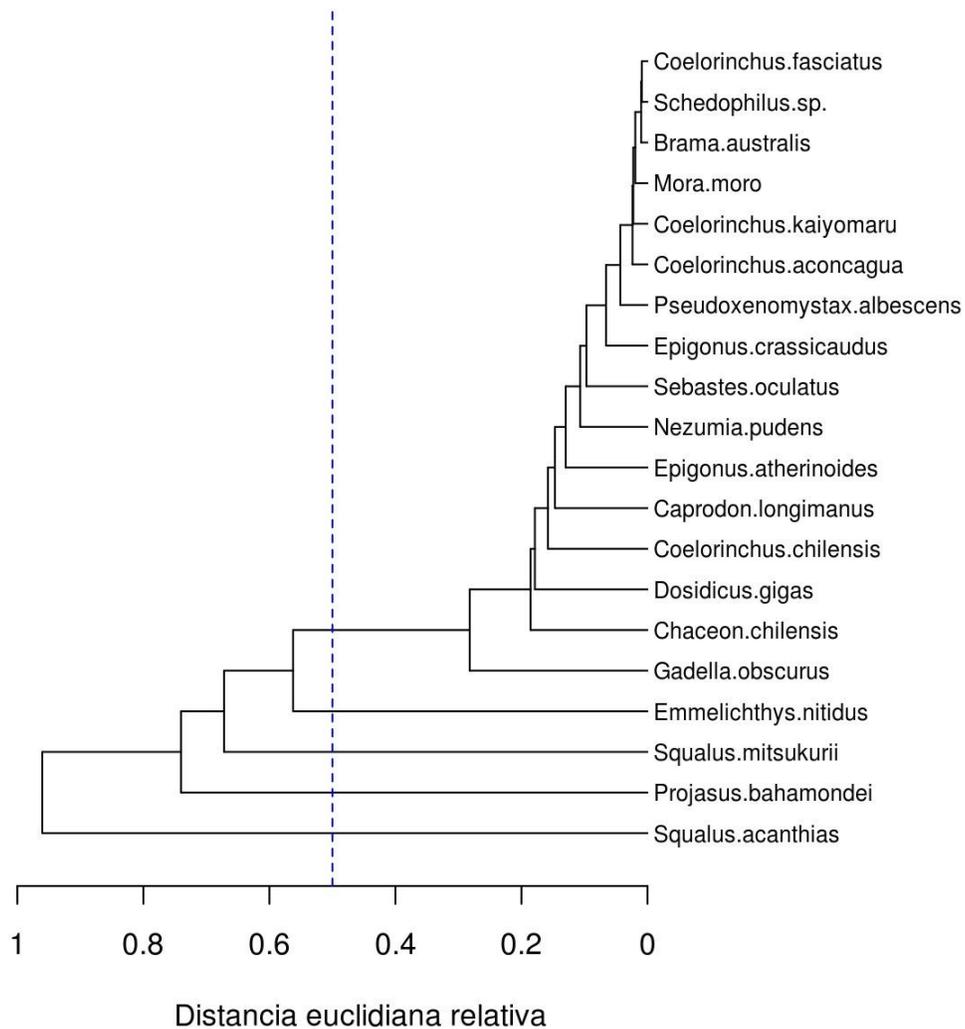


Figura 25: Dendrograma de distancias euclidianas promedio, relativas a la máxima distancia calculada para la matriz de similaridad de la captura incidental (en número) de la fauna presente en lances de identificación de alfonsino *Beryx splendens*. Se excluye alfonsino, especies con presencia en menos de tres lances y lances con presencia de menos de tres especies

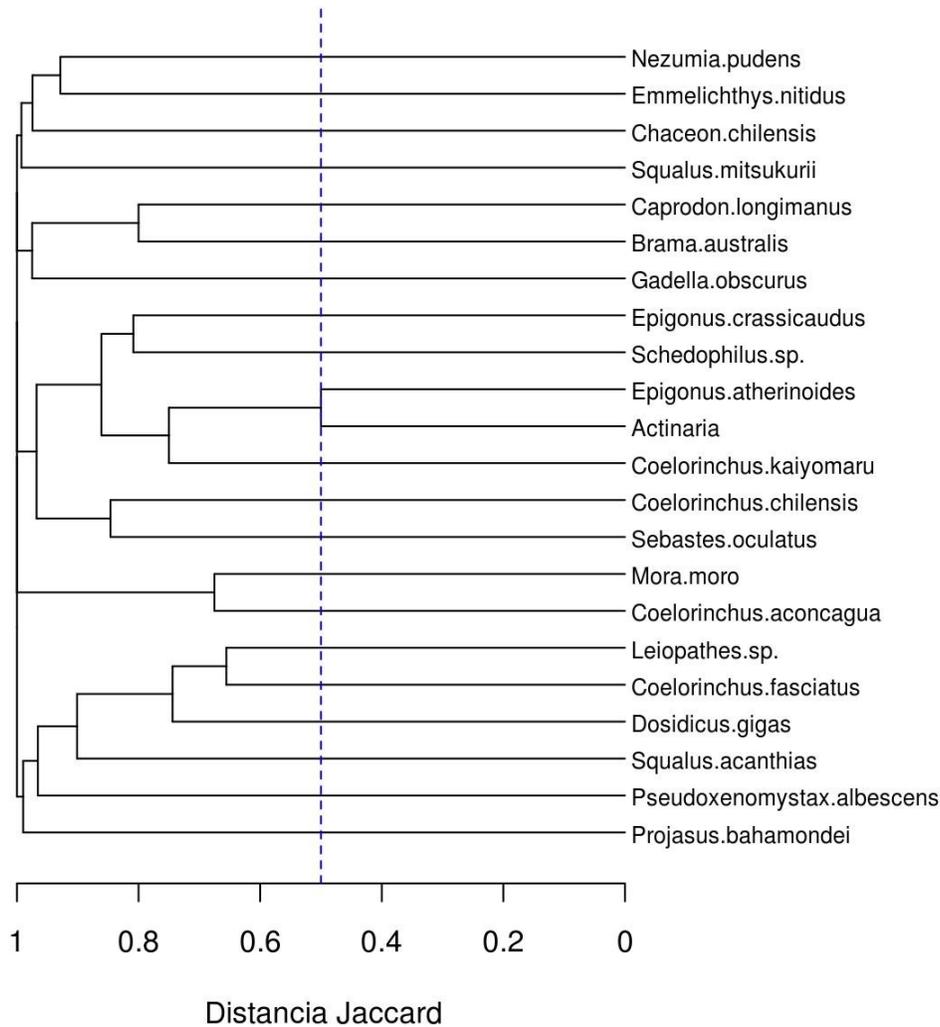


Figura 26: Dendrograma de distancias Jaccard promedio de los valores de presencia/ausencia de la fauna capturada incidentalmente en lances de identificación de alfonsino *Beryx splendens*. Se excluye alfonsino, especies con presencia en menos de tres lances y lances con presencia de menos de tres especies.

3.3.3. Diversidad

Los índices de riqueza específica mostraron gran variabilidad entre lances, dentro de montes, con extremos absolutos de 1 y 16 especies por lance, ambos en el monte JF1.1 (Figura 27). Esta notoria variabilidad enmascaró posibles diferencias entre montes, las que sólo llegaron a ser significativas al comparar los montes JF1.1 y JF6 ($p < 0,05$). El análisis de covariables indicó, no obstante, que la riqueza específica (índice rarificado a 17 individuos) fue afectada

significativamente por las variables zona, temperatura y captura (log-transformada) de alfonsino (Tabla 30). Los efectos de estas dos últimas variables mostraron ser positivos en la escala lineal y categórica, es decir, la mayor riqueza específica fue obtenida en lances caracterizados por una mayor captura de alfonsino y temperaturas del fondo >8°C.

Tabla 30: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado correspondiente a la riqueza específica rarificada a un número estandarizado de 17 individuos de la fauna capturada incidentalmente en lances de identificación de agregaciones de alfonsino. Variables explicativas añadidas de manera secuencial.

Efecto	Grados de libertad	Devianza	Grados residuales	Devianza residual	p(> χ^2)
Nulo			28	33.2	
Zona	3	9.1	25	24.1	<0,001
Temperatura	2	4.4	23	19.7	<0,05
log(captura alfonsino)	1	8.9	22	10.9	<0,0001

Los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de Simpson (-log[D]) presentaron un patrón similar, donde los montes JF1, JF1.1 y JF2 exhibieron valores medios entre 0,5 y 1,5, significativamente mayores ($p < 0,05$) que el monte JF6 (Figura 27). Ni en el caso del índice de Shannon-Wiener ni en el de Simpson se encontró evidencia de diferencias pareadas significativas entre JF1, JF1.1 y JF2 ($p > 0,1$). Los análisis de variables explicativas potenciales indicaron, al igual que en el caso de la riqueza específica, efectos significativos y positivos de las variables temperatura (estratificada) y captura (log-transformada) de alfonsino, tanto para el caso del índice de Shannon-Wiener (Tabla 31) como para el de Simpson.

El índice de equidad de Pielou mostró sus mayores valores en el monte JF2 (Figura 27), el que presentó diferencias significativas respecto a JF1 y JF6 ($p < 0,01$). Las restantes comparaciones pareadas no arrojaron resultados significativos. El análisis de potenciales covariables explicativas sólo indicó efectos significativos y positivos de la zona y tamaño de la captura (log-transformada) de alfonsino.

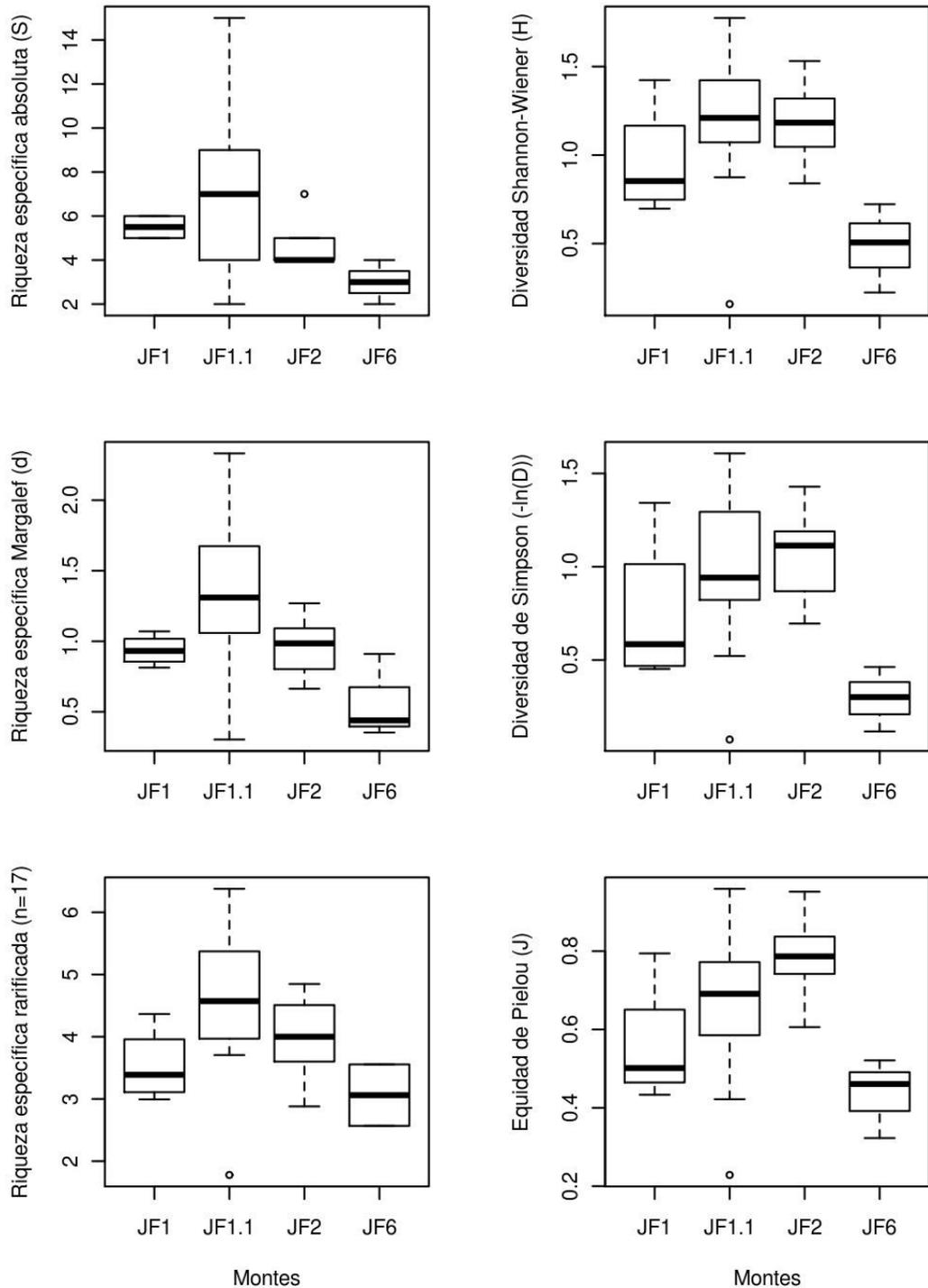


Figura 27: Índices de riqueza específica (panel izquierdo) y de diversidad y equidad (panel derecho) construidos en base a las especies capturadas incidentalmente en cada lance de identificación de alfonsino *Beryx splendens*, excluyendo esta última especie.

Tabla 31: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado correspondiente al índice de diversidad de Shannon-Wiener para la fauna capturada incidentalmente en lances de identificación de agregaciones de alfonsino *Beryx splendens*. Variables explicativas añadidas de manera secuencial.

Efecto	Grados de libertad	Devianza	Grados residuales	Devianza residual	$p(>\chi^2)$
Nulo			28	3.84	
Zona	3	1.13	25	2.71	<0,001
Temperatura	2	0.43	23	2.27	<0.05
log(captura alfonsino)	1	0.88	22	1.39	<0,001

Tabla 32: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado correspondiente al índice de equidad de Pielou, para la fauna capturada incidentalmente en lances de identificación de agregaciones de alfonsino *Beryx splendens*. Variables explicativas añadidas de manera secuencial.

Efecto	Grados de libertad	Devianza	Grados residuales	Devianza residual	$p(>\chi^2)$
Nulo			28	0,75	
Zona	3	0.26	25	0,49	<0,001
log(captura alfonsino)	1	0.11	24	0,38	<0,01

3.3.4. Especies indicadoras de ecosistemas vulnerables

De los 40 lances muestreados, sólo uno alcanzó un puntaje indicador de EMV=3, es decir, igual al umbral mínimo requerido para declarar un área como EMV de acuerdo al protocolo propuesto por Penney et al (2008) a la Organización regional de Pesca del Pacífico Sur. Este lance fue efectuado en el monte JF1.1 y, aunque en pequeñas cantidades, evidenció presencia de tres taxa indicadoras: Poryfera, Actinaria y Antipatharia (*Leiophates* sp.). El 97,5% restante de los lances se encontró por debajo de este umbral, con un 85% del total lances exhibiendo un puntaje igual a cero, es decir, sin presencia de los 11 taxa indicadores de EMV propuestos por Penney et al (2008).

Tabla 33: Frecuencia de puntajes indicadores de ecosistemas marinos vulnerables (Penney et al. 2008) obtenidos por los distintos lances de pesca efectuados en los montes submarinos del área de estudio.

Puntaje EMV	Frecuencia por zona				Porcentaje
	JF1	JF1.1	JF2	JF6	
0	3	19	9	3	85,0%
1	1	3	0	0	10,0%
2	0	1	0	0	2,5%
3	0	1	0	0	2,5%

4. DISCUSIÓN

Los perfiles verticales de todos los montes muestran valores similares en el tiempo. La profundidad de la capa de mezcla durante el mes de octubre ha sido cercano a los 100 m de profundidad en los lances realizados durante las evaluaciones de los años 2005, 2006 y 2007. El promedio de temperatura superficial ha variado entre 14°C (2007, 2010) y 16°C (2006) mostrando siempre el predominio hasta aproximadamente los 200 m de ASAA a partir de los cuales se observa la presencia de AEES. La termoclina tiende a ubicarse entre los 80 y 180 m siendo de menor intensidad que las haloclinas y oxiclinas. Las menores salinidades se han presentado históricamente entre los 180 y 220 m de profundidad siendo de valores en torno a los 33.9 ml/l que coincide con los valores de máximo de oxígeno que es cercano a los 4 ml/l. Los valores de los diagramas de TS muestran la predominancia de AST en en superficie seguida por ASAA y AEES con la presencia de AIA a mayores profundidades (Niklitschek et al. 2007a; Niklitschek et al. 2007b; Niklitschek et al. 2008).

El muestreo de tipo censal de las capturas incidentales obtenidas durante los lances de identificación de alfonsino mostró que estas no superaron el 2,6 % del total de individuos capturados, cifra consistente e incluso inferior a la reportada en estudios anteriores (Niklitschek et al. 2007a; Niklitschek et al. 2007b; Niklitschek et al. 2008) donde se ha mostrado el predominio de lances mono-específicos, con niveles de captura incidental menores al 5% del total de individuos capturados. Coincidiendo también con años anteriores, las mayores capturas incidentales correspondieron a chancharro *Sebastes oculatus* y pejerrey de Juan Fernández

Emmelichthys nitidus. Lllaman, sin embargo la atención, las capturas de langosta enana *Projasus bahamondei* y jibia *Dosidicus gigas* que, aun alcanzando totales de sólo 254 y 164 individuos capturados, llegaron a ser más importantes que la mayoría de las demás especies concurrentes, representando 5,9% y 3,4% del total de la captura incidental. No es posible comparar estos resultados con años anteriores, donde sólo se reportó la captura de la ictiofauna concurrente.

Langosta enana es una especie característica de fondos duros ubicados a menos de 550 m de profundidad en montes submarinos del Pacífico SE (Parin 1991; Retamal & Arana 2000), esta especie ha recibido cierta presión de pesca en aguas nacionales e internacionales (Gálvez-Larach 2009), pero no cuenta con medidas de administración o conservación. Su presencia en los lances de pesca, refleja tanto su relativa abundancia en el área, como el contacto directo del arte de arrastre con el fondo. En el caso de jibia, este es un recurso que puede ser considerado de presencia ocasional en la zona insular de Juan Fernández. Siendo una especie pelágica, su presencia en las muestras de arrastre de fondo corresponde muy probablemente al resultado de eventos de captura incidental durante el virado de la red. Esta situación hace pensar en que la abundancia de jibia en el área podrían tener algún grado de importancia mayor a la esperada y que se debiera monitorear cambios eventuales en su abundancia y distribución en el archipiélago.

