



Universidad Austral de Chile

*Centro de Estudios Pesqueros*

**INFORME FINAL PROYECTO FIP 2004-13**

**Estimación de la biomasa reproductiva de orange roughy en sus principales zonas de concentración, 2004**

**Informe CT 04- 05**

**CONTRAPARTE TECNICA**

Subsecretaría de Pesca

**PREPARADO POR:**

Edwin Niklitschek, Universidad Austral de Chile  
David Boyer, Fisheries Resources Survey  
Rodrigo Merino, Universidad Austral de Chile  
Ian Hampton, Fisheries Resources Survey  
Mike Soule, Fisheries Resources Survey  
Janine Nelson, Fisheries Resources Survey  
Jorge Cornejo, Universidad Austral de Chile  
Alejandra Lafon, Universidad Austral de Chile  
Ciro Oyarzún, Universidad de Concepción  
Rubén Roa, Universidad de Concepción  
Teófilo Melo, Universidad Católica de Valparaíso

Coyhaique, Abril de 2005

## PRESENTACION DE AUTORES POR FUNCION O TEMA DESARROLADO

<b>Nombre</b>	<b>Función</b>
Edwin Niklitschek	Jefe de Proyecto; Análisis y post-proceso data acústica. Análisis estadístico; Jefe de crucero.
David Boyer	Jefe de crucero; Análisis de datos y post-proceso.
Rodrigo Merino	Asistente y Jefe de crucero; Análisis de datos
Ian Hampton	Experto en diseño muestral y análisis de datos acústicos
Mike Soule	Experto tecnología hidroacústica; calibración e instalación equipos
Janine Nelson	Asistente crucero
Ciro Oyarzún	Identificación y análisis fauna acompañante
Teófilo Melo	Videografía ID especies
Jorge Cornejo	Asistente acústica; Análisis de datos; Administrador base de datos
Alejandra Lafon	Coordinación muestreo biológico; ingreso de datos; preparación de informes
Rubén Roa	Análisis geoestadístico
<b>Colaboradores:</b>	
Daniel Segura	Asistente Acústica a bordo
Hugo Lagos	Asistente Acústica a bordo
Eduardo Hernández	Observador biológico. Post-proceso datos acústicos
Iván Miranda	Observador biológico
Christian Valero	Observador biológico
Alejandro Zuleta	Asesoría estadística
Ricardo Chong	Identificación de fauna acompañante
Eric Gaete	Videografía para identificación especies
Janet Coetzee	Análisis cuantitativo de parámetros hidroacústicos utilizados para la discriminación de especies
Fernando Espíndola	Apoyo análisis espacial.

## RESUMEN EJECUTIVO

Siete cruceros de investigación fueron realizados durante los meses de invierno, entre el 21 de mayo y 15 de septiembre del año 2004, con el fin de estimar la abundancia y biomasa en agregaciones reproductivas de la especie demersal de aguas profundas Orange Roughy (*Hoplostethus atlanticus*). El área de estudio se concentró en los montes submarinos adyacentes al archipiélago de Juan Fernández (específicamente en los montes JF1, JF2, JF3, JF4) y en dos caladeros del sector Bajo O'Higgins (BOH1 y BOH2).

Los cruceros de investigación se desarrollaron a bordo de 4 embarcaciones pesqueras industriales, equipadas para el desarrollo de la investigación. El muestreo hidroacústico fue de carácter semi-aleatorio estratificado, basado en transectas perpendiculares a las isolíneas de profundidad entre los 400 y 1.000 m.

Se efectuó 117 prospecciones parciales exitosas en las áreas de estudio, alcanzando un total de 1.096 transectas usables. La abundancia estimada en los caladeros aledaños al Archipiélago Juan Fernández fue de 25.300 ton  $\pm$  24% (CV) y de 5.800 ton  $\pm$  42% (CV) en el sector Bajo O'Higgins<sup>1</sup>. La identificación de especies en los ecotrazos consideró 177 lances de identificación y una versión revisada del modelo probabilístico de Boyer et al. (2003).

La composición de tamaños presentó una amplitud que fluctuó entre 22 y 58 cm de longitud horquilla. El análisis comparativo de la estructura de tamaños mostró diferencias significativas ( $X^2$ ,  $p < 0.001$ ) entre sexos, zonas y estratos de profundidad. En efecto, la talla promedio de los individuos obtenidos en las capturas, fue mayor para las hembras (45,9 cm  $\pm$  0,16 EE) que para los machos (42,4 cm  $\pm$  0,17 EE).

La proporción sexual observada mostró diferencias entre montes y entre meses. La fracción de hembras fue significativamente menor en estratos de profundidad  $< 600$  m, así como también lo fue en los meses de mayor actividad reproductiva (julio-agosto).

La relación general entre el peso total-longitud horquilla, fue descrita por la ecuación:  $\log(W) = -0,84 + 2,51 \log(LH)$ . No obstante, se observó diferencias significativas entre sexos, montes y estadios de madurez.

Se evaluó dos métodos alternativos para la identificación y determinación de especies presentes en las eco-agregaciones identificadas en el área de estudio: filmación submarina y análisis de las características morfológicas y acústicas de los ecotrazos. La tecnología de filmación submarina disponible en Chile para las profundidades en que habita *H. atlanticus*, mostró no ser adecuada para la identificación directa de los cardúmenes de orange roughy y alfonsino. Se evaluaron distintas combinaciones lineales de 23 variables morfológicas y acústicas de ecotrazos confirmados de orange roughy y alfonsino, llegando a la conclusión de que la inclusión de estas variables no mejoró significativamente la capacidad predictiva del modelo logístico de Boyer et al. (2003), basado en la profundidad media del ecotrazo.

El seguimiento semi-continuo de cardúmenes individuales sugirió una mayor detectabilidad durante la noche, donde se apreció una densidad acústica ( $S_A$ ) un 25% mayor que durante el día. Aunque esta diferencia fue significativa ( $p < 0.05$ ), se estima que nuevos estudios serían requeridos antes de utilizar estos resultados para corregir directamente los estimados de

---

<sup>1</sup> Valor estimado asignando igual probabilidad a las relaciones de fuerza de blanco de Doonan et al. (2001) y Hampton & Soule (2002).

biomasa. Los cardúmenes estudiados mostraron un desplazamiento aparente de carácter aleatorio, con una velocidad promedio de  $0,4 \text{ m s}^{-1}$  (0,2 nudos). Un análisis de la variabilidad estacional e inter-anual en la posición geográfica de las capturas mostró gran consistencia dentro y entre años, con más de 50% de las capturas obtenidas en 1-4 conglomerados por monte, cuyo radio fue  $\leq 1.852 \text{ m}$ .

Se caracterizó la ictiofauna concurrente en las capturas de orange roughy, incluyendo muestras recolectadas en la temporada de pesca 2003. Se identificó un total de 70 especies, de las cuales 9 correspondieron a peces cartilagosos y 65 a peces óseos. Se observó diferencias en la asociación de especies en los distintos estratos de profundidad, principalmente entre estratos inferiores y superiores a 600 m.

Este estudio fue realizado por la Universidad Austral de Chile en cooperación con investigadores de Fisheries Resource Surveys de Ciudad del Cabo, Sudáfrica, quienes han participado en evaluaciones similares en Nueva Zelanda, Namibia, Chile e Irlanda. El proyecto contó también con la colaboración de investigadores del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción y el Departamento de Tecnología Pesquera de la Universidad Católica de Valparaíso.

## **AGRADECIMIENTOS**

El equipo de trabajo involucrado en el presente proyecto desea manifestar sus agradecimientos a la Subsecretaría de Pesca y al Consejo y Secretaría Ejecutiva del Fondo de Investigación Pesquera por su apoyo institucional y financiero al presente Proyecto.

Nuestro agradecimiento también a las empresas participantes, EMDEPES S.A., Pesquera Bio Bio S.A., Friosur S.A., Pesquera El Golfo S.A. y Pesca Chile S.A. por su apoyo económico, operacional y profesional a este estudio. Especial reconocimiento a los ejecutivos, la tripulación, patronos y capitanes de las embarcaciones con los cuales trabajamos en el desarrollo de ésta investigación, representadas por los señores Gilberto Aravena, Nelson Fernández, Francisco González Moss, Francisco Hidalgo, Héctor Martínez, Gavin Pope, Sergio Tillería y a los señores Luis Aguilar, Francisco González, Rodrigo Iturrieta, Eduardo Quinteros, Luis Uribe, Ludwig Ziller.

## TABLA DE CONTENIDOS

Resumen Ejecutivo.....	ii
Agradecimientos.....	iv
Tabla de Contenidos.....	v
Antecedentes generales.....	1
Materiales y Métodos.....	2
Áreas y período de Estudio.....	2
Montaje, instalación y configuración del sistema acústico.....	4
Embarcaciones y equipamiento Hidroacústico.....	4
Instalación y Configuración del Sistema Acústico.....	6
Calibración.....	6
Objetivo 1: Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de las agregaciones reproductivas de orange roughy en al menos 4 de los principales caladeros aledaños al Archipiélago de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3, JF4) y dos caladeros del sector Bajo O'Higgins (BOH1 y BOH2).....	7
Muestreo Hidroacústico.....	7
Composición de especies en los ecotrazos.....	13
Ecointegración: .....	14
Control y corrección de fuentes conocidas de sesgo:.....	15
Estimación de la abundancia:.....	19
Cálculo de biomasa.....	21
Fuerza de blanco (TS).....	22
Análisis espacial de la biomasa de orange roughy presente en el área de estudio.....	22
Modelación de errores.....	27
Objetivo 2: Estimar la composición de tallas, relación longitud-peso y proporción sexual del stock desovante de orange roughy en cada uno de los caladeros estudiados, durante el periodo de evaluación hidroacústica. Lo anterior referido principalmente, a su distribución espacial y batimétrica.....	30
Muestreo biológico.....	30
Composición de tallas.....	33
Proporción sexual.....	33
Índice Gonádico.....	34
Objetivo 3: Desarrollar, aplicar y evaluar métodos apropiados para la identificación y determinación de la composición de especies presentes en las eco-agregaciones identificadas en el área de estudio.....	34
Objetivo 4: Mejoramiento del conocimiento sobre la dinámica espacial y temporal de las agregaciones reproductivas de esta especie en los principales caladeros de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3 y JF4) y sector Bajo O'Higgins (BOH1, BOH2).....	37