Tanto la distribución espacial y batimétrica de los lances como el arte de pesca empleado para la obtención de la información analizada en esta sección proveen una visión incompleta de la estructura de la comunidad demersal y bentónica de los montes submarinos estudiados. La distribución espacial y batimétrica de los lances se vio fuertemente condicionada por el objetivo principal del proyecto, es decir, la estimación de la biomasa y abundancia de alfonsino. De este modo, lejos de seguir un diseño orientado a representar toda el área de estudio, la gran mayoría de los lances fue dirigida a identificar agregaciones de alfonsino ya detectadas acústicamente, concentrándose en las áreas de mayor presencia del recurso y en el rango batimétrico de 375 a 525 m. Estas restricciones del diseño de muestreo limitan la posibilidad de extrapolar estos resultados a toda el área de estudio y pueden explicar, por ejemplo, la ausencia de *Etmopterus granulosus*, especie común en la pesquería de orange roughy que se desarrolla en estos mismos montes, pero en áreas adyacentes (Clark et al. 2010a; Niklitschek et al. 2010).

El análisis de la correlación entre variables oceanográficas y composición de especies, se vio también limitado por el restringido rango de condiciones oceanográficas presentes en las sub-áreas muestreadas. De este modo, sólo tres masas de aguas fueron representadas en el estudio, con un 89% de los lances muestreados representando aguas ecuatoriales subsuperficiales (AESS),

8% aguas intermedias antárticas (AIA) y sólo 3% aguas subsuperficiales antárticas. A estas limitaciones se sumó la fuerte correlación entre temperatura, salinidad, saturación de oxígeno y densidad ($\sigma\text{-T}$) lo que tiende a confundir sus posibles efectos y podría explicar cierta inconsistencia en las variables explicativas seleccionadas por distintas aproximaciones metodológicas (análisis multinomial, MDS, glm).

Otra fuente de sesgo que, muy probablemente, afectó nuestros resultados fue la selectividad del arte sobre la fauna concurrente. En primer lugar, la red de fondo utilizada fue diseñada para la captura de peces en sustratos duros, lo cual implica saltar por sobre accidentes topográficos menores (rocas, grietas) y, de paso, excluir una fracción importante, quizá la mayor parte, de los organismos bentónicos presentes en los fondos arrastrados. De acuerdo a la experiencia del equipo de trabajo, la selectividad del arte utilizado es, sin embargo, insuficiente para explicar por sí sola la escasa presencia de corales (<0,5 kg en todos los lances), los que pueden encontrarse en abundancias sustancialmente mayores en arrastres de fondo efectuados sobre suelos vírgenes. De esta manera, los resultados obtenidos sugieren que la mayor parte de los lances del presente crucero se habría desarrollado sobre fondos arrastrados previamente, en los cuales se ha detectado pérdidas importantes y progresivas de biodiversidad (Niklitschek et al. 2010).

La menor diversidad observada en el monte JF6 contrasta con la historia de la pesquería que reporta una presión de pesca relativamente menor en esta área. Esta aparente paradoja podría explicarse por la abrupta topografía del monte, que, de acuerdo a lo informado de manera consistente por los patrones de pesca, limita las áreas arrastrables a una pequeña fracción del monte, la cual podría concentrar mayores impactos por unidad de superficie que otras zonas del área de estudio.

En general, estimamos que el mayor valor de la recopilación y análisis de datos de fauna concurrente se encuentra en la generación de series históricas que permitan determinar cambios en los patrones de distribución y abundancia de la fauna concurrente ya sea en respuesta a la actividad pesquera, como a cambios ambientales de escala global. En el análisis de estas series de tiempo se debe considerar, no obstante, el efecto acumulativo del arrastre (Niklitschek et al. 2010) y la lentitud esperable de los procesos de regeneración del hábitat que podría llegar a cientos de años en el caso de estructuras coralinas de profundidad (Rogers 2004).

IV. Estimar el patrón de selectividad relativa de las redes empleadas para la captura comercial y la evaluación científica de alfonsino en Juan Fernández (objetivo 4).

Edwin Niklitschek^{1,2}, Ruben Roa-Ureta³ & Eduardo Hernández¹

¹Universidad Austral de Chile, Centro Trapananda

²Universidad de Los Lagos, Centro i~mar.

³Consultor independiente

1. INTRODUCCIÓN

La estimación del patrón de selectividad del arte sobre un recurso distribuido en pequeños parches, altamente agregados, con evidencia de segregación por tallas resulta extremadamente compleja. La gran variabilidad entre lances, inherente a la situación descrita, reduce la potencia estadística, especialmente la de enfoques basados en lances alternados como los usados en años anteriores. La utilización de cubrecofos externos lleva, no obstante a problemas derivados del cambio en las propiedades hidro-dinámicas de la red. Sin perjuicio de estos últimos problemas, y considerando que las limitaciones de costo y disponibilidad de días-barco impiden realizar un elevado número de lances, se privilegió un enfoque basado en cubrecofo, aunque también se realizó lances alternados.

En los términos de referencia del presente estudio, al igual que en la mayoría de las investigaciones relacionadas con la selectividad de las artes de pesca, se conjugan tres conceptos de selectividad (Millar & Fryer 1999):

- *curva de selectividad de la población $s(l)$* : la probabilidad de que un pez de talla l perteneciente a la población evaluada sea capturado
- *curva de selectividad de la fracción disponible $a(l)$* : la probabilidad de que un pez de talla l disponible para el arte de pesca sea capturado
- *curva de selectividad de contacto o matriz de retención $r(l)$* : la probabilidad de que un pez que entre en contacto con el arte sea retenido y capturado

Mientras que $s(l)$ representa la curva de selectividad más importante para un escalamiento insesgado de las observaciones acústicas, las técnicas convencionales de análisis, basadas en cubrecofos o redes gemelas, sólo permiten la estimación de $r(l)$, el que resulta ser, a menudo,

un estimador sesgado de $s(l)$. Estimaciones directas de $a(l)$ o $s(l)$ requieren de tecnologías avanzadas de observación directa cuya demanda de equipos y horas-barco excede las posibilidades del presente estudio.

Como consecuencia de lo anterior, el objetivo central de este análisis corresponde a la comparación de la matriz de retención de la red científica usada en las evaluaciones directas de alfonsino y las redes comerciales empleadas por la flota. La diferencia entre ambas radica en la adición de un cubrecopo interno de luz de malla 35 mm a la red comercial tipo Casanova, realizada a fin de obtener un muestreo representativo de todo el rango de tallas presente en el área insonificada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Experimentos de selectividad

Para evaluar el patrón de selectividad relativa de una red comercial utilizada regularmente en esta pesquería, se realizaron lances de pesca con distintas modalidades en los cruceros de evaluación hidroacústica de octubre-noviembre de 2010. Todos ellos fueron basados en una red comercial “Casanova chica”, de uso frecuente en esta pesquería, cuyo copo fue modificado siguiendo las siguientes tres modalidades (Anexo 4):

- i. Copo estándar fue construido con malla de 130 mm de luz.
- ii. Copo estándar dotado de un cubrecopo interior, de luz de malla de 35 mm.
- iii. Copo dividido longitudinalmente en dos copos independientes e idénticos (“pantalón”), con ambas secciones construidas con red de 130 mm y una de ellas recubierta con un cubrecopo interior de 35 mm.

2.2. Alternancia de las redes

En el periodo de evaluación hidroacústica, se trabajó alternando el modelo de red cada 24 horas aproximadamente, dependiendo del éxito en la captura, este periodo se extendió hasta 48 horas (Tabla 34). Con posterioridad al periodo de evaluación hidroacústica se realizaron lances de tipo comercial donde se privilegió el uso de la red comercial con el armado dispuesto según el criterio del patrón de pesca (con o sin cubrecopo interno).

Tabla 34: Períodos de evaluación hidroacústica y pesca comercial de alfonsino y total de lances realizados por período. Octubre-noviembre 2010.

Marea	Fecha inicio	Fecha fin	Periodo	Total lances
1	2010-10-11	2010-10-19	Evaluación hidroacústica	19
	2010-10-21	2010-10-24	Pesca comercial	22
2	2010-10-29	2010-11-02	Evaluación hidroacústica	6
	2010-11-03	2010-11-06	Pesca comercial	24
	2010-11-07	2010-11-09	Evaluación hidroacústica	4
3	2010-11-13	2010-11-15	Evaluación hidroacústica	4
	2010-11-16	2010-11-24	Pesca comercial	57

2.3. Modelación Estadística

El análisis de la información colectada presentó desafíos metodológicos importantes, los que obligaron a buscar enfoques alternativos a las aproximaciones clásicas basadas en la comparación de capturas a la talla entre redes experimentales y redes control (Wileman et al. 1996). Estos desafíos provienen fundamentalmente de dos fuentes:

- La evidencia existente en la literatura, y confirmada por el análisis preliminar de nuestros datos, que una red modificada para fines experimentales (en este caso la división y cobertura parcial del copo) presenta diferencias significativas respecto de la red comercial sobre la que se desea inferir (Wileman et al. 1996). Estas diferencias pueden afectar tanto la eficiencia relativa como el patrón de selectividad y deben ser consideradas en el análisis.
- La preocupación por considerar la variabilidad entre lances y la correlación de datos dentro de lances, cuya omisión puede llevar a sesgos significativos (Fryer 1991).
- La necesidad de considerar la información proporcionada por la cámara video-acústica que, poseyendo un alto valor como un estimador independiente de la composición de tallas de la fracción de la población alcanzada por la red, no permite obtener una estimación confiable de la abundancia de esta misma fracción. Esto impide la interpretación directa de la data acústica como si proviniera de una red control.

Para enfrentar los desafíos antes descritos a través de un enfoque suficientemente general como para ser aplicado a los tres tipos de experimentos realizados, se utilizó un modelo multinomial

logístico acumulativo (Agresti 1990) de tipo mixto (Tutz & Hennevogl 1996), en adelante CLMM, que corresponde a un caso particular de la familia de los modelos lineales generalizados multivariados (Fahrmeir & Tutz 2001). El modelo utilizado correspondió a la relación,

$$\log\left(\frac{p(Y_i < j)}{1 - p(Y_i < j)}\right) = \theta_j + X\beta + Z\mu + e$$

donde, j = vector de $k-1$ clases de talla, θ_j = vector de interceptos, X = matriz de efectos fijos, β = vector de coeficientes de los efectos fijos, Z = matriz de efectos aleatorios, μ = vector de coeficientes de los efectos aleatorios y e = vector de errores. En el caso más simple el vector θ_j puede ser asumido como una serie de incrementos monotónicos definidos por sólo dos parámetros. En el caso más complejo, aplicado al presente análisis, el vector θ_j puede ser construido de manera no-estructurada, con valores estimados separadamente para cada una de las $k-1$ clases de talla.

La aproximación multinomial ha sido utilizada anteriormente en estudios de selectividad (Erickson et al. 1996; Lauth et al. 2004; Skalski & Perez-Comas 1993; Munro & Somerton 2001; Perez-Comas & Skalski 1996) y permite tanto evaluar la significancia como estimar los coeficientes de los efectos de distintas variables explicativas sobre la composición de tallas observada, incluyendo la presencia o ausencia del cubre-copo interior sobre las proporciones de cada clase de talla dentro de la muestra.

El modelo multinomial permite estimar directamente las proporciones esperadas de cada talla bajo distintas condiciones de interés. La selectividad relativa y talla-específica (Q_j) de una red respecto de un control externo (red, video u otro), por su parte, puede ser obtenida a partir del cociente entre las proporciones estimadas de la talla j en cada en la red y su control, ajustado por sus respectivos tamaños muestrales (Lauth et al. 2004),

$$Q_j = q_n \frac{p_j^E}{p_j^C}$$

donde, p_j^E y p_j^C son las probabilidades estimadas (u observadas) para cada clase de talla j y q_n corresponde al cociente entre el número total capturado la red experimental (n^E) y el número total capturado u observado en su respectivo control (n^C), respectivamente.

Como en el caso de las observaciones acústicas no fue posible obtener una estimación de n^C , se hizo necesario asumir un valor para el cociente q_n . En este caso, siguiendo a Perez-Comas & Skalski (1996), se optó por asumir ausencia de selectividad a la máxima talla observada ($Q_{max}=1$), resultando $q_n = p_{max}^C / p_{max}^E$. El parámetro q_n es una medida de eficiencia relativa que denota la probabilidad condicional de captura de un pez que entra en contacto con la red experimental. Es relativa en cuanto a que esta referenciada a la red o método de control, y es condicional respecto de la(s) talla(s) para la(s) que se asume ($Q_j=1$). Para el caso de experimentos simultáneos, q_n está relacionada con la intensidad de pesca relativa, r , (Millar & Fryer 1999), que da cuenta de fenómenos que pueden desigualar los efectos de las dos redes y que no están relacionados con el tamaño de malla, por ejemplo diferencias en el poder de pesca o en la distribución espacial de las agregaciones muestreadas (ver ecuación logística más abajo). La relación entre q_n y r esta dada por,

$$q_n = e^r$$

A partir del CLMM se obtuvo tablas de probabilidad de retención por clase de talla, las que pueden ser incorporadas directamente en la evaluación de stock. Sin embargo, para fines comparativos y sintéticos, se estimó también los parámetros de dos funciones clásicas de selectividad: la función logística y la función de Richards. La función logística puede ser definida como (Millar 1992):

$$r(l) = \frac{e^{(a+b \cdot l)}}{1 + e^{(a+b \cdot l)}} \cdot \frac{e^r}{1 + e^r}$$

donde r es la intensidad de pesca relativa de la red experimental (red comercial) respecto a la control (con cubre-copo), y a y b son los parámetros de selectividad de la red experimental. La función de verosimilitud de los datos utilizada fue la binomial.

La función de Richards (Wileman et al. 1996) modifica el algoritmo anterior, mediante la adición de un parámetro de asimetría δ , resultando en:

$$r(l) = \left(\frac{e^{(a+b \cdot l)}}{1 + e^{(a+b \cdot l)}} \cdot \frac{e^r}{1 + e^r} \right)^{\frac{1}{\delta}}$$

La estimación de los errores estándar de todos los parámetros obtenidos, es decir, las probabilidades de retención a la talla y los parámetros de las funciones logística y de Richards fueron obtenidos a partir del re-muestreo aleatorio (n=5000) de las funciones de distribución de probabilidad normal de los parámetros estimados por el CLMM.

3. RESULTADOS

3.1. Experimentos con copo dividido

La sección del copo revestida con el saco de 35 mm tendió a capturar ejemplares más pequeños que la sección estándar (Figura 28), con una talla promedio de captura (26,8 cm) leve pero significativamente ($p < 0,01$) inferior a la talla promedio observada en la sección estándar (27,9 cm). El análisis CLMM de los lances con copo dividido indicó diferencias significativas en la composición de tallas entre las secciones del copo con y sin revestimiento interior ($p < 0,0001$, Tabla 35). Estas diferencias indicaron un patrón de selectividad importante, que se tradujo en probabilidades de retención de 50 y 75% en torno a los 25 y 28 cm, respectivamente (Tabla 36). La probabilidad de retención estimada para la talla mínima observada en los experimentos con copo dividido (18 cm) alcanzó a un 30%. El ajuste de las retenciones predichas mediante el modelo logístico convencional ($qAIC = -61,4$) resultó más informativo que el modelo de Richards ($qAIC = -81,8$) y estimó valores de 24 y 8,3 cm, para los parámetros l_{50} (mediana) y SR (rango intercuartil), respectivamente (Tabla 37).

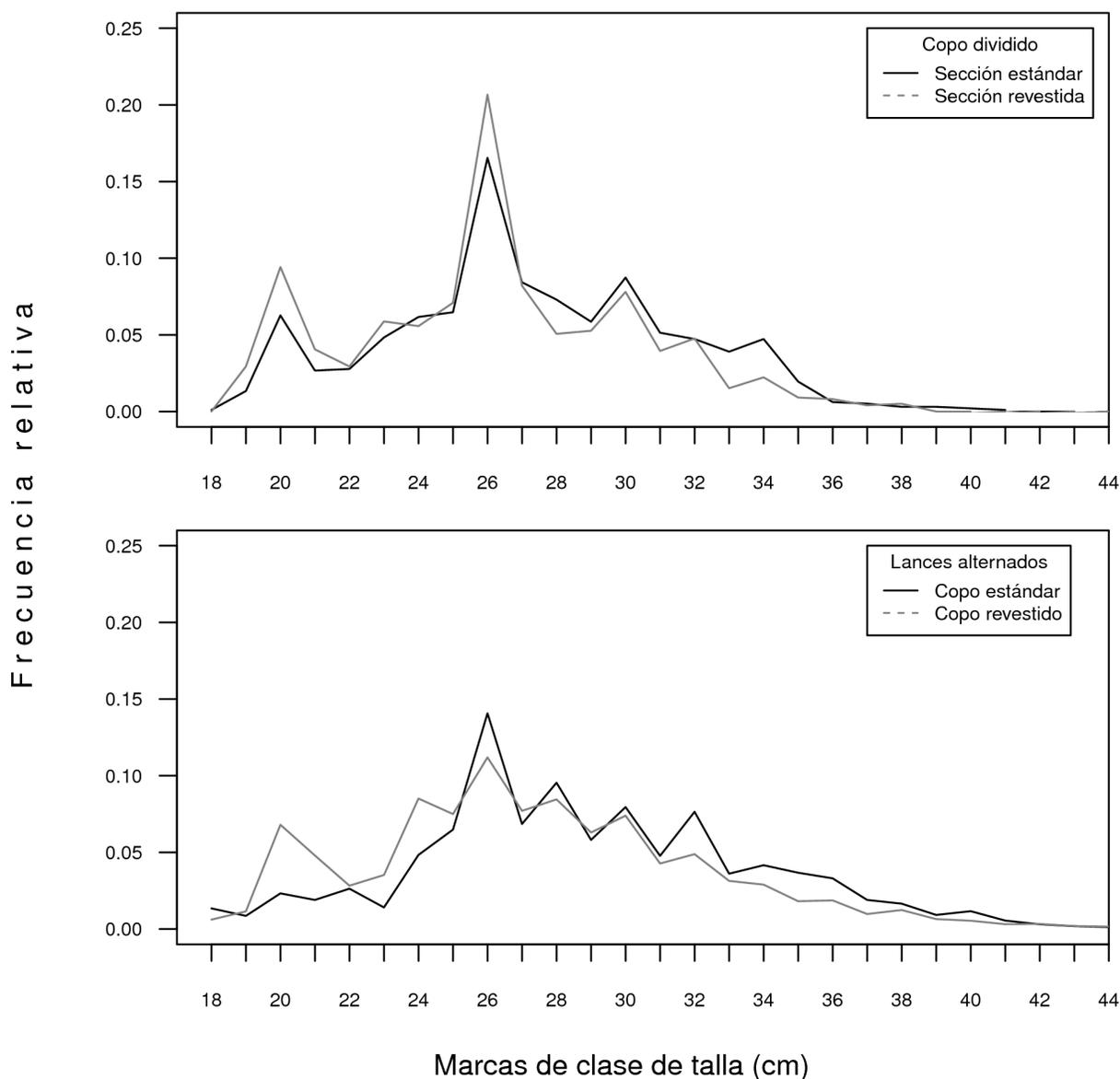


Figura 28: Frecuencia relativa por clase de talla de alfonsino en capturas obtenidas mediante una red de arrastre de fondo modelo Casanova. Se evalúa el efecto de revestir el copo comercial de 135 mm de luz de malla con un cubre-copo interior de 35 mm de luz de malla. Panel superior muestra resultados crudos de composición de tallas en 11 lances realizados con un copo estándar dividido en dos secciones iguales (con y sin revestimiento). Panel inferior muestra resultados crudos de composición de tallas en la captura de 31 lances alternados: 6 sin y 25 con revestimiento interior.