Objetivo 5: Análisis cualitativo de la composición de la ictiofauna presente en las eco-agregaciones identificadas durante la ejecución del proyecto.....	37
Taller de difusión y discusión de resultados.....	39
Resultados.....	39
Objetivo 1: Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de las agregaciones reproductivas de orange roughy en al menos 4 de los principales caladeros aledaños al Archipiélago de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3, JF4) y dos caladeros del sector Bajo O'Higgins (BOH1 y BOH2).....	39
Biomasa y abundancia .....	39
Comparación con resultados del año 2003.....	40
Modelación de errores.....	43
Objetivo 2: Estimar la composición de tallas, relación longitud-peso y proporción sexual del stock desovante de orange roughy en cada uno de los caladeros estudiados, durante el período de evaluación hidroacústica. Lo anterior referido, principalmente, a su distribución espacial y batimétrica.....	44
Talla media.....	44
Composición de tallas.....	47
Relación longitud peso.....	49
Proporción sexual.....	50
Índice gonádico (IG).....	54
Objetivo 3: Desarrollar, aplicar y evaluar métodos apropiados para la identificación y determinación de la composición de especies presentes en las eco-agregaciones identificadas en el área de estudio.....	55
Estadísticas y morfometría del eco.....	55
Estadística descriptiva básica.....	55
Función Discriminante.....	55
Observación directa mediante videocámara.....	59
Objetivo 4: Mejorar el conocimiento sobre la dinámica espacial y temporal de las agregaciones reproductivas de esta especie en los principales caladeros de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3 y JF4) y Bajo O'Higgins (BOH1 y BOH2).....	60
Variabilidad diaria en abundancia relativa aparente.....	60
Desplazamiento horizontal de las agregaciones.....	60
Variación interanual en la ubicación geográfica de las agregaciones.....	64
Distribución de la abundancia relativa (densidad) por zonas y batimetría.....	70
Objetivo 5: Análisis cualitativo de la composición de la ictiofauna presente en las eco-agregaciones identificadas durante la ejecución del proyecto.....	74
Asociaciones de especies.....	76
Diversidad íctica: zonas.....	77
Diversidad íctica: profundidad.....	82
Discusión.....	84

Conclusiones.....	86
Recomendaciones.....	86
Referencias.....	87
Anexo I. Configuración de ecosondas.....	90
Anexo II. Composición de longitudes en las capturas muestreadas de orange roughy.....	91
Anexo III. Caracterización de estadíos de madurez sexual.....	93
Anexo IV. Captura y profundidad de lances de identificación exitosos .....	94
Anexo V. Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en las áreas y período de estudio. ....	101
Anexo VI. Análisis discriminante a partir de estadísticos y morfometría de ecotrazos pertenecientes a agregaciones reproductivas de orange roughy.....	107
Introduction.....	108
Methods.....	108
Results.....	110
Basic descriptive statistics.....	110
Discriminant Function Analysis including all variables.....	113
Discriminant Function Analysis excluding some depth and energy variables.....	113
Discussion.....	117
References.....	119
Formulae for calculating region variables using SHAPES corrections.....	120
Corrected variables .....	122
Anexo VII: Métodos filmográficos para la identificación y determinación de la composición de especies presentes en las eco-agregaciones identificadas en el área de estudio.....	126
Anexo VIII. Fauna concurrente: Listado General de especies y distribución de abundancia. ....	142
Anexo IX: Taller de difusión y discusión de resultados.....	149
Descripción de la Actividad.....	152
Comentarios generales de los participantes.....	152
Comentarios específicos sobre el informe y manera en que estos comentarios fueron considerados (en cursiva).....	153
Anexo X. Personal participante por actividad.....	155

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales caladeros de orange roughy evaluados hidroacústicamente en 2004.....	1
Tabla 2: Fechas y embarcaciones en las cuales se realizaron los cruceros destinados a evaluar la biomasa de las principales agregaciones reproductivas de orange roughy en 2004.....	2
Tabla 3: Especificaciones técnicas de las embarcaciones utilizadas.....	6
Tabla 4: Número de prospecciones exitosas y número total de transectas utilizadas para la estimación de biomasa para cada monte.....	8
Tabla 5: Lances de identificación exitosos por monte según composición de la captura.....	14
Tabla 6: Número de ecotrazos ajustados y valor promedio de los factores de corrección aplicados según fuente de sesgo considerada.....	19
Tabla 7: Identificador, fecha y número de observaciones presentes en el sub-conjunto de prospecciones utilizados para el análisis espacial del recurso objetivo.....	23
Tabla 8: Valores estimados y errores estándar de parámetros de campo usados para el cálculo de varianza de los estimados de biomasa y abundancia de orange roughy 2004.....	29
Tabla 9: Valores estimados y parámetros de la función de distribución de probabilidad del error asociado a factores de corrección utilizados para el cálculo de varianza de los estimados de biomasa y abundancia de orange roughy 2004.....	30
Tabla 10: Objetivo muestral según tamaño de captura.....	31
Tabla 11: Número de ejemplares muestreados por monte. Años 2003 y 2004.....	31
Tabla 12: Resumen de los ajustes realizados a la cámara submarina utilizada para evaluar la factibilidad de identificar in situ ecotrazos de orange roughy y alfonsino .....	36
Tabla 13: Distribución por zona de los distintos lances de pesca utilizados para el análisis de diversidad y de conglomerados.....	38
Tabla 14: Distribución por profundidad de los distintos lances de pesca utilizados para el análisis de diversidad y de conglomerados.....	38
Tabla 15: Biomasa (toneladas) estimada para la fracción desovante de orange roughy presente en el Archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins en 2003 (Boyer et al., 2003) y 2004 (presente estudio), según modelo utilizado para estimar fuerza de blanco en el recurso objetivo.....	41
Tabla 16: Abundancia (millones de individuos) estimada para la fracción desovante de orange roughy presente en el Archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins en 2003 (Boyer et al., 2003) y 2004 (presente estudio), según modelo utilizado para estimar fuerza de blanco en el recurso objetivo.....	42
Tabla 17: Densidad media en escala transformada y natural retro-calculada ( $z$ ), y parámetros del modelo gaussiano de ajuste de semi-variogramas por zona de estudio. Idénticos super-índices indican que no se encontró diferencias significativas entre las densidades medias por zona.....	43
Tabla 18: Estimaciones de biomasa por métodos geoestadísticos (GE) y de muestreo aleatorio (MA) para un subconjunto de prospecciones dentro de cada área de estudio. $p(OR)$ :	

probabilidad de presencia de orange roughy en una unidad muestral; A: área prospectada; $\hat{\alpha}$ : área efectiva de distribución del recurso; CV: coeficiente de variación muestral.....	43
Tabla 19: Longitudes medias de horquilla ajustadas (máxima verosimilitud) por zona y sexo. Superíndices diferentes en la talla media combinada indican diferencias significativas entre medias. Año 2004.....	45
Tabla 20: Parámetros de la relación peso total (g) y longitud de horquilla (cm) según monte, sexo, zona y estadio de madurez sexual (EMS).....	51
Tabla 21: Intercepto y pendiente de la relación ( $p < 0,01$ ) entre longitud horquilla (LH) y peso total sin gónadas (PT) según sexo y estadio de madurez sexual.....	51
Tabla 22: Media y desviación estándar de las variables descriptoras del cardumen, usadas en el AFD.....	57
Tabla 23: Tasa de errores y aciertos en la separación de ecotrazos confirmados de orange roughy y alfonsino utilizando el modelo discriminante (presente estudio) y el modelo logístico de Boyer et al. (2003).....	59
Tabla 24: Desplazamiento y velocidad aparente de 4 agregaciones de orange roughy monitoreadas en intervalos de 4 horas en montes JF2, JF3 y JF4.....	61
Tabla 25: Conglomerados inter-anales, posición geográfica de sus centroides y proporción anual y pluri-anual de las capturas efectuadas dentro y fuera de las áreas por ellos definidas.....	70
Tabla 26: Listado de especies, porcentajes de abundancia y porcentaje acumulativos.....	75
Tabla 27: Frecuencia de aparición de las especies en los muestreos realizados durante 2003 y 2004.....	76
Tabla 28: Configuración de los ecosondas de las diferentes embarcaciones.....	90
Tabla 29: Frecuencias relativas mensuales de la longitud de horquilla de orange roughy ( <i>Hoplostethus atlanticus</i> ) para cada monte.....	91
Tabla 30: Escala macroscópica para determinar el estadio de madurez sexual de hembras y machos de orange roughy (Young et al.,2000).....	93
Tabla 31: Lances de identificación exitosos en monte JF1.....	94
Tabla 32: Lances de identificación exitosos en monte JF2.....	95
Tabla 33: Lances de identificación exitosos en monte JF3.....	96
Tabla 34: Lances de identificación exitosos en monte JF4.....	98
Tabla 35: Lances de identificación exitosos en monte BO2.....	100
Tabla 36: Means of school descriptor variables used in the DFA. (DA = definitely Alfonsino, DO = Definitely Orange Roughy, PA = Possibly Alfonsino and PO = Possibly Orange Roughy).....	111
Tabla 37: Standard deviations of the means of school descriptor variables used in the DFA. (DA = definitely Alfonsino, DO = Definitely Orange Roughy, PA = Possibly Alfonsino and PO = Possibly Orange Roughy).....	112

Tabla 38: Discriminant Function Analysis summary showing the discriminatory power of each of the variables in the model (Partial Lambda) as well as the combined discriminatory power (Wilks' Lambda).....	114
Tabla 39: Classification matrix indicating classification success of known schools (DO & DA).....	114
Tabla 40: Classification functions calculated by Statistica based on input variables for schools belonging to DO and DA. Also shown is the classification success when these functions are used to discriminate between PO and PA.....	115
Tabla 41: Discriminant Function Analysis summary showing the discriminatory power of each of the variables in the model (Partial Lambda) as well as the combined discriminatory power (Wilks' Lambda).....	116
Tabla 42: Classification matrix indicating classification success of known schools (DO & DA).....	116
Tabla 43: Classification functions calculated by Statistica based on input variables for schools belonging to DO and DA. Also shown is the classification success when these functions are used to discriminate between PO and PA.....	117
Tabla 44: Alternativas tecnológicas para filmaciones submarinas de profundidad.....	128
Tabla 45: Listado General de Especies.....	142
Tabla 46: Distribución de la abundancia de las especies por zona, de los distintos lances de pesca utilizados para el análisis de diversidad y de conglomerados.....	145
Tabla 47: Distribución de la abundancia de las especies por profundidades, de los distintos lances de pesca utilizados para el análisis de diversidad y de conglomerados.....	147
Tabla 48: Lista de Participantes del Taller de difusión y discusión de resultados 2004.....	152
Tabla 49: Personal científico que participó en los diferentes cruceros:.....	155