Tabla 35: Tabla de devianza para el modelo mixto logístico acumulativo ajustado para evaluar el efecto del uso de revestimiento interior (35 mm) en el copo de una red casanova. Datos analizados corresponden a 11 lances efectuados luego de dividir el copo en dos secciones equivalentes: con y sin revestimiento. Devianza residual corresponde al modelo nulo $\beta = 0$.

Fuente	Devianza residual	Grados de libertad	$p(>X^2)$
Total	759,28	1948	
Revestimiento interior	55,85	1	<0,0001
Residual	703,42	1947	

3.2. Experimentos con lances alternados

Los resultados de los experimentos con lances alternados (n=31 lances) mostraron una tendencia muy similar a la observada en los lances con copo dividido (Figura 28). Sin embargo, al considerar el efecto de la variabilidad entre lances y la correlación dentro de ellos, no se encontró diferencias significativas entre lances efectuados con copos con (n=25 lances) y sin (n=6 lances) revestimiento interior. Esto tanto respecto de la talla media ($p>0,2$), como de la composición de tallas (Tabla 38).

3.3. Experimentos con lances alternados y cámara video-acústica

El análisis exploratorio de los datos crudos procedentes de los 7 lances alternados, cuya composición de tallas en la zona de contacto fue evaluada de manera independiente y directa por métodos acústicos (n=7 lances), mostró grandes diferencias entre lances con y sin cubre-copo interno (Figura 29), con una clara tendencia a observar peces más pequeños en los lances con cubre-copo. Al corregir estos resultados por la composición de tallas en la zona de contacto (matriz de observaciones acústicas) y por la variabilidad entre y dentro de lances, estas diferencias mantuvieron su significancia (Tabla 39), aunque atenuaron su magnitud (Figura 29).

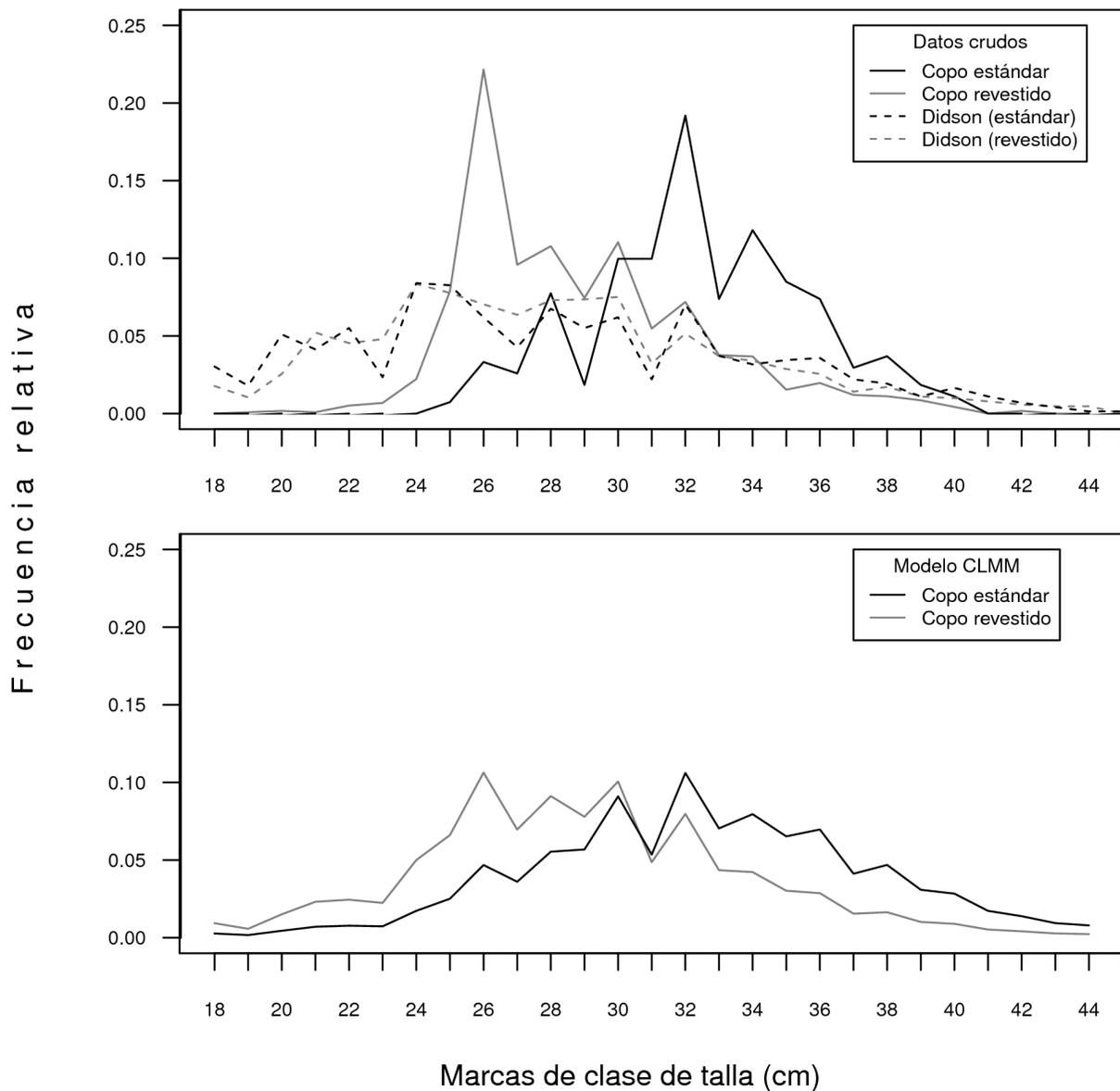


Figura 29: Frecuencia relativa por clase de talla de alfonsino capturado/observado en lances monitoreados acústicamente mediante una cámara didson posicionada en la relinga. Datos corresponden a 7 lances donde se alternó dos tipos de copo: i) copo estándar de 130 mm y ii) copo revestido por un saco (“caletín”) de 35 mm. Panel superior, muestra datos crudos de composición de tallas observadas en la boca (“didson”) y en la captura (“copo”). Panel inferior muestra composiciones de tallas en la captura, ajustadas por el modelo mixto logístico acumulativo.

Tabla 36: Vector de coeficientes θ_j de la regresión logística acumulativa (CLMM) y probabilidades estimadas de retención por clase de talla (p_j) para la sección revestida del copo dividido de una red Casanova estándar. Intervalos de talla corresponden a marcas de clase.

Intervalo de talla (cm)	θ_j	EE (θ_j)	p_j	EE(p_j)
18	-10.30	1.065	0.30	0.050
19	-6.42	0.389	0.31	0.050
20	-4.35	0.359	0.31	0.050
21	-3.77	0.354	0.32	0.050
22	-3.31	0.350	0.33	0.050
23	-2.61	0.345	0.36	0.050
24	-1.93	0.341	0.40	0.051
25	-1.27	0.338	0.50	0.052
26	-0.09	0.334	0.62	0.052
27	0.35	0.335	0.69	0.049
28	0.68	0.336	0.74	0.045
29	0.99	0.337	0.80	0.039
30	1.53	0.338	0.86	0.031
31	1.89	0.340	0.90	0.023
32	2.37	0.343	0.93	0.017
33	2.75	0.346	0.96	0.011
34	3.52	0.358	0.98	0.006
35	4.11	0.374	0.99	0.004
36	4.59	0.396	0.99	0.003
37	5.09	0.431	1.00	0.002
38	5.94	0.531	1.00	0.001
39	6.64	0.670	1.00	0.000
40	7.74	1.056	1.00	0.000
44	6.37	0.334	1.000	0.000
45	6.88	0.425	1.000	0.000

Tabla 37: Parámetros de la función logística de selectividad a la talla estimados de manera indirecta a partir del re-muestreo (n=5000) de las funciones de probabilidad normal de los parámetros estimados en regresiones logísticas acumulativas (CLMM) utilizadas para analizar la distribución multinomial de frecuencias de talla observadas en distintos experimentos.

Parámetro	Lances con copo dividido	Lances alternados con monitoreo acústico (DIDSON)	Análisis conjunto lances con copo dividido y alternados con DIDSON
$q_n = e^r$	0,35 (0,018)	0,23 (0,040)	0,39 (0,017)
a	-6,41 (0,778)	-9,51 (1,432)	-3,97 (0,589)
b	0,27 (0,024)	0,29 (0,038)	0,17 (0,014)
l_{50}	24,0 (0,82)	31,9 (0,96)	23,8 (1,56)
SR	8,3 (0,76)	7,6 (1,15)	13,3 (1,12)

Tabla 38: Tabla de devianza para el modelo mixto logístico acumulativo ajustado para evaluar el efecto del revestimiento interior del copo (presencia vs. ausencia) sobre la composición de tallas de la captura de alfonsino en 31 lances alternados. Devianza residual corresponde al modelo nulo $\beta = 0$.

Fuente	Devianza residual	Grados de libertad	$p(>X^2)$
Total	1250,64	4700	
Revestimiento del copo	1,02	1	>0,3
Residual	1249,62	4699	

El análisis de devianza de las medias de los datos agrupados del experimento de lances alternados con monitoreo acústico arrojó diferencias significativas entre la talla media de las capturas obtenidas en el copo sin revestimiento (32,4 cm) y con revestimiento (29,0 cm), así como también entre la talla media de las capturas obtenidas en los lances con copo sin revestimiento (32,4 cm) y sus correspondientes observaciones acústicas en la boca de la red (28,3

cm). En contraste, las talla media de las capturas obtenidas con copo revestido (29,0 cm) no fue significativamente distinta de la talla media de sus respectivas observaciones acústicas (28,3 cm).

El patrón sugerido por las tallas medias se reflejó en la composición de tallas (Figura 29), mostrando efectos significativos y algo más complejos tanto del revestimiento del copo como del método de observación (Tabla 39). Las estructuras de tallas observadas acústicamente fueron similares ($p > 0,4$) entre lances con y sin revestimiento del copo. Sin embargo, la estructura de tallas de las capturas observadas en los lances efectuados con el copo sin revestimiento mostraron fueron significativamente distintas de aquellas observadas en los lances con copo revestido, mostrando un notorio desplazamiento hacia la derecha (mayores tallas), e indicando un patrón relevante de selectividad sobre las tallas inferiores a 30 cm.

El patrón de selectividad antes señalado se reflejó en probabilidades estimadas de retención en torno a 25, 50 y 75% en las clases de talla de 29, 33 y 36 cm, respectivamente (Tabla 40). El ajuste de las retenciones predichas mediante el modelo logístico convencional ($qAIC = -100,8$) resultó más informativo que el modelo de Richards ($qAIC = -137,$). La talla l_{50} alcanzó a 31,9 cm, casi 8 cm por sobre la talla l_{50} estimada en los experimentos de copo dividido (Tabla 37). Los resultados de este mismo análisis mostraron, para ambas condiciones de revestimiento del copo, diferencias significativas entre las estructura de talla observadas acústicamente en la boca y la captura efectiva observada en el copo ($p < 0,0001$).

Tabla 39: Tabla de devianza (tipo III) para el modelo mixto logístico acumulativo ajustado para evaluar los efectos sobre la composición de tallas de alfonsino de las variables explicativas: i) método de observación (red vs. cámara vídeo-acústica), ii) revestimiento del copo (presencia vs. Ausencia) y iii) su interacción. Lances efectuados con red casanova estándar, donde se alternó el uso de un copo sin revestimiento y de otro revestido con un saco de 35 mm. Sólo se considera lances observados acústicamente mediante cámara didson. Devianza residual corresponde al modelo nulo $\beta = 0$.

Fuente	Devianza residual	Grados de libertad	$p(>X^2)$
Total	1591,56	4056	
Método de observación	225,93	1	<0,0001
Revestimiento del copo	89,73	1	<0,0001
Método x revestimiento	89,28	1	<0,0001
Residual	1365,32	4053	

3.4. Análisis conjunto de lances monitoreados acústicamente y lances con copo dividido.

El análisis conjunto de los resultados obtenidos en lances alternados observados acústicamente y lances con red de copo dividido arrojó efectos significativos de todas las variables explicativas consideradas: tipo de copo (dividido vs. estándar), método de observación (acústica vs. captura) y revestimiento interior (ausencia vs. presencia) (Tabla 41). La mayor contribución a la devianza total correspondió al método de observación, el cual aportó un 79% de la devianza explicada, indicando importantes diferencias entre las estructuras de talla observadas acústicamente en la boca y las observadas directamente en las capturas. La variable revestimiento interior contribuyó con un 19% de la devianza explicada por el modelo, corroborando la tendencia a observar peces de menor talla en lances efectuados con copo revestido. Finalmente, el tipo de copo mostró un efecto reducido pero todavía significativo, con una tendencia a encontrar menores tallas en los lances realizados con el copo dividido que en aquellos realizado con el copo estándar (revestido o no).

Las predicciones de este modelo global (Tabla 42) indican probabilidades de retención de 50 y 75% a los 26 y 31 cm, respectivamente, con probabilidades de retención del 40% a la talla mínima observada en el muestreo (18 cm). El ajuste de estas predicciones a través del modelo logístico mostró ser más informativo que el modelo de Richards, resultando en valores l_{50} y SR de 24 y 13 cm, respectivamente (Tabla 37).

Tabla 40: Vector de coeficientes θ_j de la regresión logística acumulativa (CLMM) y probabilidades estimadas de retención por clase de talla (p_j) para una red Casanova estándar. Modelo responde a datos obtenidos a partir de lances alternados monitoreados acústicamente (cámara didson). Intervalos de talla corresponden a marcas de clase.

Intervalo de talla (cm)	θ_j	EE (θ_j)	p_j	EE(p_j)
18	-5.92	0.205	0.40	0.059
19	-5.03	0.179	0.40	0.059
20	-3.75	0.164	0.41	0.059
21	-3.14	0.159	0.41	0.059
22	-2.72	0.157	0.42	0.059
23	-2.33	0.156	0.43	0.058
24	-1.82	0.155	0.44	0.057
25	-1.34	0.154	0.48	0.055
26	-0.63	0.154	0.52	0.053
27	-0.29	0.153	0.55	0.051
28	0.06	0.154	0.59	0.048
29	0.37	0.154	0.65	0.044
30	0.81	0.154	0.70	0.039
31	1.07	0.154	0.75	0.035
32	1.50	0.154	0.80	0.029
33	1.79	0.155	0.84	0.024
34	2.19	0.156	0.88	0.019
35	2.52	0.156	0.91	0.014
36	2.92	0.158	0.94	0.011
37	3.22	0.160	0.95	0.008
38	3.65	0.165	0.97	0.006
39	4.03	0.172	0.98	0.004
40	4.52	0.187	0.99	0.003
41	4.99	0.207	0.99	0.002
42	5.57	0.246	1.00	0.001
43	6.31	0.326	1.00	0.000
44	8.71	1.002	1.00	0.000

Tabla 41: Tabla de devianza (tipo III) para el modelo mixto logístico acumulativo ajustado para evaluar los efectos sobre la composición de tallas de la captura de alfonsino de las variables explicativas: i) tipo de copo (estándar vs. dividido), ii) método de observación (red vs. cámara vídeo-acústica), y iii) cubre-copo interior (presencia vs. ausencia). Resultados corresponden al análisis conjunto de 7 lances realizados con copo dividido y observados mediante cámara vídeo-acústica y de 11 lances efectuados con copo estándar. Devianza residual corresponde al modelo nulo $\beta = 0$.

Fuente	Devianza residual	Grados de libertad	$p(>X^2)$
Total	2831,79	6016	
Tipo de copo	5,07	1	<0,05
Cubre-copo interior	38,14	1	<0,0001
Método de observación	162,89	1	<0,0001
Residual	2630,10	6013	

4. DISCUSIÓN

El proceso de selectividad de los sistemas de arrastre de fondo es altamente dinámico y responde a la interacción de aspectos físicos e hidrodinámicos del propio arte (trama, diseño, materiales), operacionales (duración y velocidad del lance) y biológicos, como densidad, distribución y comportamiento del recurso objetivo (Wileman et al. 1996). Este conjunto de factores determina la probabilidad de contacto y la forma en que el recurso entra en la red, sus oportunidades de escape y los patrones de colmatación del copo de la red por unidad de tiempo de arrastre. La magnitud de esta aglomeración llevará a una pérdida notable en la selectividad por un proceso de obstrucción física de las mallas (Ehrhardt et al. 1996; Erickson et al. 1996). Estas interacciones son complejas y a menudo no lineales, lo que puede llevar a resultados contradictorios bajo distintos escenarios (Dahm et al. 2002).

En dos de los tres experimentos de selectividad efectuados, lances con copo dividido y lances alternados monitoreados acústicamente, se obtuvo evidencia significativa de selectividad en la red comercial Casanova, dotada de un copo estándar (no revestido) de 130 mm de luz de malla, relativa tanto a un copo revestido por un saco de 35 mm, como a las observaciones acústicas obtenidas en la boca de la misma red.

Tabla 42: Vector de coeficientes θ_j de la regresión logística acumulativa (CLMM) y probabilidades estimadas de retención por clase de talla (p_j) para una red Casanova estándar sin revestimiento. Valores obtenidos a partir del análisis conjunto de los experimentos con copo dividido y lances alternados monitoreados acústicamente (cámara didson). Intervalos de talla corresponden a marcas de clase.

Intervalo de talla (cm)	θ_j	EE (θ_j)	p_j	EE(p_j)
18	-5.92	0.205	0.40	0.059
19	-5.03	0.179	0.40	0.059
20	-3.75	0.164	0.41	0.059
21	-3.14	0.159	0.41	0.059
22	-2.72	0.157	0.42	0.059
23	-2.33	0.156	0.43	0.058
24	-1.82	0.155	0.44	0.057
25	-1.34	0.154	0.48	0.055
26	-0.63	0.154	0.52	0.053
27	-0.29	0.153	0.55	0.051
28	0.06	0.154	0.59	0.048
29	0.37	0.154	0.65	0.044
30	0.81	0.154	0.70	0.039
31	1.07	0.154	0.75	0.035
32	1.50	0.154	0.80	0.029
33	1.79	0.155	0.84	0.024
34	2.19	0.156	0.88	0.019
35	2.52	0.156	0.91	0.014
36	2.92	0.158	0.94	0.011
37	3.22	0.160	0.95	0.008
38	3.65	0.165	0.97	0.006
39	4.03	0.172	0.98	0.004
40	4.52	0.187	0.99	0.003
41	4.99	0.207	0.99	0.002
42	5.57	0.246	1.00	0.001
43	6.31	0.326	1.00	0.000
44	8.71	1.002	1.00	0.000

La falta de evidencia de selectividad de la red comercial en el caso del experimento de lances alternados, pero no monitoreados acústicamente, parece estar fuertemente relacionada con la gran variabilidad entre lances. En efecto, las distribuciones crudas de talla de los lances alternados con y sin revestimiento se asemejan a las observadas en los lances de copo dividido (Figura 28) y muestran, incluso, diferencias más pronunciadas entre sus estructuras de tallas. Más aún, al eliminar el efecto aleatorio y asumir que todos los datos provienen de sólo dos lances (con y sin revestimiento), estas diferencias llegan a ser altamente significativas. Por otra parte, la comparación de lances alternados con y sin revestimiento en una muestra de mayor tamaño ha mostrado consistentemente la existencia de un patrón de selectividad significativo para la malla de 130 mm, en distintos barcos y con distintos diseños de redes (Niklitschek et al. 2007b).