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación general de las áreas de estudio. A) Montes JF1, JF2, JF3 y JF4 en el Archipiélago de Juan Fernández. B) Montes Bajo O'Higgins 1 y 2.....	3
Figura 2: Fechas efectivas de prospección para cada una de las diferentes zonas de estudio...	5
Figura 3: Calibración. A) Equipo de calibración, base extensible; B) Acercamiento del carrete eléctrico; C) Ecograma.....	7
Figura 4: Ejemplo de diseño de transectas en los cuatro estratos definidos en el monte JF1, en este caso para prospecciones 16, 22, 23 y 27. ....	9
Figura 5: Estratos y sub-estratos utilizados en el monte JF2.....	10
Figura 6: Ejemplo de transectas diseñadas para JF3, en este caso prospección 5, donde las transectas fueron espaciadas al azar, a un promedio de 0,5 mn.....	11
Figura 7: Ejemplo del diseño de transectas para JF4, en este caso prospección 2, donde las transectas fueron Este-Oeste, espaciadas al azar, a un promedio de 0,5 mn.....	11
Figura 8: Investigación de Bajo O'Higgins 1, prospección 2, usando transectas paralelas espaciadas al azar, con un promedio de 0,5 mn. En la porción Sur-Este se observa un desvío de la investigación, para observar una marca para posible lance.....	12
Figura 9: Investigación de Bajo O'Higgins 2, prospección 3, usando transectas paralelas espaciadas al azar con un promedio de 0,25 mn. Se observa un desvío de la investigación para observar una marca para posible lance.....	12
Figura 10: Semi-variogramas de la distribución espacial de la densidad estimada de orange roughy en las áreas estudiadas de Juan Fernández. Panel izquierdo: variogramas omnidireccionales; panel derecho: variogramas unidireccionales.....	26
Figura 11: Semi-variogramas de la distribución espacial de la densidad estimada de orange roughy en áreas estudiadas de Bajo O'Higgins. Panel izquierdo: variogramas omnidireccionales; panel derecho: variogramas unidireccionales.....	27
Figura 12: Diagrama del modelo individual de error utilizado para la aleatorización de parámetros en el análisis de sensibilidad de Montecarlo.....	28
Figura 13: Esquema del equipo de filmación submarina autónomo utilizado en el proyecto.	36
Figura 14: Densidad estimada de orange roughy en el conjunto de ecotrazos observados en los montes submarinos JF1, JF2, JF3 y JF4 durante 2003 y 2004.....	40
Figura 15: Longitud promedio de horquilla de ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial chilena (2004), según sexo y monte.....	45
Figura 16: Longitud promedio de horquilla (+ EE) de ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial según estrato de profundidad (años 2003-2004). Letras diferentes sobre las barras de error indican diferencias significativas entre medias.....	46
Figura 17: Longitud promedio de horquilla de ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial chilena (2004), según sexo y profundidad.....	46

Figura 18: Distribución de frecuencias de longitud de horquilla para ejemplares de orange roughy capturados en el área de estudio por la flota comercial chilena (2003-2004), según monte.....	47
Figura 19: Distribución de frecuencias de longitud de horquilla para ejemplares de orange roughy capturados en el área de estudio (2003-2004), según estrato de profundidad.....	48
Figura 20: Distribución de frecuencias de longitud de horquilla para ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial chilena (2003-2004), según sexo.....	49
Figura 21: Relación longitud de horquilla-peso para ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial chilena 2003-2004.....	50
Figura 22: Proporción de hembras de orange roughy capturados por la flota comercial, según monte y profundidad (Z).....	52
Figura 23: Proporción de hembras de orange roughy capturados por la flota comercial, según monte y mes.....	53
Figura 24: Variación del índice gonádico por monte durante el periodo de estudio. A) Machos, B) Hembras.....	54
Figura 25: Diagrama de distribución de valores observados en ecotrazos confirmados de alfonsino y orange roughy para las variables: profundidad media, Sv-máximo, kurtosis, longitud corregida, coeficiente de correlación horizontal y amplitud corregida.....	58
Figura 26: Variación diaria de la densidad de orange roughy ( $g \cdot m^2$ ) observada acústicamente en cardúmenes monitoreados de manera semi-continua en montes submarinos de Juan Fernández. ....	61
Figura 27: Distribución quincenal de ecotrazos identificados como orange roughy en el monte Juan Fernández 1.....	62
Figura 28: Distribución quincenal de ecotrazos identificados como orange roughy en el monte Juan Fernández 2.....	62
Figura 29: Distribución quincenal de ecotrazos identificados como orange roughy en el monte Juan Fernández 3.....	63
Figura 30: Distribución quincenal de ecotrazos identificados como orange roughy en el monte Juan Fernández 4.....	63
Figura 31: Monte JF1: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●), 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia < 1.852 m).....	64
Figura 32: Monte JF2: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●), 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia < 1.852 m).....	65
Figura 33: Monte JF3: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●), 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia < 1.852 m).....	66

Figura 34: Monte JF4: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●) , 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia<1.852 m).....	67
Figura 35: Monte BO1: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●) , 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia<1.852 m).....	68
Figura 36: Monte BO2: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●) , 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia<1.852 m).....	69
Figura 37: Logaritmo de la densidad (g/m <sup>2</sup> ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, observadas acústicamente en los montes estudiados.....	71
Figura 38: Logaritmo de la densidad (g/m <sup>2</sup> ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, por estrato de profundidad.....	71
Figura 39: Distribución espacial (A) y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad (g/m <sup>2</sup> ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, observadas acústicamente en el monte JF1.....	72
Figura 40: Distribución espacial (A) y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad (g/m <sup>2</sup> ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, observadas acústicamente en el monte JF2.....	72
Figura 41: Distribución espacial (A) y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad (g/m <sup>2</sup> ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, observadas acústicamente en el monte JF3.....	73
Figura 42: Distribución espacial (A) y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad (g/m <sup>2</sup> ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, observadas acústicamente en el monte JF4.....	73
Figura 43: Distribución espacial (A) y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad (g/m <sup>2</sup> ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy observadas acústicamente en el monte BOH1.....	74
Figura 44: Distribución espacial (A) y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad (g/m <sup>2</sup> ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy observadas acústicamente en el monte BOH2.....	74
Figura 45: Asociaciones entre las distintas especies capturadas en 2003 como fauna concurrente de la pesquería de orange roughy en el área de Juan Fernández. UPGMA. Análisis de clúster de coeficiente de Spearman- datos transformados log(e).....	78
Figura 46: Asociaciones entre las distintas especies capturadas en 2004 como fauna concurrente de la pesquería de Orange roughy en el área de Juan Fernández (% de similaridad). Análisis de clúster Bray-Curtis.....	79
Figura 47: Comportamiento de la diversidad específica en las distintas zonas (montes) de pesca. Índice de Shannon.....	80

Figura 48: Asociación entre distintas zonas de pesca (% de similaridad). Efectos zonas (montes). Análisis de Clúster Bray-Curtis.....	81
Figura 49: Comportamiento de la diversidad específica en las distintas profundidades de pesca. índice de Shannon.....	82
Figura 50: Porcentaje de similaridad por profundidad. Análisis de clúster Bray-Curtis.....	83
Figura 51: Porcentaje de similaridad entre sets de datos y años. Análisis de clúster jaccard..	84
Figura 52: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte JF1, 3-4 de julio de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.....	101
Figura 53: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte JF2, 8-12 de julio de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.....	102
Figura 54: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte JF3, 10-11 de agosto de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.....	103
Figura 55: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte JF4, 11-12 de agosto de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.....	104
Figura 56: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte BO1 el 9 de agosto de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.....	105
Figura 57: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte B02, 1-2 de agosto de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.....	106
Figura 58: Tecnologías filmográficas actualmente utilizadas en la investigación submarina. A)Hugin, AUV de IMR (Bergen, Noruega);B) ROV; C) cámara submarina – TECPES/PUCV.....	129
Figura 59: Esquema del equipo de filmación submarina autónoma.....	130
Figura 60: Disposición de la cámara con la embarcación.....	131
Figura 61: Disposición de la cámara con el uso de flotadores y la embarcación.....	132
Figura 62: Registro de peces pequeños.....	133
Figura 63: Filmación del casco en izado de la cámara.....	133
Figura 64: Ecograma de la posible marca de alfonsino estudiada durante Filmación 2 (JF4).....	134
Figura 65: Perfil de temperatura y profundidad durante la filmación 2 (Zona JF4).....	134
Figura 66: Registro de jibias nadando.....	135
Figura 67: Ecograma del área estudiada durante la filmación 3 (Zona JF1).....	135
Figura 68: Gráfico de temperatura y profundidad durante la filmación 3 (Zona JF1).....	136

Figura 69: Ecograma de la posible marca de alfonsino que se trató de identificar. Zona JF2.....	136
Figura 70: Imagen representativa de Filmación 4.....	137
Figura 71: Temperatura y profundidad de la filmación 3. Zona JF2.....	137
Figura 72: Fondo de caladeros en montes Archipiélago de Juan Fernández.....	138

## ANTECEDENTES GENERALES

El orange roughy (*Hoplostethus atlanticus* Collet 1889), es una especie demersal de aguas profundas que habita entre los 500 y 1.500 m, generalmente asociado a montes y cañones submarinos (Branch 2001, Boyer et al. 2001). Presenta gran longevidad que se ha estimado cercana a los 150 años, baja tasa de crecimiento, baja fecundidad y avanzada edad de primera madurez, características que hacen presumir de poca productividad y gran vulnerabilidad a la sobreexplotación (Gili et al. 2002).

La pesquería de orange roughy, pese a ser un recurso de gran valor comercial, es de desarrollo reciente, en el ámbito nacional y global. Mientras que las primeras capturas se registraron en Nueva Zelanda hacia fines de los años '70, las capturas comerciales en Chile se iniciaron recién en 1999. Este recurso se explota comercialmente hoy en montes, cordilleras submarinas y/o en áreas del talud continental de Nueva Zelanda, Australia, Namibia, NE Atlántico, SE del Océano Índico y Chile.

En nuestro país, el esfuerzo pesquero se ha concentrado fundamentalmente en los montes submarinos aledaños al archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, focalizando la actividad de la flota sobre las agregaciones reproductivas que se reúnen para el desove en los meses de otoño e invierno. El conocimiento nacional necesario para la explotación sustentable de este recurso se ha ido desarrollando, principalmente, en el marco de un convenio de investigación cooperativa en el que participan la Subsecretaría de Pesca, la industria, el Instituto de Fomento Pesquero y la Universidad Austral de Chile. Como resultado de este esfuerzo, se han logrado los siguientes avances en relación con la estimación de la biomasa en las principales áreas de operación de la pesquería:

- i) Inicio de un sistema de monitoreo acústico de bajo costo de las operaciones de la flota desde el año 2002.
- ii) Evaluación hidroacústica de abundancia de orange roughy en las principales agregaciones reproductivas de los montes submarinos aledaños al Archipiélago de Juan Fernández 2003 (Boyer et al. 2003).
- iii) Estimación de la biomasa reproductiva de orange roughy en sus principales zonas de concentración 2004 (presente proyecto).

El objetivo principal del presente estudio fue evaluar el stock desovante de orange roughy, a través del método hidroacústico, en 4 de los principales caladeros del Archipiélago Juan Fernández y dos caladeros en el sector Bajo O'Higgins. Particularmente, el proyecto buscó alcanzar los siguientes objetivos específicos.

1. Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de las agregaciones reproductivas de orange roughy en al menos 4 de los principales caladeros aledaños al Archipiélago de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3, JF4) y dos caladeros del sector Bajo O'Higgins (BOH1 y BOH2).
2. Estimar la composición de tallas, relación longitud-peso y proporción sexual del stock desovante de orange roughy en cada uno de los caladeros estudiados, durante el período de evaluación hidroacústica. Lo anterior referido, principalmente, a su distribución espacial y batimétrica.

3. Desarrollar, aplicar y evaluar métodos apropiados para la identificación y determinación de la composición de especies presentes en las eco-agregaciones identificadas en el área de estudio.
4. Mejorar el conocimiento sobre la dinámica espacial y temporal de agregaciones reproductivas de esta especie en los principales caladeros de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3 y JF4) y Bajo O'Higgins (BOH1 y BOH2).
5. Análisis cualitativo de la composición de la ictiofauna presente en las eco-agregaciones identificadas durante la ejecución del proyecto<sup>2</sup>.

El presente informe reporta las actividades desarrolladas y los resultados obtenidos en este proyecto, orientados a establecer la biomasa presente en las principales agregaciones reproductivas de *H. atlanticus*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Áreas y período de Estudio:*

Siete cruceros de investigación fueron realizados entre el 23 mayo y el 15 de Septiembre, sobre las principales áreas de concentración de orange roughy en Juan Fernández y Bajo O'Higgins (Figura 1). Estas áreas fueron definidas de acuerdo a los registros históricos de captura de la flota comercial (Young et al. 2000, Young et al. 2004) y los resultados del crucero hidroacústico realizado en el año 2003 (Boyer et al. 2003).

En conformidad con lo establecido en los términos de referencia y lo consignado en la Propuesta Técnica, se evaluó en el área del Archipiélago Juan Fernández la porción NE del monte "Plataforma" (JF1) y la totalidad de los montes "Jamón" (JF2), "Teta" (JF3) y "Tessa" (JF4). En el área de Bajo O'Higgins, se incluyó la totalidad de los montes denominados BO1 y BO2 (Tabla 1). El estudio se concentró en el estrato batimétrico de 400 a 1.000 m de profundidad.

Tabla 1: Principales caladeros de orange roughy evaluados hidroacústicamente en 2004

Caladero	Límite Norte	Límite Sur	Límite Oeste	Límite Este	Área aproximada mn <sup>2</sup>
	Lat (S)	Lat (S)	Long (W)	Long (W)	
JF1	33,49	33,69	78,45	78,24	68
JF2	33,41	33,7	77,85	77,58	110
JF3	33,35	33,42	77,46	77,37	17
JF4	33,39	33,49	76,94	76,82	23
BOH1	32,86	32,96	73,95	73,84	24
BOH2	32,83	32,86	73,65	73,61	3

<sup>2</sup> Este objetivo no fue explícitamente definido en las bases técnicas del FIP 2004-13, sino que incorporado por los autores en el transcurso del desarrollo del proyecto.

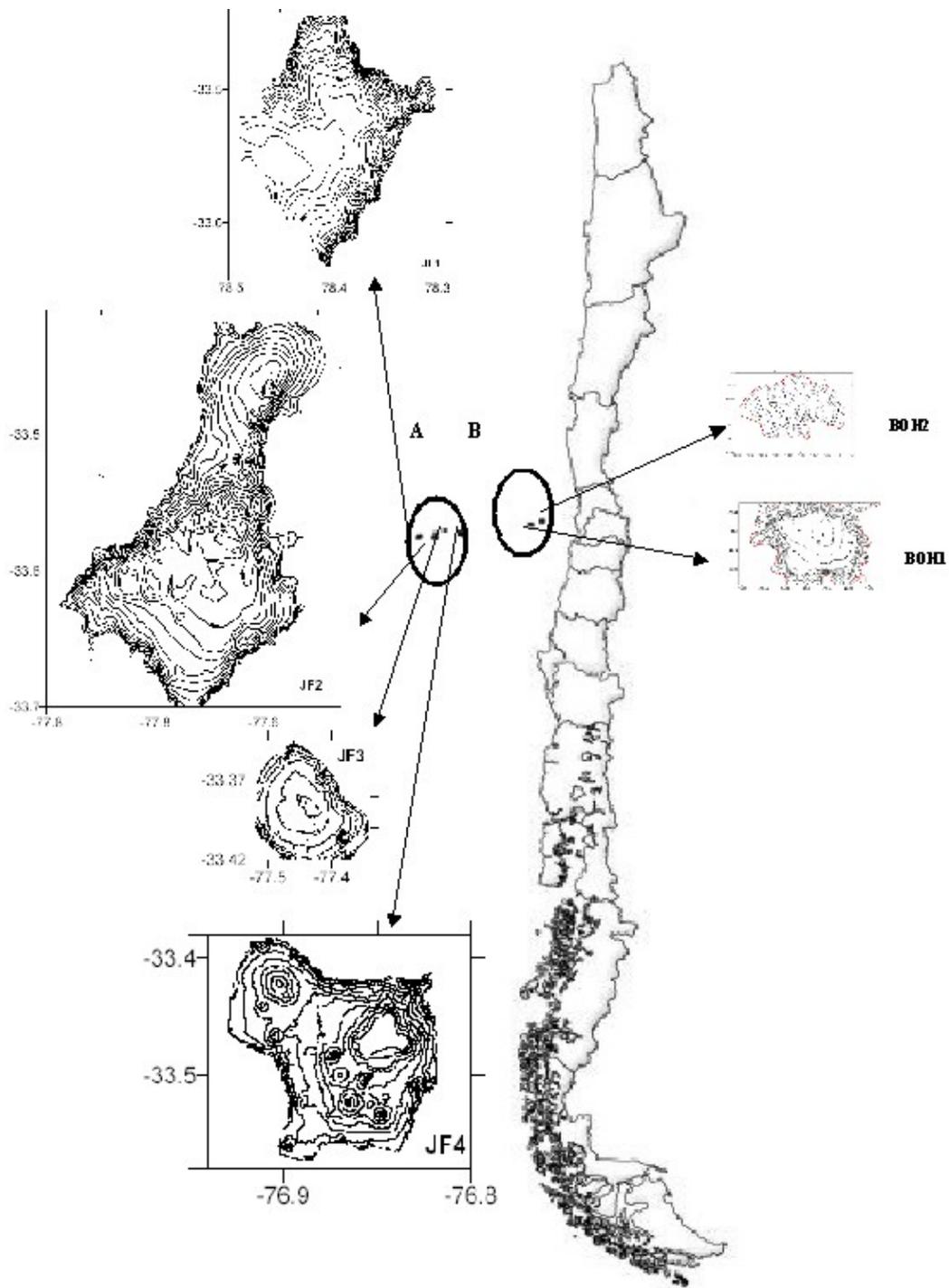


Figura 1: Ubicación general de las áreas de estudio. A) Montes JF1, JF2, JF3 y JF4 en el Archipiélago de Juan Fernández. B) Montes Bajo O'Higgins 1 y 2.

La programación original de los cruceros definió los períodos prioritarios de estudio de acuerdo a las fechas esperadas de desove en cada monte, estimadas a partir de los antecedentes reportados por Young et al. (2000, 2004), Boyer et al. (2003) y Niklitschek et al. (2003). Esta consideró la siguiente calendarización:

- Monte JF1 (“Juan Fernández”): 25 de mayo al 21 de junio
- Monte JF2 (“Jamón”): 21 de junio al 15 de julio
- Monte JF4 (“Tessa”): 1 de Julio al 11 de agosto
- Monte JF3 (“Teta”): 8 de julio al 12 de agosto
- Montes BOH1 y BOH2 (“Bajo O'Higgins ”): 24 de junio al 23 de julio

La realización efectiva de los cruceros siguió cercanamente el patrón antes señalado (Tabla 2, Figura 2), ajustándose a las limitaciones operacionales e imprevistos propios de los buques utilizados. En general, la cobertura temporal fue mayor a la originalmente planificada; seis de los siete cruceros (2-7 días cada uno) se realizaron en buques hieleros (Tabla 2), mientras que el séptimo y más prolongado de los cruceros (79 días en total), fue ejecutado a bordo del buque factoría “Betanzos”.

Tabla 2: Fechas y embarcaciones en las cuales se realizaron los cruceros destinados a evaluar la biomasa de las principales agregaciones reproductivas de orange roughy en 2004.

Crucero	Buque	Fecha	Área objetivo	Otras áreas evaluadas
I	Friosur IX	21-27 mayo	BO1, BO2, JF1	JF5, JF6
II	Bonn	2-7 junio	JF1	JF2, JF3, JF4
III	Friosur IX	13-16 junio	JF1	JF2, JF3
IV	Pelagos II	17-23 junio	JF1, JF2	JF3, JF4
V	Betanzos	29 junio-15 septiembre	BO1, BO2, JF1, JF2, JF3, JF4	
VI	Friosur IX	4-5 de agosto	BO1, BO2	
VII	Leopardo <sup>3</sup>	6-7 de agosto	BO1, BO2	

### *Montaje, instalación y configuración del sistema acústico.*

#### Embarcaciones y equipamiento Hidroacústico

Los cruceros de evaluación hidroacústica se realizaron en 4 embarcaciones industriales debidamente equipadas para el desarrollo de la investigación (ver nota a pié de página). Todas

<sup>3</sup> Los datos obtenidos en el crucero realizado en el buque leopardo no fueron utilizados en el post-proceso y análisis de información.



Tabla 3. Especificaciones técnicas de las embarcaciones utilizadas.

Embarcación	FrioSur IX	Bonn	Pelagos II	Leopardo	Betanzos
Compañía	FrioSur	Bío Bío	El Golfo	El Golfo	PescaChile
Eslora (m)	53,30	54,20	58,60	33,95	72,10
Manga (m)	11,50	11,00	11,20	9,80	12,50
Approx. draft (m)	5,00	4,00	5,00	6,95	6,00
TRG (ton)	930	945	1.085	554	1.438
Potencia HP	2.225	2.400	1.960	1.185	2.700
Hélice de inclinación variable	Si	Si	Si	Sí	Si
Ecosonda	Simrad EK60 38KHz	Simrad EK60 38KHz	Simrad EK60 38KHz	Simrad EK60 38KHz	Simrad ES60 38KHz

#### Instalación y Configuración del Sistema Acústico<sup>4</sup>

El B/F Betanzos contó con un transceiver Simrad ES60 asociado a un software ES60 versión 1.5.0.74. Cada sistema fue cuidadosamente configurado y calibrado () previo al inicio del crucero de evaluación siguiendo la metodología descrita por Foote (1982) y los procedimientos indicados por el fabricante, bajo la guía técnica del consultor asociado Fisheries Resource Surveys. La calibración se repitió en Bahía Cumberland, de la isla Robinson Crusoe (Archipiélago de Juan Fernández), a modo de obtener mediciones en el ambiente en que se desarrollaron las evaluaciones.

El sistema ES60 se conectó por medio de una interfase al GPS principal de la embarcación (Shipmate RS5800), y a una red de área local, que contó con tres computadores que almacenaron y procesaron los datos acústicos. La información acústica fue registrada y post-procesada utilizando programas computacionales especializados de Sonardata (Australia): Echolog© (Versión 3.00.23.04) y Echoview© (Versión 3.00.75.05), respectivamente. Como respaldo de los archivos crudos (echo raw), se conectó directamente al computador del ES60, un disco duro externo de 80 Gb de capacidad.

#### Calibración

El procedimiento de calibración se basó en la determinación de los ajustes a la ganancia y a la señal de econtegración (ABC) necesarios para igualar las intensidades observadas y esperadas

---

<sup>4</sup> Descripción basada en el B/F Betanzos que efectuó la mayor parte de los cruceros y aplicada de manera equivalente en los otros barcos participantes, variando sólo el tipo de ecosonda (EK60 o ES60) y el sector en el que se realizó la calibración del transductor.

del eco producido por un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm) de fuerza de blanco conocida ( $TS \approx -33,6$  dB).

La esfera de calibración fue posicionada 18 a 20 m bajo el haz de sonido del transductor de la embarcación, por medio de 3 líneas de monofilamento, hasta ser detectada claramente en el monitor del ecosonda. Para ello se utilizó un sistema de carretes electrónicos, montados sobre una base extensible en la borda del barco y comandado desde el puente de la embarcación (Figura 3).

Para evitar interferencia en la recepción del eco, todos los sistemas eléctricos no esenciales de la embarcación fueron apagados durante la calibración. También se realizaron pruebas de “ruido” en las embarcaciones para estimar la velocidad óptima de crucero, se estimó que debía mantenerse entre 5,5 a 6 nudos.

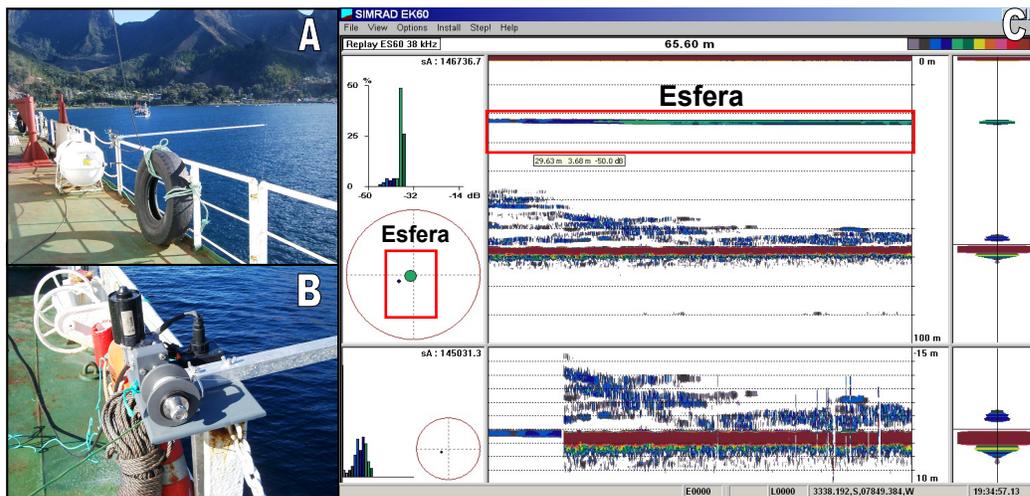


Figura 3: Calibración. A) Equipo de calibración, base extensible; B) Acercamiento del carrete eléctrico; C) Ecograma.

*Objetivo 1:* Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de las agregaciones reproductivas de orange roughy en al menos 4 de los principales caladeros aledaños al Archipiélago de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3, JF4) y dos caladeros del sector Bajo O'Higgins (BOH1 y BOH2).

### *Muestreo Hidroacústico*

El muestreo hidroacústico fue de carácter semi-aleatorio estratificado (Jolly & Hampton 1990), basado en transectas perpendiculares a las isolíneas de profundidad, cubriendo las profundidades conocidas de distribución de orange roughy en el área de estudio (400-1.000 m). Las transectas fueron definidas para alcanzar una distancia promedio de 0,5 millas para la generalidad del área de estudio (grilla gruesa). Sin embargo, en los estratos de mayor concentración, la separación media fue reducida a 0,25 millas o 0,1 millas (grilla fina). Por otro lado, en áreas de baja concentración al sur del paralelo 33,5° S del monte JF2 y al SW del monte JF1, donde las capturas históricas han sido escasas o nulas, y no se detectó ecotrazos de orange roughy en los primeros cruceros, se utilizó una resolución media de 1 milla. En todos

los casos la aleatorización fue limitada a una distancia mínima entre transectos de 0,1 millas. Las prospecciones se efectuaron a una velocidad de 4,5-6,5 nudos, definida a partir de pruebas preliminares de ruido efectuadas en cada barco. Dadas las óptimas condiciones ambientales reinantes durante la mayor parte del período, no fue necesario utilizar el transductor remolcado, manteniendo un promedio de atenuación por movimiento del transductor montado en quilla bajo el 5%.

La meta del muestreo fue obtener una estimación de biomasa cuyo coeficiente de variación fuera inferior o igual al 20% de la media. De acuerdo con la experiencia de Boyer et al. (2003), esta meta requeriría de al menos 9 prospecciones exitosas en cada área de estudio.

Los criterios para definir una prospección exitosa fueron los siguientes:

- Presencia evidente de agregaciones reproductivas (ecotrazos) de orange roughy en el área de estudio.
- Índice de corrección por pérdida de ecos <25%.
- Índice de corrección por movimiento del transductor <35%.
- Proporción de hembras desovantes (EMS IV y V) > 25%
- Proporción de hembras EMS IV >5%

Con un total de 138 prospecciones y 1.367 transectas, de los cuales fueron utilizables 117 y 1.095 respectivamente, se alcanzó y superó la meta señalada a excepción de la zona Bajo O'Higgins (Tabla 4). La distancia de la zona normal de operaciones y la aparente inestabilidad de las agregaciones fueron elementos relevantes en limitar la cobertura de esta zona. En efecto sólo en 3 de los 5 viajes efectuados al área de Bajo O'Higgins se encontraron agregaciones identificables de orange roughy.

Tabla 4: Número de prospecciones exitosas y número total de transectas utilizado para la estimación de biomasa para cada monte.

Monte	Nº de prospecciones exitosas	Nº de transectas
JF1	14	123
JF2	30	352
JF3	30	254
JF4	34	293
BOH1	4	35
BOH2	5	38
<b>Total</b>	117	1.095

El diseño de las transectas en cada zona, se ajustó al área, abundancia del recurso y orientación espacial de isolíneas de profundidad. De esta manera, el diseño general por monte correspondió al siguiente:

**Monte JF1:** estratificado en cuatro zonas, en función de la abundancia y de la orientación espacial de las isolíneas de profundidad (Figura 4). Estratos 1 y 4 muestreados a una distancia promedio de 1 milla náutica entre transectas. Estratos 2 y 3 muestreados mediante transectas

espaciadas a un promedio de 0,5 millas náuticas.

**Monte JF2:** inicialmente se dividió en dos estratos: norte y sur. Estas fracciones, separadas por la latitud 33,55° S, fueron investigadas utilizando transectas espaciadas a un promedio de 1.0 y 0,5 millas náuticas, respectivamente. Posteriormente, dentro del estrato norte se identificaron dos áreas discretas de alta concentración de orange roughy, las que justificaron la subdivisión del estrato “Norte” en dos subestratos: “NN” y “NC” (Figura 5). Ambas zonas fueron estudiadas usando transectas separadas por un promedio de 0,25 millas náuticas .

**Monte JF3:** por su pequeño tamaño este monte no fue estratificado, siendo evaluado mediante transectas espaciadas a un promedio de 0,5 millas náuticas, la mayoría con dirección Este-Oeste (Figura 6). La mayor cantidad de las agregaciones fue encontrada en el cuarto SE del monte.

**Monte JF4:** investigado realizando transectas espaciadas a 0,5 millas náuticas, en su mayoría con dirección Este-Oeste. La presencia de un área evidente de concentración justificó la división del monte en 2 estratos, norte y sur, separados a la latitud 33,42° S, cuyas transectas se realizaron en promedio cada 0,25 millas náuticas, con dirección Norte-Sur (Figura 7).

**Bajo O’Higgins:** los montes Bajo O’Higgins 1 y 2, fueron cubiertos con transectas espaciadas a 0,5 y 0,25 millas náuticas, respectivamente (Figuras 8 y 9). No se detectaron áreas de mayor concentración que justificaran la estratificación de alguno de estos montes.

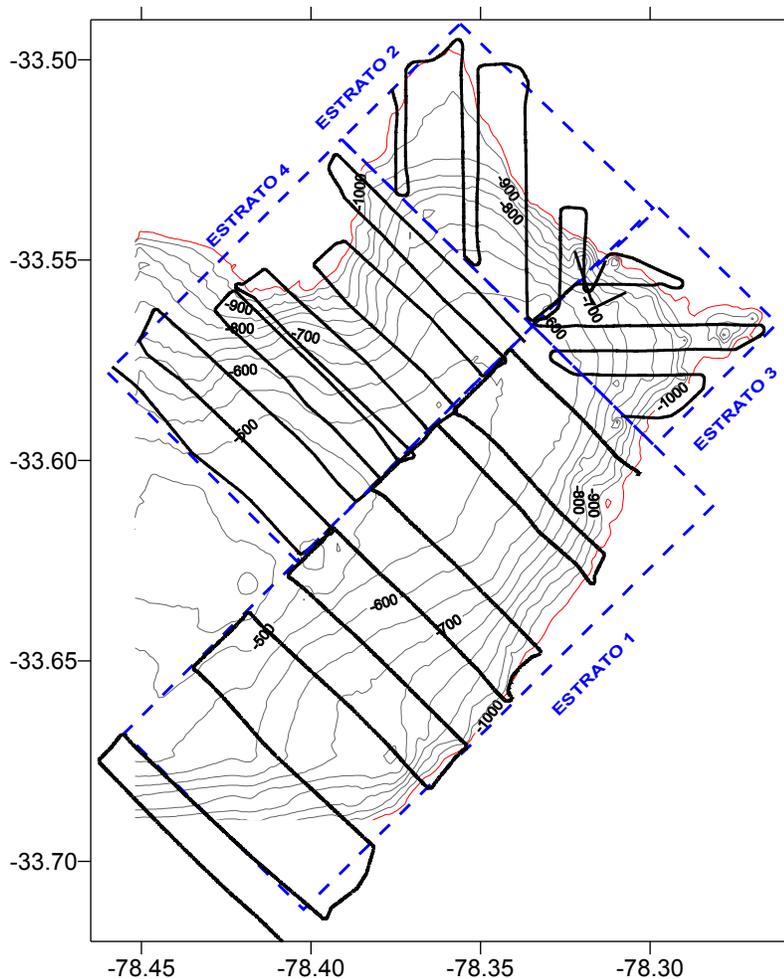


Figura 4: Ejemplo de diseño de transectas en los cuatro estratos definidos en el monte JF1, en este caso para prospecciones 16, 22, 23 y 27.