La mayor proporción de tallas en el rango 18-24 cm observada en la cámara vídeo-acústica (Figura 29) podría resultar tanto de un patrón selectivo de la red casanova (incluido el caso del copo revestido por el saco de 35 mm), como de un error aleatorio o sistemático en las observaciones acústicas. Considerando que la altura de un alfonsino de 18 cm es de aproximadamente 53 mm (Froese & Pauly 1997), una selectividad efectiva del saco de 35 mm es improbable para el rango de tallas indicado. De este modo, si ella ocurriese, debería operar en las secciones de la red anteriores al saco de 35 mm. La existencia de un error sistemático en las tallas estimadas acústicamente encuentra poco sustento dada la ausencia de diferencias significativas entre las tallas medias de las observaciones acústicas y las capturas de la red revestida. De este modo, se podría tratar de un error aleatorio, operando en ambas direcciones, pero proporcionalmente más notorio en tallas inferiores. Dado que el error de medición acústica aumenta con la distancia, podría ser minimizado al reducir el rango incluido en el análisis, que en este caso fue de 10 m.

Las diferencias identificadas por el análisis conjunto de lances alternados y lances con copo dividido, donde se observó una tendencia a retener menores tallas en los últimos, podrían explicarse por los cambios hidrodinámicos y de escala que resultan de la modificación del arte. La división del copo, genera dos copos de menor tamaño cuya sección transversal y volumen total se reducen en un factor equivalente a la raíz cuadrada del radio original. Estos cambios afectan al menos dos propiedades de la red: i) la velocidad y flujo de agua a través del copo, y ii) la tasa de saturación de la red producto de la aglomeración de peces capturados.

Los problemas de escala asociados a los experimentos con copo dividido desaparecen al utilizar lances alternados, al costo de la mayor incertidumbre generada por datos que no son obtenidos simultáneamente y, por lo tanto, resultan afectados por la variabilidad de la composición de tallas

de las agregaciones muestreadas en cada oportunidad. El uso de un método independiente de estimación de esta última variabilidad, permitió utilizar de manera directa los lances alternados, estimar el efecto de escala de los lances con copo dividido y, finalmente combinar ambas fuentes de información en un estimado global del patrón de selectividad de la red. Los resultados así obtenidos corroboraron la existencia de un patrón de selectividad significativo para el copo de 130 mm, en distintos barcos y con distintos diseños de redes (Niklitschek et al. 2007b), con una predicción de 50% de retención a los 26 cm, algo menor que la talla mediana de selectividad l_{50} de 29,0 cm estimada por Niklitschek et al (2007b).

Frente al fuerte desplazamiento observado en la estructura de tallas y edades del stock y la evidencia de selectividad del arte comercial no revestido, proporcionada por el presente estudio, sugerimos considerar la regulación del uso de mallas, tanto en las redes de arrastre de fondo como media-agua, estableciendo un mínimo de 130 mm y prohibiendo el uso de revestimientos de cualquier naturaleza. Esta medida debiera ser complementada por nuevos diseños de redes y mallas, o por nuevos artes de pesca que incrementen el escape de juveniles.

V. Determinar la fecundidad parcial y total a la talla, y la talla de madurez sexual al 50% (objetivo 5).

Julio Lamilla¹, Pamela Toledo^{2,3} & Eduardo Hernández²

¹Universidad Austral de Chile, Instituto de Zoología

²Universidad Austral de Chile, Centro Trapananda

³Universidad de Los Lagos, Centro i~mar

1. INTRODUCCIÓN

Los aspectos reproductivos del alfonsino que habita aguas chilenas son en gran parte desconocidos. La información disponible se limita al trabajo de Arana & Guerrero (2009), a informes técnicos (Niklitschek et al. 2007a; Niklitschek et al. 2007b; Roa-Ureta et al. 2008; Zuleta et al. 2008) y a la base de datos del programa de seguimiento del las pesquerías de aguas profundas del Instituto de Fomento Pesquero. Arana & Guerrero (2009) sitúan el probable período de desove del stock de Juan Fernandez en el período invernal (... a ...), lo que coincide con lo observado en aguas de Nueva Zelanda por ... Un desove invernal de alfonsino es, sin embargo, inconsistente con lo observado en otras poblaciones del hemisferio sur (...citas...) y con la ausencia de registros de desove en la base de datos del seguimiento. Tampoco es posible descartar la existencia de desove en en profundidades diferentes a las que explota la flota comercial o, definitivamente, en áreas alejadas de esos montes submarinos, como podría ser el borde del talud o la parte profunda de la plataforma continental. Roa-Ureta et al (2008) sugirieron que la causa posible de la ausencia de registros de desove en la base de datos del seguimiento podría deberse a errores sistemáticos de reconocimiento macroscópico de los estados avanzados de madurez sexual de alfonsino (estados IV-VII), mal clasificados como inmaduros. La existencia de este error fue observada durante el desarrollo del proyecto FIP 2006-42 al comparar las clasificaciones macroscópicas efectuadas por los observadores biológicos de la UACH con las clasificaciones microscópicas realizadas en laboratorio. De aquí se concluyó que era necesario realizar un nuevo estudio reproductivo que considerara estimación de la fecundidad y la madurez sexual como función de la talla, sobre la base de observaciones puramente histológicas en hembras. La presente sección describe los resultados de este objetivo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Toma de muestras

El análisis histológico de gónadas de hembras de alfonsino sirvió tanto para la estimación de la fecundidad como de la madurez sexual. Para este fin se extrajeron en terreno durante los meses de octubre y noviembre de 2010, un total de 260 ovarios, se pesaron, se registró su estado de madurez gonadal macroscópica de acuerdo a la escala macroscópica de protocolo integrado IFOP-UACH (Gili et al. 2006, Tablas 12 y 13). Los ovarios se preservaron 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 fueron enviados al laboratorio del Dr. Julio Lamilla en la ciudad de Valdivia para su análisis.

2.2. Análisis de laboratorio

De las 260 gónadas extraídas, 251 fueron medidas y pesadas ya que las restantes presentaron problemas de duplicidad de código o falta de éste. Se midió la longitud máxima y el ancho máximo de cada gónada (izquierda y derecha) con un calliper de 0,05 mm de precisión, además cada gónada fue pesada con una balanza electrónica de precisión de 0,01 gr.

Para determinar el número de muestras a analizar, se ordenó por talla (LH) en intervalos de 2 cm todas las hembras muestreadas. Por cada intervalo se determinó el número de individuos presentes (Tabla 43) y se estimó un análisis de un mínimo de 25 individuos por intervalo de talla. En aquellos intervalos donde el número de individuos superó los 25, se tomó una submuestra de al menos el 55% del total por intervalo. De esta manera se seleccionaron en total 172 gónadas para corte histológico.

Tabla 43: Número de muestras para histología por intervalo de tallas.

Intervalo de talla	Número de gónadas	Corte
19 - 20	2	2
21 - 22	1	1
23 - 24	3	3
25 - 26	1	1
27 - 28	1	1
29 - 30	3	3
31 - 32	8	8
33 - 34	6	6
35 - 36	41	26
37 - 38	81	45
39 - 40	61	36
41 - 42	23	23
43 - 44	10	10
45 - 46	7	7
Total	248	172

2.3. Histología

Para la realización de los cortes, se trabajó con la gónada izquierda de cada ejemplar. De cada gónada se obtuvo un corte que fue tratado con las técnicas histológicas clásicas, es decir, fueron deshidratadas por el paso de una batería de alcoholes y luego embebidas en Paraplast. A continuación se realizaron cortes para obtener secciones delgadas de 5 μm , se tiñeron con hematoxilina seguida de una contratinción con eosina (clásica combinación H-E). Cada corte así tratado se clasificó histológicamente de acuerdo a la metodología desarrollada por Lehodey et al (1997b) con escala modificada de acuerdo al protocolo integrado de trabajo IFOP-UACH (Tabla 12 y 13) y utilizada por Lamilla en el proyecto FIP 2006-42 (Roa-Ureta et al. 2008).

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

- ovocitos que no han comenzado la vitelogénesis
- ovocitos que se encuentran en los primeros estados de la vitelogénesis
- ovocitos en vitelogénesis avanzada

- ovocitos maduros (vitelogénesis completa)
- ovocitos hidratados
- folículos postovulatorios (FPO).

Estas estructuras permiten clasificar a las hembras según la moda más avanzada (MOMA) que presentó en sus ovarios, ya que representa el grupo de ovocitos que una vez que completen su maduración serán evacuados al exterior. Para definir el estado reproductivo de la gónada se utilizó el siguiente criterio: en cada corte histológico se contó el número de ovogonias u ovocitos en los estados del I al VI y se determinó su estado si en cada corte predominaba alguno de ellos en más de un 50%.

2.4. Recuento ovocitario

Se realizaron conteos de ovocitos ya sea, maduros y/o inmaduros en la moda más avanzada, en placas histológicas, como una manera de determinar el estado reproductivo al que corresponde cada gónada. Para realizar los recuentos, se dividió la muestra histológica en cuartos y en cada cuarto se procedió al recuento de los ovocitos según el estado predominante.

2.4.1. Fecundidad a la talla

La fecundidad total, entendida como el número total de ovocitos que liberaría una gónada durante el desove, sólo puede ser estimada a partir de la presencia de ovocitos hidratados en una gónada madura (fecundidad potencial). Para estimar el número total de ovocitos hidratados se contó los ovocitos presentes en cortes histológicos del lado izquierdo de cada gónada y se asumió un diámetro promedio de los ovocitos de la moda más avanzada de 0,6 mm. Asumiendo que cada mitad de la gónada tiene la forma de un elipsoide y que la sección es una circunferencia de superficie $0,25 \cdot \pi \cdot A^2$, el número total de ovocitos, \hat{O} , de la moda más avanzada se calculó como:

$$\hat{O} = \frac{C \cdot (w_I + w_D) \cdot L_I \cdot 3}{w_I d}$$

donde,

- C : conteo de ovocitos en el corte histológico muestreado (¼ de la sección)
- w_I : peso de la gónada izquierda (g)
- w_D : peso de la gónada derecha (g)

- L_l : largo de la gónada (mm)
 d : diámetro promedio del ovocito (mm)

2.5. Modelación y análisis estadístico

Si 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 es 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 un modelo potencial de la forma:

$$\varphi(l) = \frac{v'_1}{v_2} l^{v_2} = v_1 l^{v_2}$$

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 se adoptó un modelo probabilístico lognormal y se ajustó el modelo mediante máxima verosimilitud codificado en R. En la práctica, la alta dispersión de los conteos de ovocitos no permite ajustar un modelo de potencia como el recién descrito, pues la nube de puntos puede ser ajustada por un modelo lineal:

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

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

2.6. Talla de 50% de madurez sexual

Lehodey et al. (1997) consideran que individuos en estados macroscópicos IV y V pueden ser considerados maduros, de acuerdo al protocolo integrado de trabajo IFOP -UACH, en hembras los estados de madurez III y IV de Lehodey et al (1997) son difíciles de diferenciar por lo que

están agrupados en uno solo (estado III). De acuerdo a estos antecedentes se definió el estado de madurez III como maduro. Utilizando los estados macroscópicos de las gónadas de hembras se define la variable binaria estado de madurez, que toma el valor 0 cuando el estado macroscópico es I o II, y toma el valor 1 cuando éste es III, IV o V.

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 este modelo 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.

Con el fin de obtener resultados más robustos, a la base de datos del actual proyecto se le adicionó los resultados de análisis gonadal del proyecto FIP 2006-42 realizado por el mismo investigador.

3. RESULTADOS

3.1. Comparación entre estados de madurez sexual macroscópico y microscópico.

De acuerdo a la observación en terreno basado en la escala de madurez macroscópica, se determinó que la gran mayoría de las gónadas se encontraban en estado II (72%), no encontrándose individuos en estados I y V (Figura 30). La observación microscópica, sin embargo, mostró la presencia de ovocitos en todos los estados de madurez (I al VI), siendo los estados III y IV los más representados con un 34% y 20% respectivamente, mientras que el 15% de las gónadas perteneció al estado II (Figura 31). El análisis macroscópico presentó un 28% de gónadas maduras (estados III y más) mientras que el análisis microscópico presentó un 80% de gónadas maduras (Tabla 44).

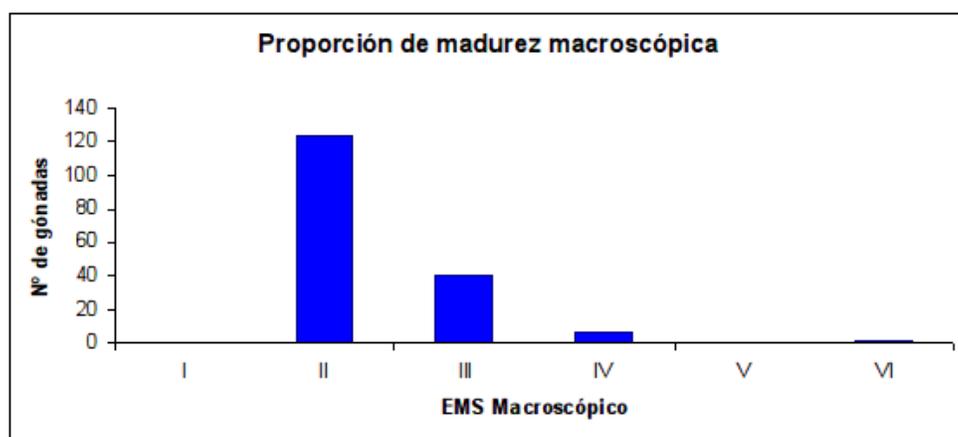


Figura 30: Número de gónadas por cada estado de madurez sexual macroscópico.

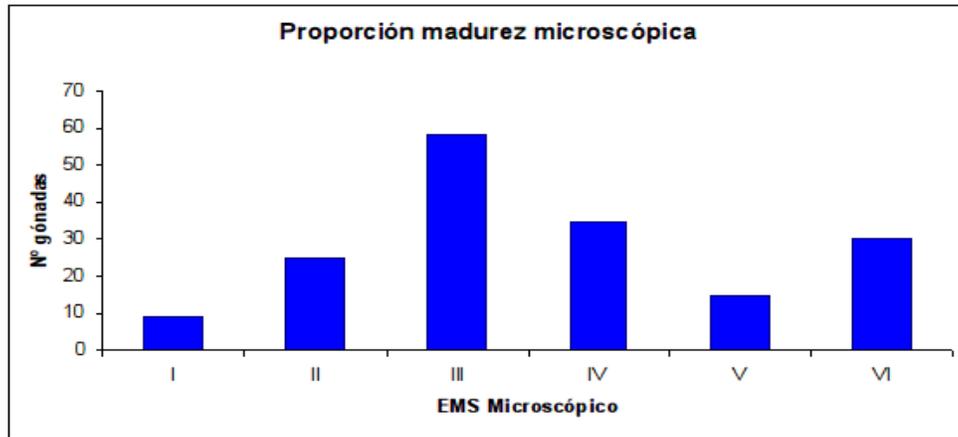


Figura 31: Número de gónadas por cada estado de madurez sexual microscópico.

Tabla 44: Número de gónadas de hembras en estado de madurez sexual según madurez macroscópica y según el análisis microscópico (madurez histológica). Por definición *ex-ante* la escala macroscópica (cita) fusiona estados III y IV de escala microscópica de Lehodey (cita)

Macroscópico (Escala IFOP-UACH)		Microscópico (Escala Lehodey et al 1997)	
EMS	n	EMS	n
II	124	I	9
		II	24
		III	51
		IV	26
		V	8
		VI	6
III	40	II	1
		III	7
		IV	8
		V	7
		VI	17
IV	7	VI	7
VI	1	II	1
Total	172	Total	172

3.2. Talla y madurez en escala macroscópica y microscópica

Los resultados de la observación macroscópica realizada en terreno muestran que los individuos hasta los 35 cm LH pertenecen a individuos de estado II (inmaduros), encontrando individuos maduros a partir de los 37 cm de LH (Figura 32). Sin embargo, al revisar los resultados del análisis microscópico se observan discrepancias, con individuos maduros a partir de los 29 cm LH (Figura 33). La escala macroscópica mostró un porcentaje mucho mayor de gónadas inmaduras (72%) que maduras (28%), mientras que el análisis microscópico presentó porcentajes inversos en relación a las gónadas inmaduras y maduras (20% y 80%, respectivamente).

3.3. Recuento ovocitario

Del total de gónadas sometidas a cortes histológicos, el 37% de ellas presentó ovocitos predominantemente en estado IV y V (maduros) mientras que el 39% presentó ovocitos en estados I, II y III (inmaduros), el restante 24% presentó sus gónadas en estado de regresión (Tabla 45)

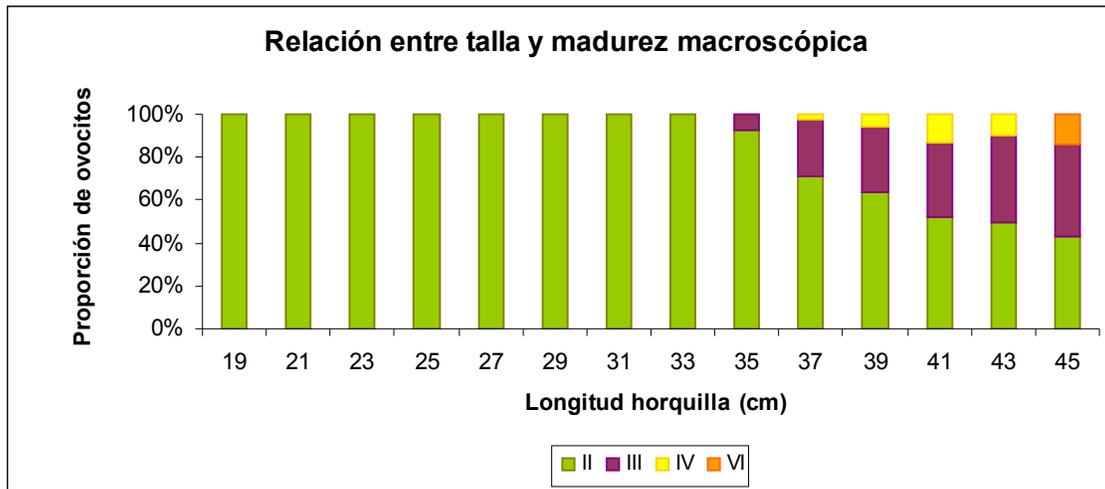


Figura 32: Proporción de ovocitos según EMS macroscópica con respecto a la talla.