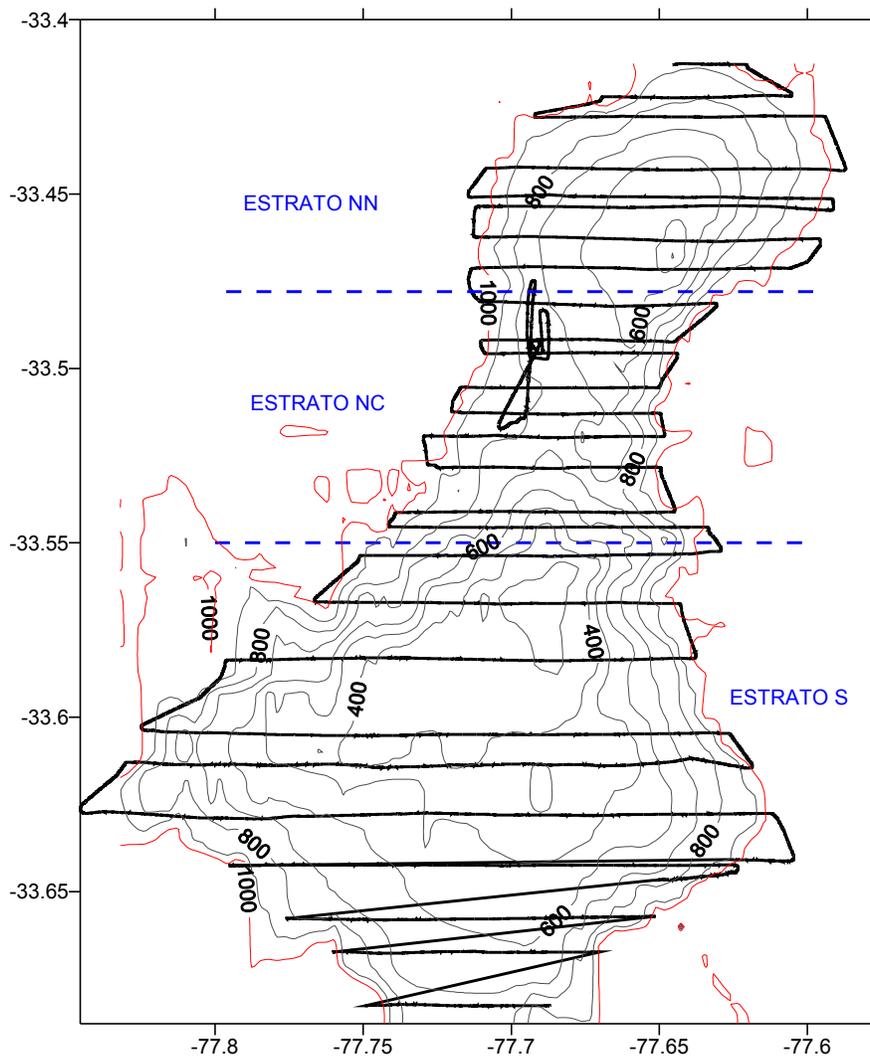


Figura 5: Estratos y sub-estratos utilizados en el monte JF2 (líneas punteadas). Ejemplos de transectas efectuadas en prospecciones 6 y 7 (líneas continuas).

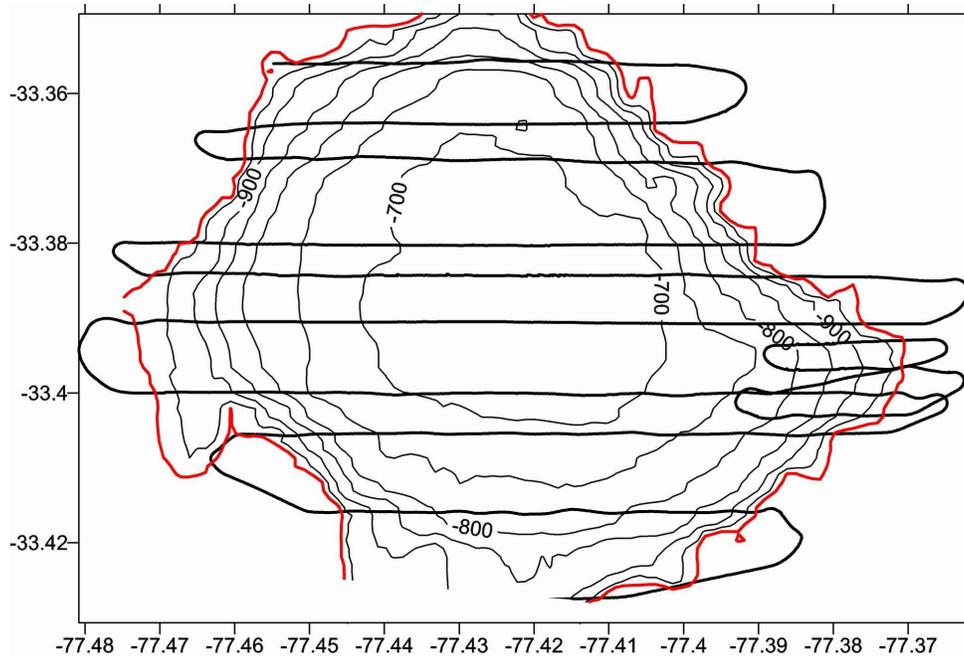


Figura 6: Ejemplo de transectas diseñadas para JF3, en este caso prospección 5, donde las transectas fueron espaciadas al azar, a un promedio de 0,5 mn.

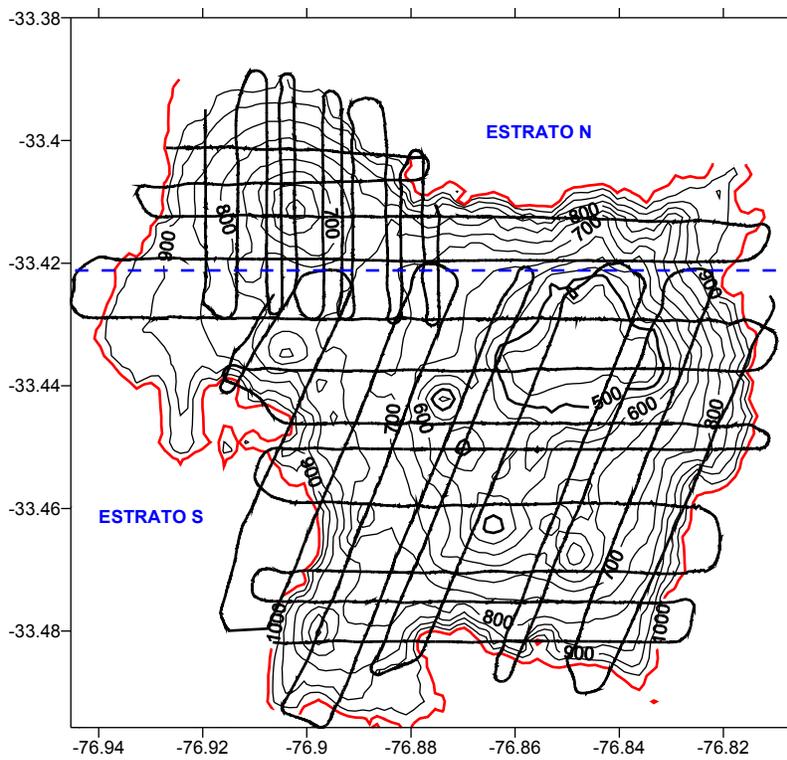


Figura 7: Ejemplo del diseño de transectas para JF4, en este caso prospecciones 2, 5 y 8.

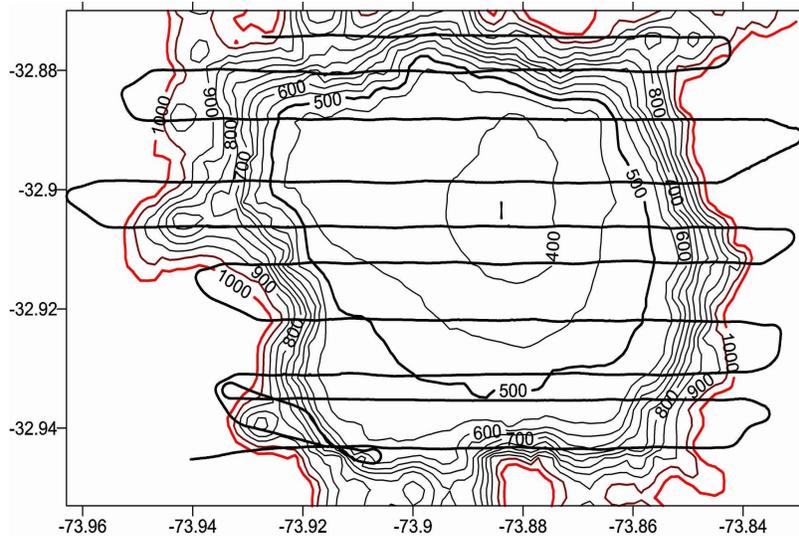


Figura 8: Investigación de Bajo O'Higgins 1, prospección 2, usando transectas paralelas espaciadas al azar, con un promedio de 0,5 mn. En la porción Sur-Este se observa un desvío de la investigación, para observar una marca para posible lance.

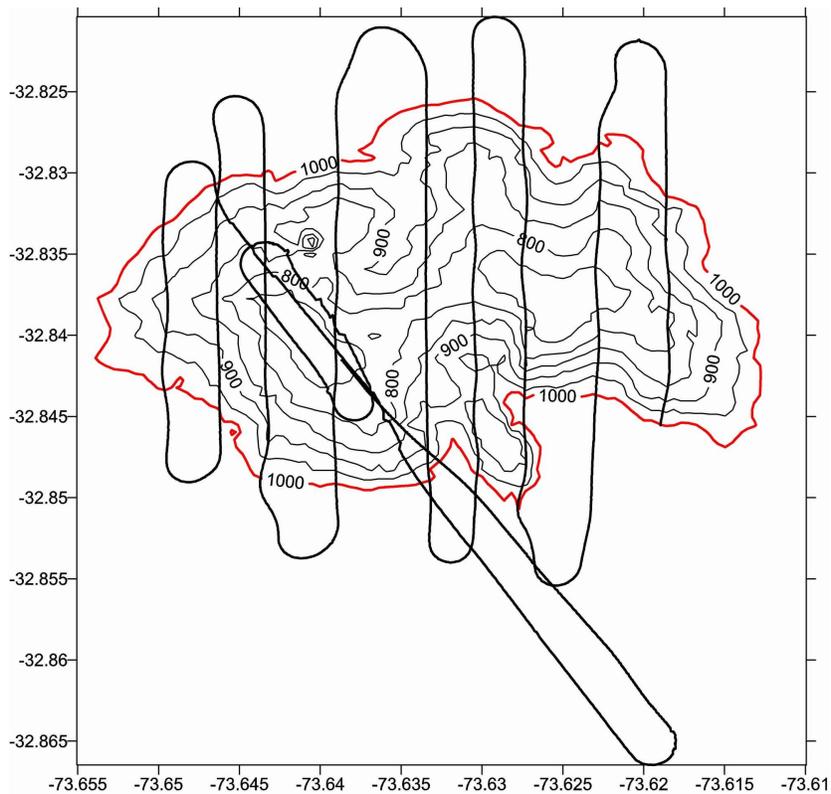


Figura 9: Investigación de Bajo O'Higgins 2, prospección 3, usando transectas paralelas espaciadas al azar con un promedio de 0,25 mn. Se observa un desvío de la investigación para observar una marca para posible lance.