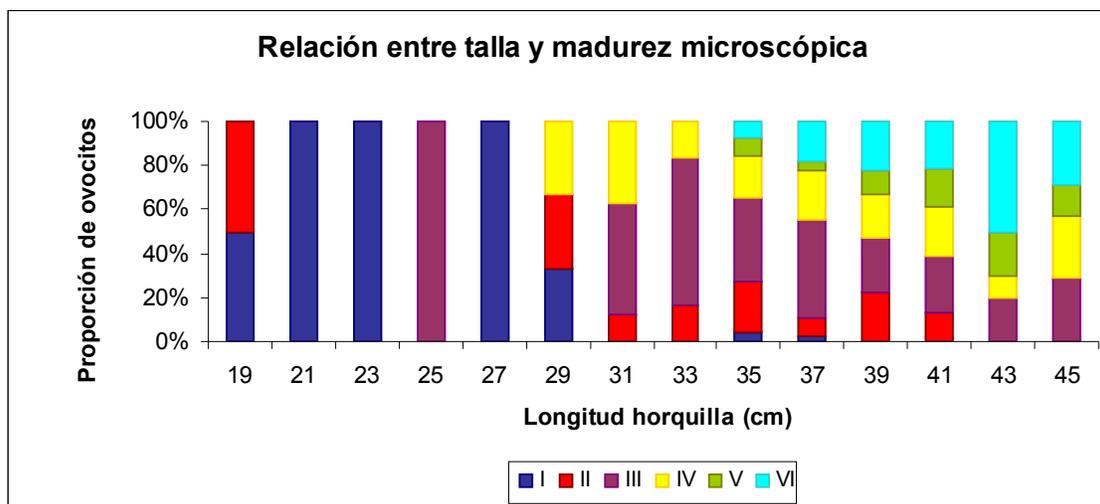


Figura 33: Proporción de ovocitos con respecto a la talla según EMS observada en cortes histológicos.

Tabla 45: Recuento de ovocitos por cuarto según estado de madurez gonadal en secciones histológicas transversales del lóbulo izquierdo de alfonsino capturado en Juan Fernandez (Noviembre 2011).

Estado	n	Promedio de ovocitos (ovocitos/cuarto)
Ovocito I	9	512
Ovocito II	26	539
Ovocito III	58	404
Ovocito IV	34	329
Ovocito V	15	187
Ovocito VI	30	265

3.4. Caracterización cualitativa del estado de madurez sexual de ovocitos.

En alfonsino se presentan las ovogonias como células cuyo diámetro varía de 10 a 20 micrones, se sitúan en 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 o a ovocitos en estado I.

- **Ovocito I:** Se caracteriza por medir entre 30-40 micrones de diámetro. Tiene un núcleo que ocupa gran parte del ovocito. Dentro del núcleo hay nucléolos que migrarán a la periferia, a medida que el citoplasma adquiera mayor tamaño (Figura 34).

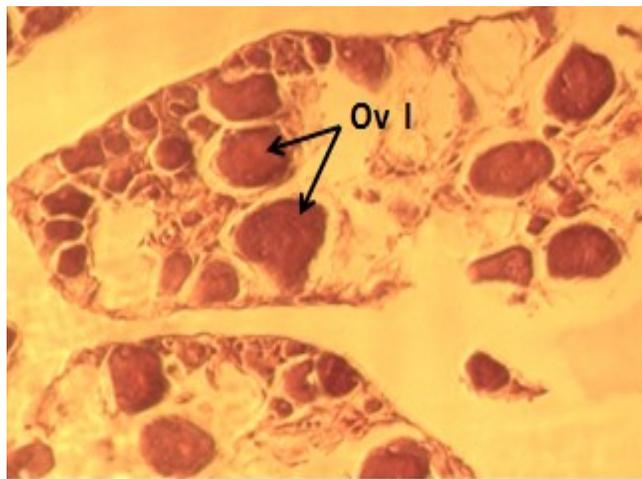


Figura 34: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado I.

- **Ovocito II:** Tiene un diámetro de 60-100 micrones. El núcleo disminuye su tamaño y los nucléolos se ubican, en su mayoría, en la periferia de éste, haciéndose más diferenciados. El ovocito se encuentra rodeado por tejido conjuntivo (teca) y epitelio folicular (granulosa) (Figura 35).

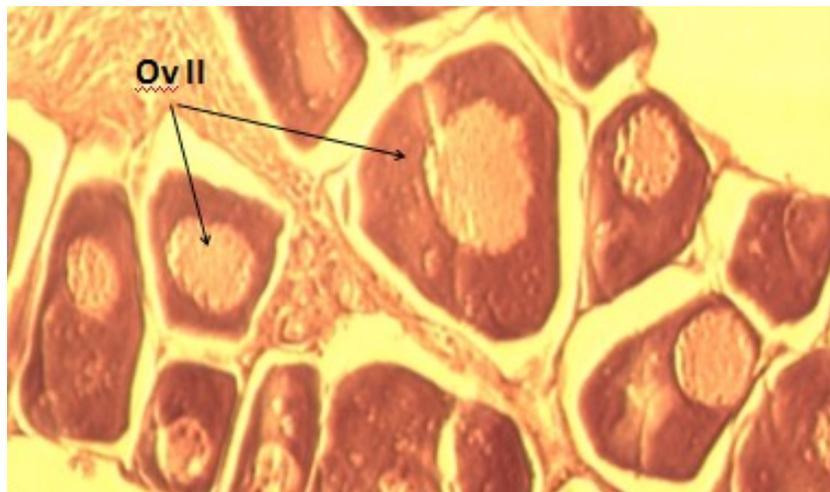


Figura 35: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado II.

- **Ovocito III:** Diámetro entre 100 y 140 micrones. Este estado indica el inicio de la maduración de la gónada. La membrana nuclear se observa de forma irregular, aparecen vacuolas alrededor del núcleo, los nucléolos se hacen más visibles y comienza la

formación poco notoria de una segunda membrana, la zona radiada, entre la membrana granulosa y la citoplasmática (Figura 36).

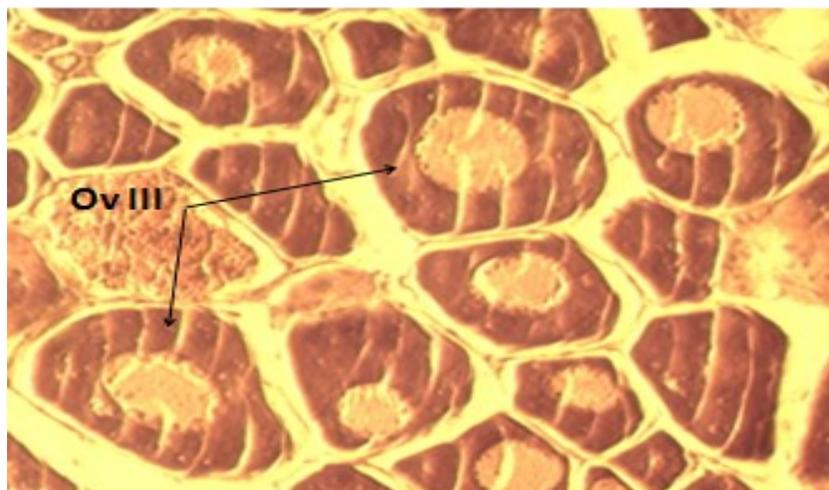


Figura 36: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado III.

- **Ovocito IV:** Su tamaño se encuentra entre los 140 a 220 micrones. En este estado se da comienzo a la vitelogénesis. Prácticamente no se puede diferenciar la membrana nuclear. La zona radiada se engrosa haciéndose más diferenciada (Figura 37).

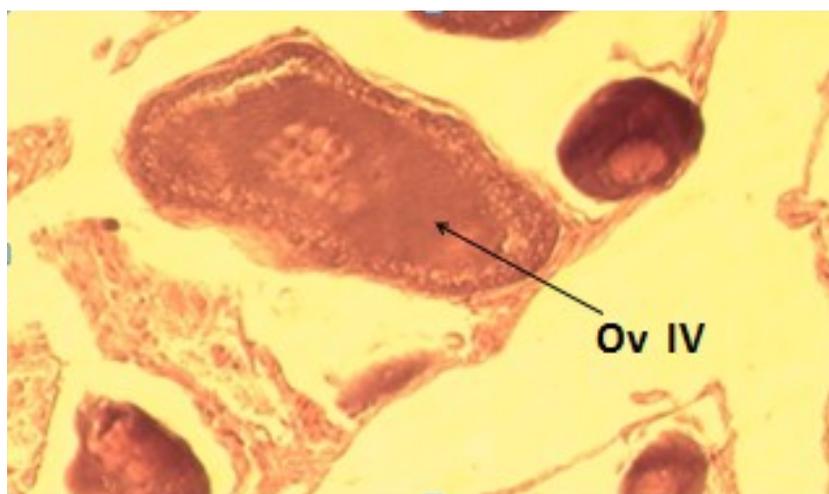


Figura 37: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado IV.

- **Ovocito V:** Su tamaño aumenta considerablemente y va de los 230-300 micrones. El citoplasma se encuentra lleno de vitelo globulado y las vacuolas aumentan en tamaño y número (Figura 38).

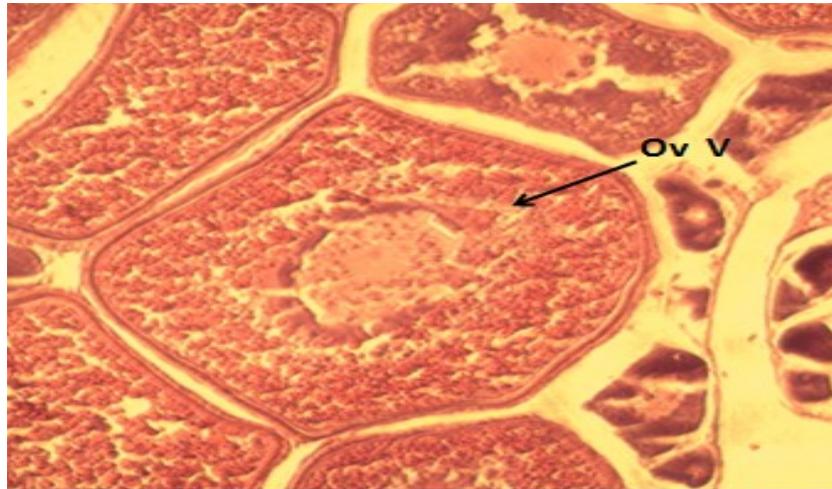


Figura 38: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado V.

- **Ovocito VI:** Llega a su máximo tamaño, alcanzado de los 300-550 micrones. Presenta vitelogenésis completa y ya se encuentra listo para el desove (Figura 39).

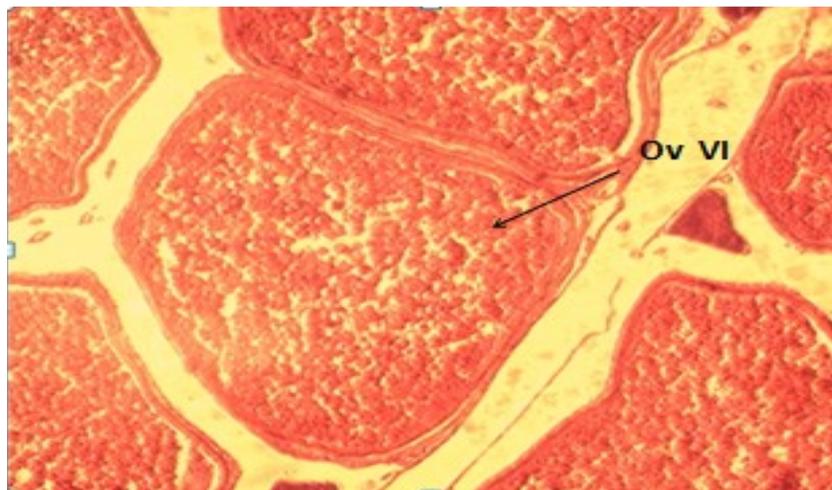


Figura 39: Corte de gónada de alfonsino donde se observan ovocitos en estado VI.

- **Folículos postovulatorios FPO:** son aquellos ovocitos que no son liberados, degeneran y se vuelven en estado atrésico, siendo difícil estimar su tamaño.

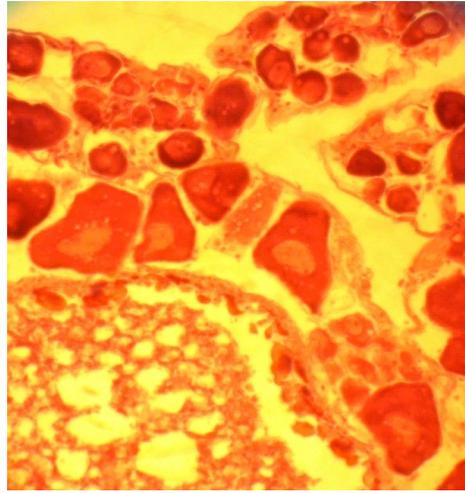


Figura 40: Corte de gónada de alfonsino donde se observan folículos postovulatorios.

3.5. Fecundidad

La fecundidad potencial estimada a partir de 219 gónadas en estados de madurez microscópica III y superior alcanzó un promedio de $164.000 \text{ ovocitos} \cdot \text{ind}^{-1} \pm 8566 \text{ (EE)}$, con un rango entre 69.080 y 287.700 $\text{ovocitos} \cdot \text{ind}^{-1}$. La fecundidad potencial relativa a la masa individual alcanzó un promedio de $99.000 \text{ ovocitos} \cdot \text{g}^{-1} \pm 5.088 \text{ (EE)}$, mientras que la fecundidad potencial relativa al peso gonadal llegó a un promedio de $3.000 \text{ ovocitos} \cdot \text{g}^{-1} \pm 2410 \text{ (EE)}$ para el estado de madurez gonadal VI.

La relación entre la fecundidad potencial y la talla se ajustó a una regresión lineal simple con los parámetros presentados en la Tabla 46, y su gráfica se observa en la Figura 41.

Tabla 46: Parámetros estimados del modelo lineal de fecundidad potencial de alfonsino con conteos en centenas de miles.

Parámetro	Estimados	Error Estándar	Valor- t	p
a	757.3431	1921.9599	0.394	0.6953
b	1.4504	0.6823	2.126	0.0386

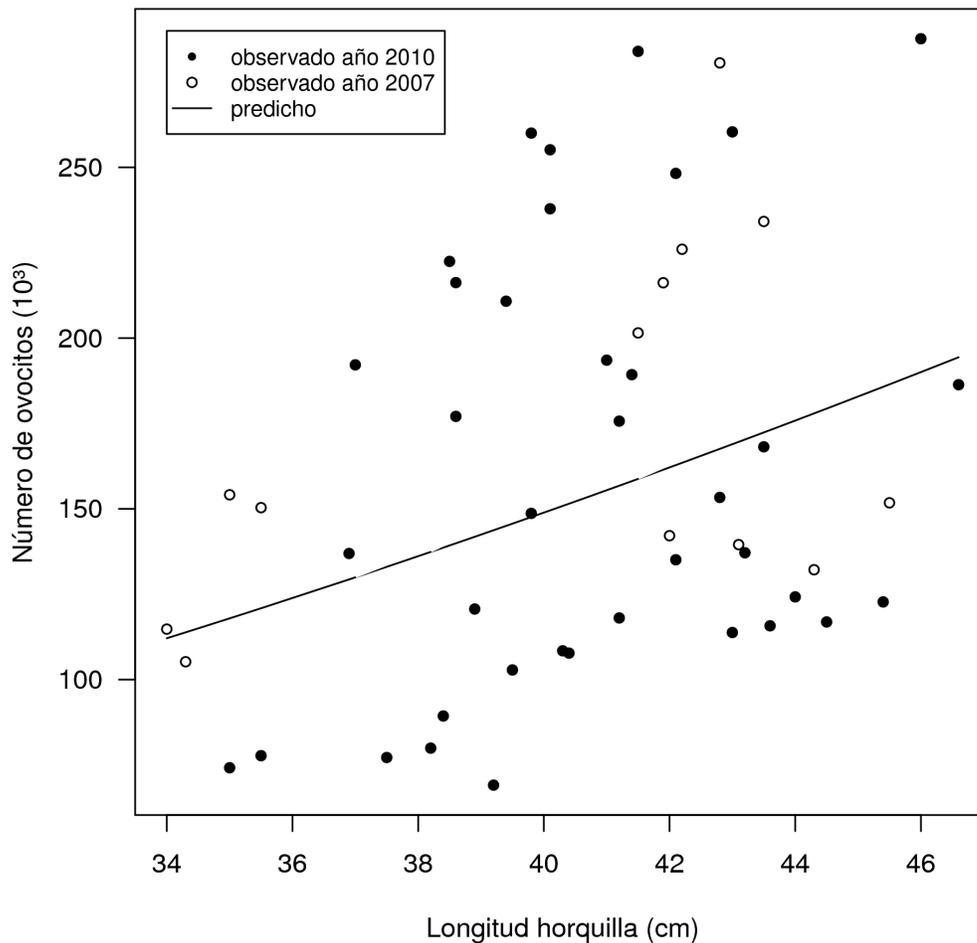


Figura 41: Fecundidad potencial estimada a la talla para hembras de alfonsino,

3.6. Talla de primera madurez sexual

La relación logística entre la proporción de hembras maduras y la longitud de horquilla (Figura 42) fue significativamente mejor que el modelo nulo (TRV, $p < 0,0001$). La talla mediana de primera madurez sexual (l_{50}) predicha por este modelo, basada en el análisis microscópico de los ovarios donde se consideró como maduros aquellos peces que exhibieron estados de madurez gonadal iguales o superiores a III, fue de $33,8 \text{ cm} \pm 8.51 \text{ (EE)}$, talla que corresponde a una edad aproximada de 7 años.