### *Composición de especies en los ecotrazos:*

El orange roughy se caracteriza por formar cardúmenes que, en la práctica, han sido asumidos como mono-específicos (Hampton & Soule 2002). Por otro lado, la información disponible indica que, de las especies presentes en el área y profundidad del orange roughy (Arana & Vega 2000), sólo alfonsino formaría cardúmenes reconocibles como ecotrazos discretos (Oyarzún y Niklitschek no publicado). De esta manera, desde el punto de vista de la estimación de biomasa, el problema principal se centró en identificar si los ecotrazos analizados correspondían efectivamente a orange roughy o alfonsino.

Los lances de identificación se ajustaron a la capacidad operacional (captura y proceso) del barco, donde en general se muestrearon todas las agregaciones ubicadas en áreas susceptibles de arrastre con las artes de pesca disponibles. De este modo, se logró un total de 177 lances positivos, en su mayoría constituidos por orange roughy en un 100% (Tabla 5, Anexo IV). Se consideró positivamente identificados aquellos ecotrazos ubicados a una distancia <500 m de la línea de arrastre de un lance de identificación efectuado <24 h antes o después de la observación hidroacústica del ecotrazo. Los ecotrazos que no cumplieron tales condiciones fueron clasificados como “posible alfonsino” o “posible orange roughy”, utilizando juicio de expertos (jefe de crucero, patrón de pesca, personal entrenado) y considerando su apariencia (hidroacústica) y profundidad. De esta manera, el conjunto de ecotrazos observados fue desagregado en las siguientes categorías y códigos (entre paréntesis):

- Orange roughy confirmado (500)
- Posible orange roughy (500.1)
- Alfonsino confirmado (32)
- Posible alfonsino (32.1)
- Otros: otras especies, lóbulo lateral, rocas (-9999)

A los ecotrazos que no fue posible identificar mediante lances (códigos 500.1 y 32.1) se les asignó una probabilidad de ser orange roughy,  $p(OR)$ , estimada a partir de una versión revisada del modelo probabilístico de Boyer et al. (2003). Mientras que el modelo original de estos autores fue elaborado en base a la profundidad reportada en lances comerciales, la versión revisada utilizó la profundidad media observada (acústicamente) de los ecotrazos confirmados de orange roughy y alfonsino. Este nuevo modelo de tipo lineal general mixto, ajustado mediante máxima verosimilitud, siguió una forma similar al anterior, definida por,

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

donde,

$z$  : profundidad media del ecotrazo

$\beta_0$  :  $-16,54 \pm 0,034$  (EE)

$\beta_1$  :  $5,196 \pm 0,0081$  (EE)

Tabla 5. Lances de identificación exitosos por monte según composición de la captura

Monte	OR	Alfonsino	Mixto	Total
JF1	10	17	0	27
JF2	30	4	1	35
JF3	57	0	0	57
JF4	53	1	1	55
BO1	0	0	0	0
BO2	3	0	0	3
Total	153	22	2	177

### *Ecointegración:*

Los ecotrazos fueron identificados mediante la inspección visual de los ecogramas e integrados individualmente. Para efectos del análisis espacial, la ecointegración fue efectuado en intervalos de 100 m. En ambos casos (integración por ecotrazo y por intervalo de 100 m), se utilizaron las siguientes relaciones:

- Coeficiente volumétrico de retro-dispersión ( $S_V$ ) por pulso transmitido

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

donde,

- $P_r$  : potencia recibida (dB re 1 W)
- $r$  : rango (m)
- $\alpha$  : coeficiente de absorción (dB m<sup>-1</sup>)
- $P_t$  : Potencia transmitida (W)
- $G_0$  : constante del ecosonda (sin dimensión)
- $\lambda$  : longitud de onda (m)
- $c$  : velocidad del sonido (m s<sup>-1</sup>)
- $\tau$  : duración del pulso (s)
- $\psi$  : ángulo equivalente dos vías (esteradianes)
- $CF$  : factor de calibración (dB re 1 m<sup>-1</sup>)

- Coeficiente de retro-dispersión por unidad de área ( $Sa_k$ ) en la región k

$$Sa_k = \left( \sum_{p=1}^m \delta \sum_{d=1}^{\frac{h}{\delta}} 10^{\frac{Sv_{dp}}{10}} \right) \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)}$$

donde,

- m : número de pulsos (p) en el intervalo k
- $\delta$  : altura de los quanta digitalizados (d)
- h : altura de la ecoregión.
- $S_{V_{dp}}$  : intensidad del eco por unidad de volumen del quanta d en el pulso p.

- Coeficiente de dispersión por area náutica ( $S_{A_k}$ ) en la región k

$$S_{A_k} = S_{a_k} \cdot \pi \cdot 1852^2 \cdot fce_{bt} \cdot fcm_l \cdot fci_k \cdot fcs_k \cdot fdz_k \cdot fcp_k \quad (m^2 \cdot m^{-2})$$

donde,

- $fce_{bt}$  : factor de corrección asociado a la calibración del equipo montado en el barco b, durante el período t.
- $fcm_l$  : factor de corrección por la atenuación del eco causada por el movimiento oscilatorio del transductor en la transecta l.
- $fci_k$  : factor de corrección para el eco incidental asociado a la región k.
- $fcs_k$  : factor de corrección asociado a la diferencia entre la absorción nominal y calculada del sonido para la región k.
- $fdz_k$  : factor de corrección correspondiente a la fracción del ecotrazo oculta en la zona ciega de la región k.
- $fcp_k$  : factor de corrección correspondiente a la proporción de pulsos emitidos y no recepcionados o considerados defectuosos.

#### Control y corrección de fuentes conocidas de sesgo:

Siguiendo un proceso equivalente al empleado por Boyer et al. (2003), se aplicaron los siguientes factores de corrección (Tabla 6):

##### i) *Calibración de los equipos*

Las ganancias efectivas de TS ( $TS_g$ ) y  $S_A$  ( $S_{A\_ganancia}$ ) fueron calculadas a partir de las ganancias iniciales del equipo y las ganancias TS y  $S_A$  esperadas de la esfera, siguiendo las relaciones,

$$TS_g = TS_{gi} + \left( \frac{TS_{compensado} - TS_{esfera}}{2} \right)$$

$$S_{A\_ganancia} = S_{A\_ganancia\_inicial} + 0,5 \cdot 10 \cdot \log \left( \frac{S_{A\_medido}}{S_{A\_teórico}} \right)$$

donde,

$$S_{A(teórico)} = \frac{4 \pi R_0^2 \sigma_{bs} 1852^2}{\psi R^2}$$

$R_0$  : distancia estándar de referencia (1 m)

$\sigma_{bs}$  : sección transversal de retro-dispersión (m<sup>2</sup>)

$\psi$  : equivalente linear del ángulo bi-direccional del haz acústico.

A partir de los calculos anteriores, el factor de corrección del  $S_A$  ( $S_{A_{fc}}$ ), calculado para cada barco  $b$  y período  $t$ , es aquel que armoniza las ganancias de TS y  $S_A$ , es decir,

$$S_{A_{fc}} = S_{A_{ganancia}} - TS_g \quad (\text{dB})$$

Finalmente, el factor de corrección  $fce_{bt}$  corresponde a la transformación linear de  $S_{A_{fc}}$ , es decir

$$fce_{bt} = 10^{0,1(2 \cdot S_{A_{fc}} + \delta TS)}$$

ii) *Atenuación de la señal como consecuencia del movimiento del transductor:*

El cabeceo y roleo de las embarcaciones introducen una importante pérdida de energía de la señal, como resultado del cambio en la orientación del transductor entre la fase de emisión y recepción de la señal acústica (Mac Lennan & Simmonds 1995).

Para poder estimar este sesgo negativo, se montó en el puente de cada embarcación un sensor Honeywell HMR3000, cuya interfase entre el sensor y el computador fue manejada por el software PC Demo Interface (Versión 2.03), programado para capturar 180 muestras por minuto.

La atenuación de la señal fue calculada como la integral de directividad normalizada ( $\psi_D$ ), utilizando la ecuación de Stanton (1982), codificada en Matlab© por Sawada y Williamson (Sawada & Williamson 2003):

$$\psi_D = \iint \left( \frac{2J(ka \cdot \sin \gamma_t)}{ka \cdot \sin \gamma_t} \right)^2 \cdot \left( \frac{2J(ka \cdot \sin \gamma_r)}{ka \cdot \sin \gamma_r} \right)^2 \cdot d\Omega$$

donde,

$J$  : Función de Bessel

$k$  : número de onda acústica

$a$  : radio del transductor

$\Omega$  : dirección de integración

$\gamma_t$  :  $\cos^{-1}(\sin \theta_0 \cdot \sin \theta \cdot \cos \phi + \cos \theta_0 \cdot \cos \theta)$

$\gamma_r$  :  $\cos^{-1}(-\sin \theta_0 \cdot \sin \theta \cdot \cos \phi + \cos \theta_0 \cdot \cos \theta)$

$\theta_0$  : separación angular entre transmisión y recepción

$\theta$  : ángulo polar del haz acústico

$\phi$  : ángulo azimutal del haz acústico

La separación angular media ( $\theta_0$ ) fue calculada para cada transecto, a partir de los movimientos transversales (“roleo”) y longitudinales (“cabeceo”) del barco, siguiendo la ecuación:

$$\bar{\theta}_0 = tg^{-1} \sqrt{tg^2(\bar{\theta}_X) + tg^2(\bar{\theta}_Y)}$$

donde  $\bar{\theta}_X$  y  $\bar{\theta}_Y$  son las posiciones angulares en los ejes longitudinal y transversal, respectivamente, calculadas al descomponer una serie de Fourier para cada eje, y resolver la misma en intervalos de tiempo ( $\Delta t$ ) de 0,0033 s. De esta manera :

$$\bar{\theta}_X = \frac{\sum_{t=0}^{tl} \theta_{X(t,t-\Delta t)}}{t / \Delta t}$$

$$\bar{\theta}_Y = \frac{\sum_{t=0}^{tl} \theta_{Y(t,t-\Delta t)}}{t / \Delta t}$$

$\theta_{X(t,t-\Delta t)}$  : separación angular en el plano x (cabeceo) para cada intervalo de tiempo  $t$ .