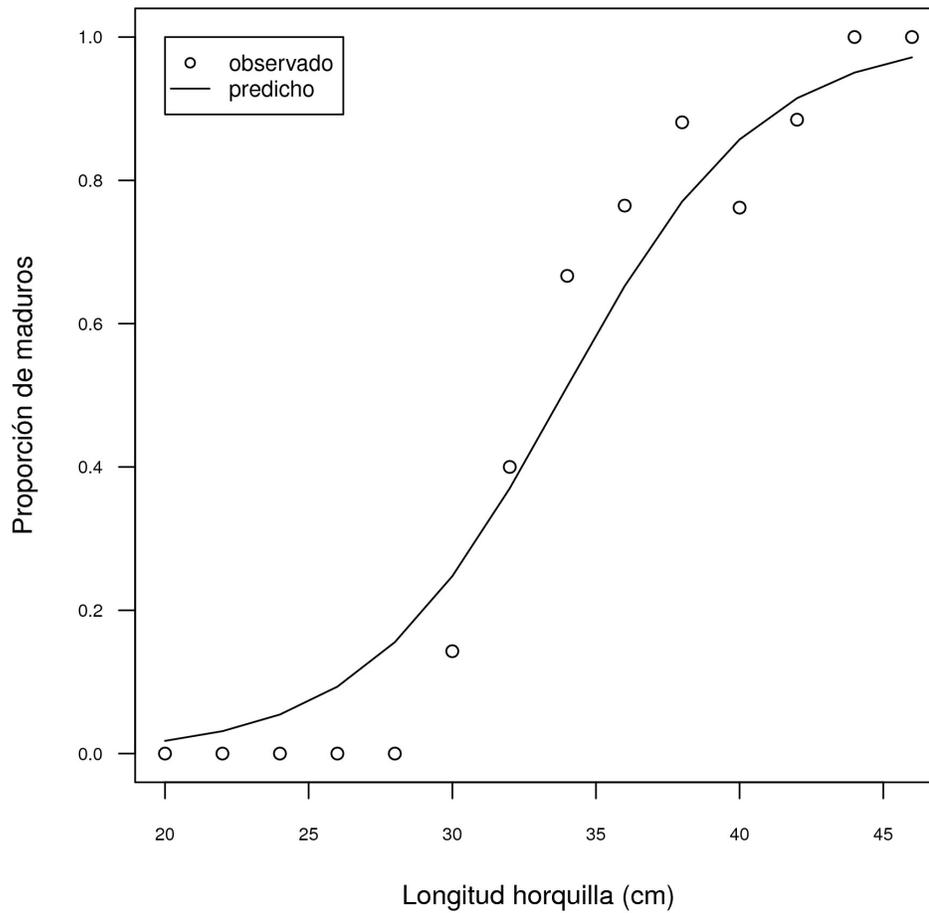


Figura 42: Curva logística para la talla de primera madurez sexual estimada para hembras de alfonsino, año 2010.

Tabla 47: Parámetros estimados del modelo logístico para cálculo de la talla de primera madurez sexual al 50%.

Parámetro	Estimados	Error Estándar
β_0	-9,821099	1,7459919
β_1	0,290307	0,0475929

4. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran una escasa coincidencia entre los métodos macroscópicos y microscópicos empleados para determinar los estados de madurez gonadal de los ovarios de alfonsino. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Roa-Ureta et al (2008), quienes indican notorias diferencias en una muestra de 60 gónadas, donde 58 gónadas (92%) fueron clasificadas macroscópicamente como inmaduras, en contraste con las sólo 12 gónadas (20%) clasificadas como tales por el método microscópico. Una mirada general a nuestros resultados indica que el método macroscópico tiende a una detección notoriamente tardía del proceso de madurez gonadal y a la escasa o nula discriminación entre los estados inmaduros y post-ovulatorios, cabe mencionar que Lehodey et al. (1997) indican que la diferenciación de individuos maduros e inmaduros es posible sólo durante el período de reproducción.

Mientras que otros grupos de trabajo han mostrado resultados más consistentes con el uso de escalas macroscópicas en este mismo stock (Guerrero & Arana 2009), la aplicación de un protocolo integrado de muestreo con el Instituto de Fomento Pesquero, la colaboración frecuente entre sus observadores y los de nuestro equipo de trabajo y el escaso número de registros de peces maduros o desovados en el área, nos llevan a pensar que los problemas antes descritos podrían afectar también a otras instituciones y al propio programa de seguimiento. Recomendamos por lo tanto, incorporar un seguimiento histológico al proceso reproductivo de esta especie y mejorar los métodos de inspección visual de gónadas en terreno, incluyendo claves fotográficas y estimaciones en terreno del número o tamaño medio de los ovocitos.

La presencia de individuos maduros y desovados en la zona de pesca coincide con los resultados de Roa-Ureta et al (2008) y Guerrero & Arana (2009). Sin embargo, la presencia simultánea de individuos maduros y desovados arroja nuevas dudas acerca de la estacionalidad del desove, especialmente si se considera que el crucero fue realizado entre octubre y noviembre. La presencia de hembras desovadas sustentaría la hipótesis de un desove invernal, propuesta por Guerrero & Arana (2009) y coincidente con lo observado en otras poblaciones de esta misma especie en Nueva Zelanda (Massey & Horn 1990). Sin embargo, la presencia de otras gónadas en estados avanzados de madurez podría sustentar la hipótesis de desove estival, propuesta por Roa-Ureta et al (2008), consistente con estudios efectuados en Nueva Caledonia (Lehodey & Grandperrin 1996; Lehodey et al. 1997) y en el Atlántico SE (Alekseev et al 1986, revisado en Guerrero & Arana 2009). Esta aparente dicotomía podría ser explicada por hipótesis alternativas como podrían ser la existencia de

dos o más períodos de desove anual o la presencia de un patrón de desove único anual, pero parcial en cuanto a la fracción de la población involucrada.

La talla mediana de primera madurez sexual estimada de 33,8 cm \pm 8.51 (EE) para hembras es cercana a la encontrada por (Guerrero & Arana 2009) para la misma zona en 2003-2004 y similar a la de otros estudios (Tabla 48), sin embargo, la determinación de esta talla es muy sensible a cambios en la definición de ovario “maduro”. En este caso se consideró como maduros aquellos ovarios con estado III y superior, si se considerara como maduros aquellos ovarios en estado IV o superior, como sugieren algunos investigadores, la talla de 50% de madurez aumentaría a 39,5 cm. Se debe considerar, por otra parte, que el presente muestreo estuvo limitado a dos meses de primavera de 2007 y 2010 (octubre-noviembre). Una mayor cobertura temporal, que incluyera el periodo de desove de esta especie podría afectar parcialmente nuestros resultados. La fecundidad potencial relativa al peso gonadal llegó a un promedio de 3.000 ovocitos·g⁻¹ mientras que Lehodey et al. (1997) encontraron una fecundidad de 10 431 ovocitos g⁻¹, debiendo considerar que la fecundidad es menor cuando las gónadas se encuentran aún en desarrollo como podría ocurrir en el presente estudio

Tabla 48: Talla de 50% de madurez para alfonsino determinada en estudios.

LH 50%	Autor(es)	Año estudio	Lugar
32,9	Presente estudio	2010	Archipiélago de Juan Fernández, Chile
33,3	(Guerrero & Arana 2009)	2001-2006	Archipiélago de Juan Fernández, Chile
40,0	(Roa-Ureta et al. 2008)	2007	Archipiélago de Juan Fernández, Chile
34,6	(González et al. 2003)	1996-1997	Isla Madeira
31,3	(González et al. 2003)	1996-1997	Isla Canarias
23,0	(González et al. 2003)	1996-1997	Isla Azores
33,2	(Lehodey et al. 1997)	1991-1992	Nueva Caledonia

La necesidad de avanzar en el conocimiento biológico-reproductivo de esta especie requiere, necesariamente, de un plan coordinado de muestreo y análisis histológico a lo largo de todo el año, el que sólo vemos posible a través del programa de seguimiento de la flota que conduce el Instituto de Fomento Pesquero. Dada la situación actual de la pesquería, este esfuerzo se verá probablemente limitado por el bajo esfuerzo pesquero desplegado sobre el stock, lo que reducirá fuertemente la posibilidad de acceder al área de estudio y al muestreo de la población.

VI. Conclusiones

- El coeficiente de dispersión acústica total correspondiente a la fracción del stock de alfonsino presente en el área y periodo de estudio fue de $26.807 \text{ m}^2 \pm 6.761 \text{ EE}$.
- El índice equivalente de abundancia absoluta fue estimado en 23.1×10^6 individuos $\pm 24\%$ (CV), expandible a un índice de biomasa total de $7.743 \text{ ton} \pm 29\%$ (CV).
- Los estimados de abundancia relativa, abundancia absoluta y biomasa correspondientes al año 2010 fueron 51, 39 y 69% inferiores a los obtenidos en 2007 para el mismo stock, área y periodo de estudio.
- Se estimó diferencias significativas en la talla media entre montes y cambios severos en la estructura de tallas de la fracción disponible del stock respecto de los años 2005-2007. De este modo, un 94 % de los individuos muestreados, medidos y sexados correspondió a juveniles bajo la talla mediana de primera madurez sexual.
- Los cambios nominales en abundancia y biomasa no pueden ser explicados exclusivamente por la pesca, cuyas capturas acumuladas 2007-2009 no superaron las 6.400 ton. Sin embargo, la conjugación de estos cambios en abundancia con los severos cambios observados en la estructura de talla configuran un cuadro preocupante. En este contexto, un enfoque precautorio de explotación debiera ser conjugado con la evaluación sistemática de hipótesis explicativas que permitan comprender la naturaleza de los cambios observados.
- El contraste entre estados de madurez gonadal determinados por métodos macroscópicos y microscópicos mostró muy bajos niveles de consistencia, sin producir ajustes evidentes que permitieran mejorar la precisión de las tablas macroscópicas actualmente usadas en esta pesquería. De este modo, se sugiere implementar el monitoreo microscópico del ciclo reproductivo de esta especie y continuar investigando la manera de mejorar los métodos macroscópicos convencionales.
- La talla mediana de primera madurez sexual estimada para hembras de alfonsino ($33,8 \text{ cm} \pm 8.51\text{EE}$) fue similar a la reportada por Guerrero & Arana (2009) en un estudio que abarcó un periodo mayor de muestreo 2003-2004 en la misma área.
- La fecundidad potencial relativa al peso gonadal llegó a un promedio de $3.000 \text{ ovocitos} \cdot \text{g}^{-1}$ mientras que Lehodey et al. (1997) encontraron una fecundidad de $10\,431 \text{ ovocitos} \cdot \text{g}^{-1}$, debiendo considerar que la fecundidad es menor cuando las gónadas se encuentran aún en desarrollo como podría ocurrir en le presente estudio

- Nuestros resultados muestran un patrón significativamente selectivo de la red de 130 mm usada comercialmente en esta pesquería, con una talla mediana de escape de 26 cm y una probabilidad de retención de 88% para la talla mediana estimada de primera madurez sexual (34 cm). Esto hace altamente recomendable evitar el uso de revestimientos internos que reduzcan la probabilidad de escape de juveniles.
- La exploración de las relaciones potenciales entre la estructura y diversidad de la comunidad bento-demersal y variables oceanográficas mostró efectos significativos de las variables zona (monte submarino), profundidad, temperatura, oxígeno disuelto y captura de alfonsino. En general la diversidad aumentó con la temperatura, mientras que la composición específica de la comunidad fue sensible a cambios en los niveles de temperatura y oxígeno disuelto. Los lances con mayor captura de alfonsino fueron, también los que presentaron mayores valores de CPUE, riqueza y diversidad.
- La aplicación demostrativa del protocolo de identificación de ecosistemas marinos vulnerables (Penney et al 2008) a los censos de fauna efectuados durante los cruceros de evaluación directa indicó que sólo uno de los 39 lances muestreados (2,5%) habría alcanzado el criterio propuesto como indicativo de EMV. El 97,5% restante no alcanzó dicho umbral, ya sea por la naturaleza del área arrastrada o por los efectos acumulativos de arrastres anteriores en la misma zona.

VII. Referencias

- Adachi K., Takagi K., Tanaka E., Yamada S. & Kitakado T. 2000. Age end growth of alfonsino *Beryx splendens* in the waters around the Izu islands. *Fisheries Science* 66: 232-240.
- Agresti A. 1990. Categorical Data Analysis (2nd edition) 2nd ed., New York, USA: Wiley.
- Aitchison J. 1955. On the distribution of a positive random variable having a discrete probability mass at the origin. *Journal of the American Statistical Association* 50: 901-908.
- Allison P.D. 1999. Logistic regression using the SAS system, Cary, NC.: SAS Institute, Inc.
- Barange M. 1994. Acoustic identification, classification and structure of biological patchiness on the edge of the Agulhas Bank and its relation to frontal features. *South African Journal of Marine Science* 14: 333-347.
- Barr R. 2001. A design study of an acoustic system suitable for differentiating between orange roughy and other New Zealand deep-water species. *J. Acoust. Soc. Am.* 109(1): 164-178.
- Boyer D., Nelson J., Hampton I. & Soule M. 2004. Acoustic surveys of orange roughy in Chile, Cape Town: Fisheries Resource Surveys.
- Boyer D., Niklitschek E., Hampton I., Nelson J., Soule M., Lafon A. & 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), Cape Town, South Africa: Universidad Austral de Chile/Fisheries Resource Surveys.
- Branch M. & Williams G. 1993. The Hydrozoa, Octocorallia and Scleractinia of subantarctic Marion and Prince Edward Islands: Illustrated keys to the species and results of the 1982-1989 University of Cape Town surveys. *South African Journal of Antarctic Research* 23(1-2): 3-24.
- Burnham K.P. & Anderson D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical-theoretic approach 2nd ed., Amsterdam, The Netherlands: Springer-Verlag.
- Cairns S.D. 2006. Studies on western Atlantic Octocorallia (Coelenterata: Anthozoa). Part 6. The genera *Primnoella* Gray, 1858; *Thouarella* Gray, 1870; *Dasystenella* Versluys, 1906. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 119(2): 161-194.
- Cairns S.D., Häussermann V. & Försterra G. 2005. A review of the Scleractinia (Cnidaria: Anthozoa) of Chile, with the description of two new species. *Zootaxa* 1018: 15-46.
- Chang W.Y.. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39(8): 1208-1210.
- Chirichigno N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú, Callao: Instituto del Mar del Perú-IMARPE.

- Chirichigno N. & Velez M. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Publicación especial., Callao: Instituto del Mar del Perú-IMARPE.
- Clark M.R., Althaus F., Williams A., Niklitschek E.J., Menezes G.M., Hareide N.-R., Sutton P. & O'Donnell C. 2010a. Are deep-sea demersal fish assemblages homogeneous on a global scale: insights from seamount data. *Marine Ecology* 31 (Suppl. 1): 39-51.
- Clark M.R., Rowden A.A., Schlacher T., Williams A., Consalvey M., Stocks K.I., Rogers A.D., O'Hara T.D., White M., Shank T.M. & Hall-Spencer J.M. 2010b. The Ecology of Seamounts: Structure, Function, and Human Impacts. *Annual Review of Marine Science* 2(1): 253-278.
- Clarke K.R. & Ainsworth M. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92: 205-219.
- Clarke K.R. & Warwick R.M. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, Plymouth Natural Environmental Research Council.
- Compagno L.J.. 2001. Shark of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes),
- Compagno L.J.. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes, FAO species catalogue.
- Cox T.F. & Cox M.A.A. 2001. Multidimensional Scaling 2nd ed., Chapman & Hall.
- Dahm E., Wienbeck H., West C., Valdemarsen J. & O'Neill F. 2002. On the influence of towing speed and gear size on the selective properties of bottom trawls. *Fisheries Research* 55(1-3): 103–119.
- Doonan I., Coombs R. & McClatchie S. 2003. The absorption of sound in seawater in relation to the estimation of deep-water fish biomass. *ICES Journal of Marine Science* 60: 1047-1055.
- Ehrhardt N.M., Ercoli R., Garcia J.C., Bartozzetti J.D. & Izzo A. 1996. Influencia de la cantidad de captura en la selectividad de mallas diamante y cuadrada en redes de arrastre para la merluza común (*Merluccius hubbsi*) e implicancias sobre el potencial de descarte. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 10: 31–43.
- Erickson D.L., Perez-Comas J.A., Pikitch E.K. & Wallace J.R. 1996. Effects of catch size and codend type on the escapement of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from pelagic trawls. *Fisheries research* 28(2): 179–196.
- Fahrmeir L. & Tutz G. 2001. Multivariate statistical modelling based on generalized linear models, Springer Verlag.
- Foote K.G. 1982. Optimizing cooper spheres for precision calibration of hydroacoustic equipment. *Journal of the Acoustical Society of America* 71: 742-747.

- Froese R. & Pauly D. 1997. Fishbase 97: concepts, design and data sources., Manila, Philippines: ICLARM.
- Fryer R.J. 1991. A model of between-haul variation in selectivity. *ICES J. Mar. Sci.* 48: 281-290.
- Gerritsen H.D. & McGrath D. 2007. Precision estimates and suggested sample sizes for length-frequency data. *Fish. Bull.* 106: 116-120.
- Gili R., Cid L., Pool H., Young Z., Tracey D.M., Horn P. & Marriot P. 2002. Estudio de edad, crecimiento y mortalidad natural de los recursos orange roughy y alfonsino. Informe Final FIP 2000-12, Valparaíso, Chile: Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).
- Gili R., Niklitschek E., Lafon A., Bernal C. & Hernández E. 2006. Protocolo integrado de recopilación de datos de pesquerías de orange roughy y alfonsino, año 2006., Coyhaique-Valparaíso: Universidad Austral de Chile - Instituto de Fomento Pesquero.
- Glover A.G. & Smith C.R. 2003. The deep-sea floor ecosystem: current status and prospects of anthropogenic change by the year 2025. *Environmental Conservation* 30(3): 219-241.
- González J.A., Rico V., Lorenzo J.M., Reis S., Pajuelo J.G., Dias M.A., Mendonça A., Krug H.M. & Pinho M.R. 2003. Sex and reproduction of the alfonsino “*Beryx splendens*” (Pisces, Berycidae) from the Macaronesian archipelagos. *Journal of Applied Ichthyology* 19: 104-108.
- Guerrero A. & Arana P. 2009. Rendimientos, estructuras de tallas y madurez sexual del alfonsino (*Beryx splendens*) capturado en el cordón submarino de Juan Fernández, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research* 37(3): 463–478.
- Gálvez-Larach M. 2009. Montes submarinos de Nazca y Salas y Gómez: una revisión para el manejo y conservación. *Latin American Journal of Aquatic Research* 37(3): 479 - 500.
- Hampton I. & Soule M. 2002. Acoustic survey of orange roughy biomass on the north east Chatam Rise, Nelson, NZ: Marine Fisheries Surveys Pty Limited.
- Hilborn R. & Walters C.J. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics, and uncertainty, London: Chapman & Hall.
- Honkalehto T. & Ryan T. 2003. Analysis of industry acoustic observations of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) spawning aggregations on the Cascade Plateau off southeastern Tasmania in June and July 2003, Hobart, Australia: NMFS-USA, CSIRO-Australia.
- Hsieh H.-L. & Li L.-A. 1998. Rarefaction Diversity: a case study of polychaete communities using an amended FORTRAN program. *Zoological Studies* 37(1): 13-21.
- Jolly G.M. & Hampton I. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47: 1282-1291.

- Kimura D.K. & Chikuni S. 1987. Mixtures of empirical distributions: An interactive application of the age-length key. *Biometrics* 43(1): 23-35.
- Kloser R.J., Ryan T.E., Williams A. & Lewis M. 2002. Development and application of a combined industry/scientific acoustic survey of orange roughy in the Eastern zone, Hobart, Australia: CSIRO Marine Research.
- Lamilla J. & Bustamante C. 2005. Guía para el reconocimiento de: tiburones, rayas y quimeras de Chile. *Oceana* 17: 1- 80.
- Lamilla J., Roa R., Barría P., Bustamante C., Concha F., Cortes E., Acuña E., Balbontín F., Oliva M., Araya M. & Meléndez R. 2008. Desarrollo metodológico para la estimación del descarte de Condrictios en las pesquerías artesanales. Informe Final Proyecto FIP 2006-31,
- Lauth R.R., Ianelli J. & Wakefield W.W. 2004. Estimating the size selectivity and catching efficiency of a survey bottom trawl for thornyheads, *Sebastolobus* spp. using a towed video camera sled. *Fisheries Research* 70(1): 27-37. Available at: [Accessed November 2, 2011].
- Legendre P. & Legendre L. 1998. Numerical Ecology Second English Edition., Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- Lehodey P. & Grandperrin R. 1996. Age and growth of the alfonsino *Beryx splendens* over the seamounts off New Caledonia. *Marine Biology* 125: 249-258.
- Lehodey P., Grandperrin R. & 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.
- Lehodey P., Marchal P. & Grandperrin R. 1994. Modelling the distribution of alfonsino, *Beryx splendens*, over the seamounts of New Caledonia. *Fish. Bull.* 92: 748-759.
- Lillo S., Bahamonde R., Leiva B., Rojas M., Barbieri M.A., Donoso M. & Gili R. 1999. Prospección del recurso orange roughy (*Hoplostetus* sp.) y su fauna acompañante entre la I y la X Región. Informe final proyecto FIP 98-05., Valparaíso, Chile: Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).
- Littel R.C., Milliken G.A., Stroup W.W. & Wolfinger R.D. 1996. SAS system for mixed models, Cary, N.C.: Sas Institute Inc. 455 p.
- Magurran A.E. 2004. Measuring Biological Diversity, Blackwell Publishing. 256 p.
- Massey B.R. & 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. 1980. Regression models for ordinal data (with discussion). *J. of the Royal Statistical Society, series B.* 42: 109-142.

- McCullagh P. & Nelder J.A. 1989. Generalized linear models 2nd ed., London, U.K.: Chapman and Hall. 511 p.
- Melendez R. & Kong I. 2000. Sistemática filogenética en peces de ambientes profundos presentes en Chile. *Estudios Oceanológicos* 19: 129-136.
- Millar R.B. 1992. Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. *J. Amer. Stat. Assoc.* 87: 962-968.
- Millar R.B. & Fryer R.J. 1999. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. *Rev. Fish Biol. Fish.* 9: 89-116.
- Munro P.T. & Somerton D.A. 2001. Maximum likelihood and non-parametric methods for estimating trawl footrope selectivity. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 58(1): 220.
- Niklitschek E. & Cornejo J. 2005. Comparación de estrategias de prospección hidroacústica e identificación de ecotrazos de orange roughy *Hoplostethus atlanticus*, Coyhaique, Chile: Universidad Austral de Chile, Centro de Estudios Pesqueros.
- Niklitschek E., Boyer D., Merino R., Hampton I., Soule M., Nelson J., Cornejo J., Lafon A., Oyarzún C., Roa R. & Melo T. 2005. Estimación de la biomasa reproductiva de orange roughy en sus principales zonas de concentración, 2004, Valparaíso: Universidad Austral de Chile.
- Niklitschek E.J., Boyer D., Lafon A., Soule M., Cornejo-Donoso J., Hampton I., Hernández E., Merino R., Toledo P., Castro L.R., Aedo G. & George-Nascimento M. 2007a. Evaluación hidroacústica y TS de alfonsino y orange roughy. Informe Final FIP 2005-13, Coyhaique, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Niklitschek E.J., Cornejo J., Hernández E. & Herranz C. 2008. Evaluación hidroacústica de alfonsino, 2007 (resoluciones exentas pesca de investigación 2937 y 3164)., Coyhaique: Centro Trapananda, Universidad Austral de Chile.
- Niklitschek E.J., Cornejo J., Hernández E., Toledo P., Herranz C., Merino R., Lafon A., Castro L.R., Roa R. & Aedo G. 2007b. Evaluación hidroacústica de alfonsino y orange roughy, año 2006. Informe final proyecto FIP 2006-09, Coyhaique: Universidad Austral de Chile.
- Niklitschek E.J., Cornejo-Donoso J., Oyarzún C., Hernández E. & Toledo P. 2010. Developing seamount fishery produces localized reductions in abundance and changes in species composition of bycatch. *Marine Ecology* 31(Suppl. 1): 168-182.
- Oksanen J., Blanchet F.G., Kindt R., Legendre P., O'Hara R.B., Simpson L., Solymos P., Stevens M.H.H. & Wagner H. 2011. Vegan: community ecology package, Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Opresko D.M. 2001. Revision of the Antipatharia (Cnidaria: Anthozoa). Part I. Establishment of a new family, Myriopathidae. *Zool. Med. Leiden* 75(17): 343-370.

- Opresko D.M. 2002. Revision of the Antipatharia (Cnidaria: Anthozoa). Part II. Schizopathidae. *Zool. Med. Leiden* 76(22): 411-442.
- Opresko D.M. 2003. Revision of the Antipatharia (Cnidaria: Anthozoa). Part III. Cladopathidae. *Zool. Med. Leiden* 77(31): 495-536.
- Opresko D.M. 2004. Revision of the Antipatharia (Cnidaria: Anthozoa). Part IV. Establishment of a new family, Aphanipathidae. *Zool. Med. Leiden* 78(11): 209-240.
- Opresko D.M. 2006. Revision of the Antipatharia (Cnidaria: Anthozoa). Part V. Establishment of a new family, Stylopathidae. *Zool. Med. Leiden* 80-4(11): 109-138.
- O'Brien R.G. & Muller K.E. 1993. Unified power analysis for t-tests through multivariate hypotheses. In L. K. Edwards, ed. *Applied analysis of variance in behavioral science*. New York, USA: Marcel Dekker, pp. 297-344.
- Parin N.V. 1991. Fish fauna of the Nazca and Sala y Gomez submarine ridges, the Easternmost outpost of the Indo-West Pacific zoogeographic region. *Bulletin of Marine Science* 49: 671-683.
- Parin N.V., Mironov A.N. & Nesis K.N. 1997. Biology of the Nazca and Sala y Gomez submarine ridges, an outpost of the Indo-West Pacific fauna in the Eastern Pacific Ocean: composition and distribution of the fauna, its communities and history. *Advances in Marine Biology* 32: 145-142.
- Payá I., Montecinos M., Ojeda V. & Cid. L. 2006. An overview of the orange roughy (*Hoplostethus* sp.) fishery off Chile. In *Deep Sea 2003. Conference on the Governance and Management of Deep -sea Fisheries, Part 2 Conference poster papers and workshop papers*. Rome: FAO.
- Penney A., Parker S., Brown J., Cryer M., Clark M. & Sims B. 2008. New Zealand Implementation of the SPRFMO interim measures for high seas bottom trawl fisheries in the SPRFMO area. Paper presented to the SPRFMO 5 Science Working Group Meeting.,
- Pennington M. 1983. Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. *Biometrics* 39: 281-286.
- Pequeño G. 1997. Peces de Chile. Lista sistemática revisada y comentada: addendum. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr. Valparaíso* 32(2): 77-94.
- Pequeño G. & Lamilla J. 2000. The littoral fish assemblage of the Desventuradas Islands (Chile) has zoogeographical affinities with the Western Pacific. *Global Ecology and Biogeography* 9(5): 431-437.
- Pequeño G. & Sáez. S. 2004. Peces Marinos comunes del Litoral de Valdivia. Guía de reconocimiento para efectos prácticos, Edición Surambiente.
- Perez-Comas J. & Skalski J.R. 1996. A parametric multinomial model for size selection in alternate-haul experiments. *Fisheries Research* 27(1-3): 113-129.

- Pitcher T.J., Morato T., Hart P.J., Clark M.R., Haggan N. & Santos R.S. 2007. *Seamounts: Ecology, Fisheries, and Conservation*. vol. 12, Oxford, UK: Blackwell.
- Quinn T.J.I. & Deriso S.D. 1999. *Quantitative fish dynamics*. Oxford University Press (Oxford).
- Retamal M.A. & Arana P.M. 2000. Descripción y distribución de cinco crustáceos decápodos recolectados en aguas profundas en torno a las islas Robinson Crusoe y Santa Clara (Archipiélago de Juan Fernández, Chile). *Investigaciones Marinas* 28: 149–163.
- Rico V., Lorenzo J.M., González J.A., Krug H.M., Mendonça A., Gouveia E. & Afonso Dias M. 2001. Age and growth of the alfonsino *Beryx splendens* Lowe, 1834 from the Macaronesian archipelagos. *Fish. Res.* 49: 233-240.
- Roa-Ureta R. & Niklitschek E. 2007. Biomass estimation from surveys with likelihood-based geostatistics. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1723-1734.
- Roa-Ureta R., Niklitschek E.J., Toledo P., Hernández E., Cornejo J., Herranz C., Lamilla J. & Pedraza M. 2008. Estudio biológico-pesquero y reproductivo del recurso alfonsino en el Archipiélago de Juan Fernández. Informe final proyecto FIP 2006-42, Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Rogers A.D. 2004. The biology, ecology and vulnerability of seamount communities,
- Searle S.R. 1987. *Linear models for unbalanced data*, New York (USA): Wiley.
- Secor D.H., Dean J.M. & Laban E.H. 1995. *Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination*, Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research.
- Sepúlveda J. & Pequeño G. 1985. Fauna íctica del archipiélago de Juan Fernández. In P. Arana, ed. *Investigaciones Marinas en el archipiélago de Juan Fernández*. Valparaíso, Chile: Esc. Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, pp. 81-91.
- Simmonds J. & MacLennan D.N. 2005. *Fisheries Acoustics. Theory and Practice* 2nd ed. T. Pitcher, ed., Oxford.
- Skalski J.R. & Perez-Comas J.È.A. 1993. Nonparametric maximum likelihood estimation of mesh size selectivity. *Fisheries research* 18(3-4): 321–334.
- Sokal R.R. & Sneath P.A. 1963. *Principles of numerical taxonomy*, San Francisco, USA: Freeman.
- Stocks K. 2009. *SeamountsOnline: an online information system for seamount biology*. Version 2009-1, Available at: <http://seamounts.sdsc.edu>.
- Taniuchi T., Kanaya T., Uwabe S., Kojima T., Akimoto S. & Mitani I. 2004. Age and growth of alfonsino *Beryx splendens* from the Kanto district, central Japan, based on growth increments on otoliths. *Fisheries Science* 70: 845-851.

- Tutz G. & Hennevogl W. 1996. Random effects in ordinal regression models. *Computational statistics & data analysis* 22(5): 537–557.
- Whittle P. 1954. On stationary processes in the plane. *Biometrika* 41: 434-449.
- Wileman D., Ferro R., Fonteyne R. & Millar R. 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears, Copenhagen, Denmark: ICES Coop. Rep. No. 215. 126 p.
- Wing B.L. & Barnard D.R. 2004. A field guide to Alaskan corals,
- Yañez E., Silva C., Vega R., Álvarez L., Silva N., Palma S., Salinas S., Menschel E. & Haussermann V. 2008. Biodiversidad de montes submarinos. Informe Final Proyecto FIP N° 2006-57, Valparaíso, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Available at: [file:///home/edwin/Escritorio/inffinal 2006-57.pdf](file:///home/edwin/Escritorio/inffinal%2006-57.pdf).
- Young Z. 2006. Determinación de tamaños de muestra en la pesquería de alfonsino, merluza de cola y besugo, Zona Centro-Sur, IFOP-SUBPESCA; Proyecto investigación situación pesquería demersal centro-sur y aguas profundas, 2005.
- Zar J.H. 1999. Biostatistical analysis 4th ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall Inc.
- Zuleta A., Rubilar P., Niklitschek E.J., Galvez P., Young Z., Feltrim M., Guerrero A., Contreras F. & Tascheri R. 2008. Bases técnicas para el monitoreo y evaluación de alfonsino. Informe final proyecto FIP 2004-41, Valparaíso, Chile: Universidad Austral de Chile.

Anexo 1: Configuración ecosonda de embarcación participante

Configuración de ecosonda de la embarcación participante

PAM COTE SAINT JACQUES	
Ecosonda	EK60
Operation dialog	
Ping rate	Maximum
Transceiver settings	
Power (W)	2.000
Pulse length (ms)	1,024
Frecuency (Hz)	38.000
Beam type	Split
Gain (dB)	25.49
2-way bean angle (dB)	-20,6
SA Correction (dB)	-0.57
Absorption (dB/km)	9.79
Bandwidth (kHz)	2,43
Sound velocity (m/s)	1493
Sample interval (m)	0.26
Angle sens. Alon (°)	21,9
Angle sens. Athwart (°)	21,9
3 dB beamw. Along (°)	6.89
3 dB beamw. Athwart (°)	6.88
Angle offset along (°)	-0.01
Angle offset athwart (°)	-0.02

Anexo 2: Resultados calibración ecosonda. Punta Arenas, 02 de octubre de 2010.

CalibrationVersion 2.1.0.11

Date:10/2/2010

Comments:

2a calibracioncote 20100102 2Kw 1024ms

Reference Target:

TS	-33.60 dB	Min. Distance	15.00 m
TS Deviation	5.0 dB	Max. Distance	19.00 m
Transducer:	ES38B	Serial No.	00907205fb
Frequency	38000 Hz	Beamtype	Split
Gain	26.50 dB	Two Way Beam Angle	-20.6 dB
Athw. Angle Sens.	21.90	Along. Angle Sens.	21.90
Athw. Beam Angle	7.10 deg	Along. Beam Angle	7.10 deg
Athw. Offset Angle	0.00 deg	Along. Offset Angle	0.00 deg
SaCorrection	0.00 dB	Depth	0.00m
Transceiver:	GPT38 kHz	00907205fbc1 1 ES38B	
Pulse Duration	1.024 ms	Sample Interval	0.188 m
Power	2000W	Receiver Bandwidth	2.43 kHz

Sounder Type:

EK60 Version2.1.2

TS Detection:

Min. Value	-50.0 dB	Min. Spacing	100 %
Max. Beam Comp.	6.0 dB	Min. Echolength	80 %
Max. Phase Dev.	8.0	Max. Echolength	180 %

Environment:

Absorption Coeff. 8.4 dB/km Sound Velocity 1470.5 m/s

Beam Model results:

Transducer Gain=	25.49 dB	SaCorrection =	-0.57 dB
Athw. Beam Angle =	6.88 deg	Along. Beam Angle=	6.89 deg
Athw. Offset Angle =	-0.02 deg	Along. Offset Angle=-	0.01 deg

Data deviation from beam model:

RMS =0.12 dB

Max =0.22 dBNo. = 237 Athw. =3.1 degAlong = -1.0 deg

Min = -0.34 dBNo. = 164 Athw. =4.9 degAlong = -0.6 deg

Data deviation from polynomial model:

RMS =0.06 dB

Max =0.16 dBNo. = 239 Athw. =4.8 degAlong = -1.1 deg

Min = -0.19 dBNo. =92 Athw. =4.5 degAlong = -2.2 deg

Data:

No.TimeDistanceTS-cTS-uAthw.Along sA

[m][dB][dB][deg][deg][m²/nm²]

Anexo 3: Lances de identificación realizados

Tabla 49: Fecha, marea, lances de identificación con la captura de alfonsino en kilogramos, indicando tipo de red empleada, uso de cubrecopo y de cámara DIDSON.

Fecha lance	Marea	Lance	Captura alfonsino (k)	Tipo de red	Tipo de lance	Uso cubrecopo interno	Uso cámara DIDSON
20101011	1	3	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101012	1	4	2.3	FONDO	Alternado	Si	No
20101013	1	5	5096	FONDO	Alternado	Si	No
20101013	1	6	54.6	FONDO	Alternado	Si	No
20101013	1	7	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101014	1	8	1.715	FONDO	Alternado	No	No
20101015	1	9	0	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101015	1	9	0	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101015	1	10	0	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101015	1	10	0	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101016	1	11	0	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101016	1	11	0	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101016	1	12	236.6	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101016	1	12	182	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101016	1	13	273	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101016	1	13	910	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101016	1	14	0	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101016	1	14	0	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101016	1	15	0	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101016	1	15	0	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101017	1	16	273	FONDO	Alternado	Si	No
20101017	1	17	18.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101017	1	18	7844.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101018	1	21	291.2	Media agua		Si	No
20101018	1	19	30.265	FONDO	Alternado	Si	No
20101018	1	20	0.855	FONDO	Alternado	No	No
20101020	1	22	1965.6	FONDO	Alternado	Si	No
20101020	1	23	91	FONDO	Alternado	Si	No
20101020	1	24	4513.6	FONDO	Alternado	Si	No
20101020	1	26	72.8	FONDO	Alternado	Si	Si
20101020	1	25	5.2	FONDO	Alternado	Si	Si

Fecha lance	Marea	Lance	Captura alfonsino (k)	Tipo de red	Tipo de lance	Uso cubrecopo interno	Uso cámara DIDSON
20101021	1	27	10683.4	FONDO	Alternado	Si	Si
20101021	1	28	9191	FONDO	Alternado	Si	Si
20101021	1	29	8299.2	FONDO	Alternado	Si	Si
20101021	1	30	0	FONDO	Alternado	Si	Si
20101022	1	34	0	FONDO	Alternado	Si	Si
20101022	1	35	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101022	1	31	3731	FONDO	Alternado	Si	Si
20101022	1	32	3676.4	FONDO	Alternado	Si	Si
20101022	1	33	9973.6	FONDO	Alternado	Si	Si
20101022	1	34	0	FONDO	Alternado	Si	Si
20101022	1	35	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101022	1	36	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101023	1	40	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101023	1	37	1274	FONDO	Alternado	Si	No
20101023	1	38	1619.8	FONDO	Alternado	Si	No
20101023	1	39	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101023	1	40	18.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101023	1	41	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101024	1	42	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101024	1	43	19765.2	FONDO	Alternado	No	Si
20101030	2	1	0	FONDO	Alternado	No	No
20101030	2	2	0	FONDO	Alternado	No	No
20101031	2	3	0	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101031	2	3	0	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101031	2	3	0	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101031	2	3	0	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101031	2	4	0	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101031	2	4	0.38	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101101	2	5	0	Media agua		Si	No
20101101	2	6	0.6	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101101	2	6	0.615	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101101	2	7	0.785	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101101	2	7	0.69	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101102	2	8	673.4	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101102	2	8	200.2	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No

Fecha lance	Marea	Lance	Captura alfonsino (k)	Tipo de red	Tipo de lance	Uso cubrecopo interno	Uso cámara DIDSON
20101102	2	9	236.6	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101102	2	9	72.8	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101102	2	10	0	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101102	2	10	2.85	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101103	2	11	1183	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101103	2	11	1947.4	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101103	2	12	928.2	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101103	2	12	2311.4	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101103	2	13	1911	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101103	2	13	673.4	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101103	2	14	1820	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101103	2	14	1547	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101103	2	15	91	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101103	2	15	291.2	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101103	2	16	9.1	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101103	2	16	72.8	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101103	2	17	9.1	FONDO	Pantalón copo 1	Si	No
20101103	2	17	27.3	FONDO	Pantalón copo 2	Si	No
20101104	2	18	2293.2	FONDO	Alternado	No	No
20101104	2	19	4477.2	FONDO	Alternado	No	No
20101104	2	20	3458	FONDO	Alternado	No	No
20101104	2	21	254.8	FONDO	Alternado	No	No
20101104	2	22	5514.6	FONDO	Alternado	No	No
20101104	2	23	0.175	FONDO	Alternado	No	No
20101105	2	24	1674.4	FONDO	Alternado	No	No
20101105	2	25	10647	FONDO	Alternado	No	No
20101105	2	26	5824	FONDO	Alternado	No	No
20101105	2	27	1729	FONDO	Alternado	No	No
20101105	2	28	982.8	FONDO	Alternado	No	No
20101105	2	29	72.8	FONDO	Alternado	No	No
20101106	2	30	15761.2	FONDO	Alternado	No	No
20101106	2	31	418.6	FONDO	Alternado	No	No
20101106	2	32	3858.4	FONDO	Alternado	No	No
20101106	2	33	3858.4	FONDO	Alternado	No	No
20101106	2	34	218.4	FONDO	Alternado	No	No

Fecha lance	Marea	Lance	Captura alfonsino (k)	Tipo de red	Tipo de lance	Uso cubrecopo interno	Uso cámara DIDSON
20101108	2	35	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101108	2	36	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101108	2	37	9.1	Media agua		Si	No
20101109	2	38	8190	FONDO	Alternado	Si	No
20101112	3	1	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101113	3	2	18.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101113	3	3	1019.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101114	3	4	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101115	3	5	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101115	3	6	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101116	3	7	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101116	3	8	200.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101116	3	9	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101117	3	10	1346.8	FONDO	Alternado	Si	No
20101117	3	11	564.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101117	3	12	18.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101117	3	13	163.8	FONDO	Alternado	Si	No
20101117	3	14	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101117	3	15	200.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101118	3	21	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101118	3	16	1201.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101118	3	17	1092	FONDO	Alternado	Si	No
20101118	3	18	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101118	3	19	3931.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101118	3	20	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101119	3	22	1401.4	FONDO	Alternado	Si	No
20101119	3	23	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101119	3	24	91	FONDO	Alternado	Si	No
20101119	3	25	3712.8	FONDO	Alternado	Si	No
20101119	3	26	200.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101119	3	27	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101119	3	28	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101119	3	29	91	FONDO	Alternado	Si	No
20101120	3	30	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101120	3	31	0	FONDO	Alternado	Si	No

Fecha lance	Marea	Lance	Captura alfonsino (k)	Tipo de red	Tipo de lance	Uso cubrecopo interno	Uso cámara DIDSON
20101120	3	32	5132.4	FONDO	Alternado	Si	No
20101120	3	33	72.8	FONDO	Alternado	Si	No
20101120	3	34	18.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101120	3	35	5460	FONDO	Alternado	Si	No
20101120	3	36	54.6	FONDO	Alternado	Si	No
20101120	3	37	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101121	3	38	3057.6	FONDO	Alternado	Si	No
20101121	3	39	1401.4	FONDO	Alternado	Si	No
20101121	3	40	6952.4	FONDO	Alternado	Si	No
20101121	3	41	9136.4	FONDO	Alternado	Si	No
20101121	3	42	309.4	FONDO	Alternado	Si	No
20101121	3	43	36.4	FONDO	Alternado	Si	No
20101121	3	44	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101122	3	45	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101122	3	46	1073.8	FONDO	Alternado	Si	No
20101122	3	47	1164.8	FONDO	Alternado	Si	No
20101122	3	48	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101122	3	49	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101122	3	50	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101122	3	51	746.2	FONDO	Alternado	Si	No
20101122	3	52	218.4	FONDO	Alternado	Si	No
20101123	3	53	54.6	FONDO	Alternado	Si	No
20101123	3	54	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101123	3	55	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101123	3	56	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101123	3	57	0	FONDO	Alternado	Si	No
20101124	3	58	910	FONDO	Alternado	Si	No
20101124	3	59	455	FONDO	Alternado	Si	No
20101124	3	60	91	FONDO	Alternado	Si	No
20101124	3	61	582.4	FONDO	Alternado	Si	No

Anexo 4: Planos de red tipo Casanova y pantalón, proporcionado por el taller de redes de Pescachile S.A., Punta Arenas, utilizadas en el presente proyecto)

SACO COPO 24 m (6 COSTADILLO) P/ORANGE ROUGHY (ALFONSINO)
 C/PIÑÓN A LO LARGO POR EL ALTO Y BAJO HASTA ENTRE EL 5' Y
 6' ESTROBO Y ESTROBO EN DOS MITADES.
 PARA REDES CASANOVA 44,60x57,60

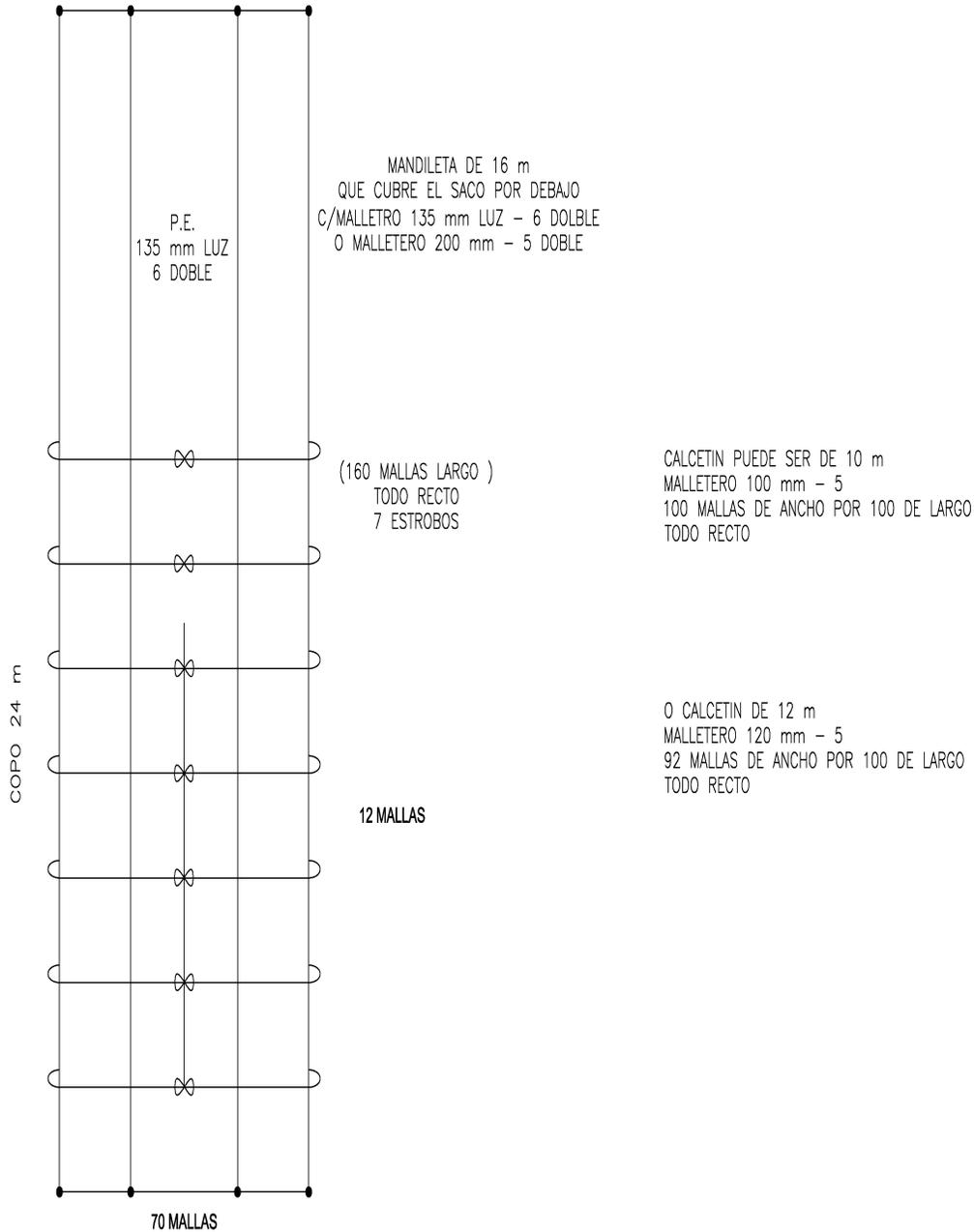


Figura: Plano de red pantalón utilizada en estudios de selectividad en el presente proyecto

Anexo 5: Resumen Taller de difusión y discusión de resultados del proyecto FIP 2009-14 “Evaluación hidroacústica de alfonsino,año 2009”.

Taller de difusión y discusión de resultados del proyecto FIP 2009-14 "Evaluación hidroacústica de alfonsino, año 2009".

El taller de exposición de resultados del proyecto FIP 2009-14 se realizó el día miércoles 19 de octubre en la sala de reuniones de la Subsecretaría de Pesca de 10:00 a 14:00 hrs. Los asistentes al taller (ver tabla a continuación) expresaron sus opiniones, dudas e ideas sobre los temas expuestos lo que permitió generar discusión útil para el futuro de esta pesquería de aguas profundas.

Nombre	Institución
Michelle Dapremont	Fondo de Investigación Pesquera
Dario Rivas	Subsecretaría de Pesca
Sergio Lillo	Instituto de Fomento Pesquero
Patricio Gálvez	Instituto de Fomento Pesquero
Alvaro Saavedra	Instituto de Fomento Pesquero
Enrique Gutiérrez	PescaChile
Rubén Roa	AZTI, España (vía Skipe)
Edwin Niklitschek	Centro i~mar, Universidad de Los Lagos
Eduardo Hernández	Centro Trapananda, Universidad Austral de Chile
Pamela Toledo	Centro i~mar, Universidad de Los Lagos

El taller se inició con la presentación de los investigadores y colaboradores del proyecto junto con la presentación de los objetivos del mismo. Luego el señor Eduardo Hernández expuso la metodología general del proyecto donde se hicieron alcances relacionados con los cardúmenes identificados como alfonsino con lances diferenciados de aquellos en que sólo se definen como “posibles alfonsinos” dado que no son muestreados o no se realizó lances de identificación en las cercanías. En respuesta a esta inquietud se indica que se hace un análisis diferenciado de ecotrazos que son alfonsino reconocidos por lances de identificación versus aquellos que poseen una probabilidad de ser alfonsino.

Sr Rivas indica la necesidad de realizar lances de mediagua, a lo que se indica que todos los años se han realizado más de uno con resultados nulos de captura de alfonsino y que en el presente estudio también se realizaron. Se comenta que se realizan lances “ciegos”, es decir, sin detectar cardúmenes

mediante acústica cuyos resultados han sido tanto con capturas nulas como con grandes capturas de alfonsino.

Luego se presentó la exposición del objetivo n°1 relacionado con los datos de abundancia y biomasa obtenidos. En torno a este objetivo se realizaron los siguientes comentarios:

Sr Gutiérrez indicó que si bien ésta es una investigación pagada por el Estado, es necesario disminuir el costo de ellas ya que no se equipara el costo con los recursos que genera, en particular, esta pesquería.

Sr. Niklitschek indica que la mitad de los recursos de este proyecto fueron destinados a costear los días de navegación pero que aún así el costo días-barco en este proyecto fue mayor al aporte realizado. El costo en este tipo de estudios es superado con la necesidad de muestreo. Indica que en un principio se pescaba 9000 ton, hoy se están pescando cerca de 200 ton.

Sr Rivas comenta que uno de los problemas de esta pesquería está en la ausencia de un manejo desde el inicio de ella, además en este momento hay una sobrepoblación nominal de la flota con permisos sobre esta pesquería.

Sr. Dapremont indica que el costo de los proyectos se han incrementado mucho y que falta acuciosidad y justificación por parte de los investigadores

Sr. Gálvez comenta que muchas veces los TBR son muy ambiciosos y que de parte de los investigadores es necesario también ajustarse a los recursos disponibles para cumplir con todas las exigencias.

Sr Rivas menciona que en el caso particular de las pesquerías de profundidad los costos son más elevados y que si bien el estado destina ciertos montos para investigación en esta área, aún así no logra estar al día con los compromisos adquiridos en convenciones internacionales.

Sr Gutiérrez pregunta por el futuro del alfonsino, ¿habrá recuperación de la pesquería de alfonsino?

Sr. Rivas indica que es si bien es un pez de aguas profundas, su crecimiento es mayor al de otros recursos y piensa que hay recuperabilidad, más que en el besugo o el bacalao.

Sr Gutiérrez pregunta si es que existió esta pesquería o en realidad nunca se debió abrir como tal ... y en esta misma línea señala : ¿existirá como pesquería a futuro?

Sr Niklitschek indica que es una pesquería posible de recuperar.

Sr Rivas comenta que se están pagando los costos de años anteriores de mal manejo.

Sr Niklitschek indica que una estrategia de recuperación sería cerrar por unos años la pesquería pero que sea un cierre oficial y que no quede “abandonada” .

Sr Lillo pregunta ¿cuál será el objetivo de recuperarla?

Sr Rivas dice que el mayor problema de esta pesquería no es el de conservación, sino de manejo

Sr Gutiérrez indica que las cinco empresas (El Golgo, Bío Bío, San José, Friosur y Pesca Chile) con cuota sobre esta pesquería tienen actualmente el acuerdo de no pescar alfonsino, sin embargo, existen otros 30 armadores que pueden ir en cualquier momento. Dice que 500 ton no son sustentables como pesquería que es mejor cerrarla por 4 a 5 años pero cerrarla para todos e investigar pero abaratando los costos de la investigación.

Sr Rivas recuerda que internacionalmente se debe hacer más y que el Estado no lo está haciendo, es necesario desarrollar nuevas metodologías y utilizar tecnologías más baratas.

Sr Gutiérrez comenta que la industria quiere pesca eficiente.

Sr Rivas propone que se podrían hacer evaluaciones más espaciadas en el tiempo cada 2 a 3 años en esta y en otras pesquerías y utilizar tecnologías de menor costo.

Sr. Gutiérrez menciona el proyecto de Area Protegida en Juan Fernández, que sería interesante ver y determinar que zonas se deben proteger.

Sr Lillo indica que se pueden hacer cosas pero que prima recuperar el recurso-objetivo.

Sr Gutiérrez indica que es mejor cerrar la pesquería porque de lo contrario obliga a las empresas a ir sólo para renovar, lo que en sí es un daño dado como se encuentra esta pesquería.

Sr Niklitschek indica en relación a las redes que éstas presentan selectividad y que el cubrecopo impide la entrada de los peces grandes.

Sr. Gálvez comenta que hoy en día todos los lances se están haciendo con cubrecopo.

Luego se presentó los resultados del objetivo relacionado con tallas y edades donde no hubo mayores comentarios.

A continuación el señor Hernández presentó los resultados del objetivo n°4. Se solicita revisar el valor de las pendientes ya que el primero no tiene sentido, se pide arreglar en la tabla las unidades de medición donde no queda claro si son expresiones en kg o en número y uno de los diagramas colocarlo por separado para ver bien la figura.

Sr. Rivas pregunta si se ha hecho para alfonsino el análisis de área aptas para alfonsino cruzado con la batimetría, topografía de los lugares donde se han visto los cardúmenes.

La sra. Toledo expuso a continuación el objetivo n° 5 relacionado con fecundidad y talla de primera madurez. Se comenta, en relación a la madurez gonadal, que es mejor utilizar el EMS III y superior como "maduro".

Luego se presentó la exposición del Objetivo n°4 relacionado con selectividad de las redes a cargo del señor Roa (vía Skipe) quién indica que de los análisis realizados el de mayor robustez es el realizado con la cámara Didson, pero que esta no presentaría selectividad de las redes utilizada, sin embargo el sr Niklitschek observa que al parecer hay un problema en los filtros realizados en los datos tras lo cual se queda a la espera de reanalizar los datos.

Sr Gálvez pregunta si la red utilizada es “pantalón” o es un copo compartido ya que trabajan de distinta manera la una y la otra, ante lo cual se indica que la red “pantalón” en realidad fue un copo compartido.

El taller finalizó a las 14 hrs.

Anexo 6: Personal participante por actividad

Personal participante por objetivo del proyecto:

Objetivo 1: Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de alfonsino, en sus principales áreas de pesca en el Archipiélago de Juan Fernández, montes JF1, JF2 y JF5 - JF6, durante primavera.

Nombre	Rol en el proyecto	HH	Institución
Edwin Niklitschek	Jefe de proyecto, análisis, informes.	196	U. Austral de Chile
Eduardo Hernández	Líder cruceros, administrador base datos, apoyo muestreo biológico fauna acompañante, post-proceso data acústica.	196	U. Austral de Chile
Claudia Barría	Coordinadora muestreo biológico a bordo	124	U. Austral de Chile
Pamela Toledo	Elaboración de informes.	145	U. Austral de Chile
Observadores biológicos	Muestreo biológico	192	U. Austral de Chile

Objetivo 2: Estimar la composición de tallas, relación longitud-peso y proporción sexual de las agregaciones de alfonsino presentes en cada una de las áreas o caladeros estudiados, durante el período de evaluación hidroacústica.

Nombre	Rol en el proyecto	HH	Institución
Edwin Niklitschek	Jefe de proyecto, análisis, informes	196	U. Austral de Chile
Eduardo Hernández	Líder de cruceros, administrador de base de datos.	185	U. Austral de Chile
Pamela Toledo	Elaboración de informes, lectura de edades, análisis	178	U. Austral de Chile
Claudia Barría	Coordinación y muestreo biológico, lectura de edades	96	U. Austral de Chile
Observadores biológicos	Muestreo biológico	192	U. Austral de Chile
Ayudante de laboratorio	Lectura de edades	160	U. Austral de Chile

Objetivo 3: Caracterizar la composición de la captura incidental pelágica, demersal y bentónica, y su relación con variables abióticas como topografía, batimetría, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

Nombre	Rol en el proyecto	HH	Institución
Edwin Niklitschek	Jefe de proyecto, análisis ambiente físico	196	U. Austral de Chile
Eduardo Hernández	Caracterización fauna acompañante y captura incidental bentónica, administrador de base de datos	98	U. Austral de Chile
Claudia Barría	Coordinación y muestreo biológico	48	U. Austral de Chile
Pamela Toledo	Elaboración de informes	172	U. Austral de Chile
Observadores biológicos	Muestreo biológico	96	U. Austral de Chile

Objetivo 4: Estimar el patrón de selectividad relativa de las redes empleadas para la captura comercial y la evaluación científica de alfonsino en Juan Fernández.

Nombre	Rol en el proyecto	HH	Institución
Edwin Niklitschek	Jefe de proyecto, análisis	184	U. Austral de Chile
Ruben Roa	Análisis	146	Consultor
Pamela Toledo	Recopilación de información, informes	122	U. Austral de Chile
Eduardo Hernández	Administrador de base de datos	144	U. Austral de Chile

Objetivo 5: Determinar la fecundidad parcial y total a la talla, y la talla de madurez sexual al 50%.

Nombre	Rol en el proyecto	HH	Institución
Julio Lamilla	Encargado de análisis de fecundidad	198	U. Austral de Chile
Claudia Barría	Coordinación y muestreo biológico	45	U. Austral de Chile
Eduardo Hernández	Administrador de base de datos	35	U. Austral de Chile
Astrid Isla	Ayudante análisis de fecundidad	160	U. Austral de Chile
Lady Curiqueo	Ayudante análisis de fecundidad	40	U. Austral de Chile