$\theta_{Y(t,t-\Delta t)}$  : separación angular en el plano y (roleo) para cada intervalo de tiempo  $t$ .

$tl$  : tiempo de recepción del último pulso en la serie

$\Delta t$  :  $\frac{2 \cdot \bar{r}}{c}$

$\bar{r}$  : rango promedio

$c$  : velocidad del sonido

iii) *Pulsos perdidos y defectuosos:*

Los pulsos perdidos y las espigas de alta intensidad (ruido) derivados de burbujeo y/o interferencia<sup>5</sup> fueron eliminados manualmente del ecograma. Asumiendo que el eco dispersado en estos pulsos sería igual al promedio de los restantes pulsos de la región integrada, se estimó el factor de corrección  $fcp_k$ , utilizando la relación:

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

donde,

<sup>5</sup>En general asociados a malas condiciones climáticas

- $n_k$ : total de pulsos emitidos sobre la región  $k$   
 $bp_k$ : número de pulsos no recepcionados o defectuosos

iv) *Eco incidental*

El eco dispersado por los organismos nectónicos presentes en la columna de agua (“eco incidental”), fue estimado para cada ecotrazo de orange roughy, integrando el eco retro-dispersado por una celda inmediatamente contigua, de igual altura al ecotrazo de orange roughy 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 como,

$$fci_k = \frac{S_{A_k} - S_{A_{i,k}}}{S_{A_k}}$$

donde,

$S_{A_k}$ : intensidad promedio no corregida del eco retrodispersado por la región  $k$

$S_{A_{i,k}}$ : intensidad promedio del eco retrodispersado por la celda de referencia, adyacente a la región  $k$ .

v) *Absorción del sonido*

Esta corrección fue aplicada para reducir el sesgo originado por la diferencia entre el coeficiente de absorción nominal del ecoinTEGRADOR ( $9,0 \times 10^{-3} \text{ dB/m}^{-1}$ ) y el valor calculado a partir de la temperatura medida *in situ* y la profundidad de la marca<sup>6</sup>, siguiendo la expresión de Doonan et al. (2003). Para tal efecto se utilizó un sensor autocontenido (Star-Oddi DST) adosado a la relinga superior de la red de arrastre, y programado para registrar información cada 30 segundos. Ocasionalmente, los datos de temperatura y profundidad fueron obtenidos directamente desde los monitores de los sensores de la red, ubicados en el puente de cada embarcación.

vi) *Zona ciega*

La altura de la zona ciega ( $h_{eq}$ ), bajo cada agregación, fue calculada a partir de la expresión de (Barr, 1999).

$$h_{eq} \approx (1,2 + 0,16\alpha^2) d \times 10^{-3} + c \tau/4$$

donde,

$d$  : profundidad (m)

$\alpha$  : ángulo de choque entre haz acústico y fondo (grados)

<sup>6</sup>Se asumió una salinidad de 34,5 (psu) para todos los casos

- $c$  : velocidad del sonido ( $\text{m s}^{-1}$ )  
 $\tau$  : duración del pulso (s)

La densidad de orange roughy en la zona ciega fue asumida igual a la densidad de la agregación en los 10 m inmediatamente superiores, calculándose el respectivo factor de corrección.

Tabla 6. Número de ecotrazos ajustados y valor promedio de los factores de corrección aplicados según fuente de sesgo considerada.

Zona	Número de ecotrazos utilizados	Factor de corrección			
		Zona oscura	Movimiento del transductor	Coefficiente de absorción	Eco incidental
JF1	36	1,21	1,06	0,77	0,66
JF2	123	1,20	1,04	0,80	0,65
JF3	97	1,15	1,05	0,79	0,67
JF4	159	1,23	1,04	0,77	0,61
BO1	12	1,48	1,05	0,82	0,71
BO2	32	1,36	1,05	0,76	0,65

*Estimación de la abundancia:*

- Coeficiente de dispersión por unidad de área en el transecto  $tr(\overline{S}_{A_{tr}})$ :

$$\overline{S}_{A_{tr}} = \frac{\sum_{k=1}^{nk} \overline{S}_{A_k} \cdot l_k}{l_{tr}} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2})$$

donde,

- $nk$ : número de regiones  $k$  en el transecto  $tr$   
 $l_k$ : longitud del ecotrazo o región  $k$

$l_{tr}$ : longitud del transecto  $tr$

- Coeficiente de dispersión por unidad de área en la prospección  $s$ :

$$\overline{S_{A_s}} = \frac{\sum_{tr=1}^{nt} \overline{S_{A_{tr}}} \cdot l_{tr}}{\sum_{tr=1}^{nt} l_{tr}} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2})$$

donde,

$nt$ : número de transectos ( $tr$ ) en la prospección  $s$

- Varianza de  $S_{A_s}$  en la prospección  $s$  ( $\overline{S_{A_s}}$ ):

$$V(\overline{S_{A_s}}) = \frac{nt}{(nt-1)} \cdot \sum_{tr=1}^{nt} \frac{l_{tr}^2}{\sum_{tr=1}^{nt} l_{tr}} \cdot (\overline{S_{A_{tr}}} - \overline{S_{A_s}})^2$$

- Varianza de  $S_{A_s}$  en el estrato  $st$  ( $\overline{S_{A_{st}}}$ ):

$$V(\overline{S_{A_{st}}}) = \frac{\sum_{s=1}^{ns} S_{A_s} \cdot nt}{\sum_{s=1}^{ns} nt}$$

donde,

$ns$ : número de prospecciones en el estrato  $st$

- Varianza de  $S_{A_m}$  en la zona  $m$  ( $\overline{S_{A_m}}$ )

$$V(\overline{S_{A_m}}) = \frac{A_m^2}{a_{st}^2} \cdot \sum_{m=1}^{nm} V(\overline{S_{A_{st}}})$$

donde,

$A_m$ : área de la zona  $m$

$a_{st}$ : área del estrato  $st$

$nm$ : número de estratos en el área de estudio  $m$ .

- Abundancia total de la especie objetivo

La abundancia de la especie objetivo en cada zona fue calculada a partir del valor medio de la intensidad de eco dispersado por unidad de superficie ( $\overline{S_{A_m}}$ ) y de la composición porcentual de especies en los lances de identificación, siguiendo la ecuaciones

$$\hat{N}_{obj} = A \cdot \overline{S_{A_m}} \cdot \frac{F_{obj}}{\sum_{s=1}^p (\sigma_{sp} \cdot F_s)}$$

donde,

$$A : \sum_{i=1}^k L_i \cdot \bar{d}, \text{ \u00e1rea de estudio (m}^2\text{)}$$

$$L_i : \text{longitud de cada transecto } i$$

$$\bar{d} : \text{distancia media entre transectos}$$

$$\sigma_{sp} : 4 \cdot \pi \cdot 10^{\frac{TS_s}{10}}$$

$$F_{obj} : \text{proporci\u00f3n de la especie objetivo en la captura}$$

$$p : \text{n\u00famero de especies (s)}$$

$$F_s : \text{proporci\u00f3n de la especie } s \text{ en la captura total}$$

$$TS_s : \text{fuerza de blanco promedio de la especie } s \text{ (dB)}$$

- Varianza de la abundancia de la especie objetivo

$$\hat{V}(\hat{N}_{obj}) = A^2 \cdot \left[ \hat{V}(\overline{S_A}) \cdot SPF^2 + \overline{S_A}^{-2} \cdot \hat{V}(SPF)^2 - \hat{V}(\overline{S_A}) \cdot \hat{V}(SPF) \right]$$

donde,

$$SPF = \frac{F_{obj}}{\sum_{s=1}^p (\sigma_{sp} \cdot F_s)}$$

### *C\u00e1lculo de biomasa*

- Biomasa estimada de la especie objetivo en el \u00e1rea de estudio:

$$\hat{B} = \overline{w_{obj}} \cdot \hat{N}_{obj} \text{ (toneladas)}$$

donde  $\overline{w_{obj}}$  es el peso promedio de la especie objetivo

- Varianza de la biomasa estimada de la especie objetivo en el \u00e1rea de estudio:

$$\hat{V}(\hat{B}) = \left[ \hat{V}(\overline{w_{obj}}) \cdot \hat{N}_{obj}^2 + \overline{w_{obj}}^2 \cdot \hat{V}(\hat{N}_{obj}^2) - \hat{V}(\overline{w_{obj}}) \cdot \hat{V}(\hat{N}_{obj}^2) \right]$$

### *Fuerza de blanco (TS)*

Ante la inexistencia de estimaciones de fuerza de blanco para el(los) stock(s) chilenos de orange roughy, se utilizó relaciones longitud estándar (LS)-fuerza de blanco (TS), empleadas para esta especie en Nueva Zelanda y Australia:

$$TS = 16,15 \log(LS) - 76,15 \text{ (dB)} \quad \text{Hampton \& Soule (2002)}$$

$$TS = 16,15 \log(LS) - 74,34 \text{ (dB)} \quad \text{Doonan \& Bull (2001, en Hampton \& Soule 2002).}$$

A petición del comité técnico de orange roughy se calculó un tercer estimador de biomasa, utilizando un promedio de las relaciones anteriores, definido por,

$$TS = 16,15 \log(LS) - 75,25 \text{ (dB)}$$

La fuerza de blanco de la fauna acompañante (alfonsino), fue calculada siguiendo la generalización de Foote (1987) para peces fisoclistos, donde:

$$TS = 20 \cdot \log(SL) - 67,4 \text{ (dB)}$$

### *Análisis espacial de la biomasa de orange roughy presente en el área de estudio.*

El análisis espacial apuntó a lograr dos objetivos: *i*) describir los patrones de correlación espacial de la biomasa observada acústicamente y *ii*) comparar los valores medios y la varianza de los estimados de abundancia generados con el método clásico de transectas independientes y con un método geoestadístico paramétrico de máxima verosimilitud. Para estos efectos, un sub-conjunto del total de prospecciones efectuadas (Tabla 7) fue utilizado para el análisis espacial de la distribución de la especie objetivo en el área de estudio. Este sub-conjunto fue seleccionado atendiendo a la necesidad de contar con una cobertura espacial adecuada, evitando al mismo tiempo considerar múltiples ecotrazos generados por efectos del desplazamiento de una misma agregación. Para ello, sólo se consideró válidos aquellos datos procedentes de prospecciones sucesivas que cubrieran una misma área en un período  $\leq 48$  h.

Dentro de cada prospección, las transectas fueron divididas en intervalos longitudinales de muestreo de 100 m, estimando para cada segmento la densidad media de la especie objetivo en cada intervalo  $t$  ( $z_t$ ), siguiendo la relación,

$$z_t = \overline{Sa}_t \cdot \frac{F_{obj}}{\sum_{sp=1}^p (\sigma_{sp} \cdot F_{sp})}$$

donde,

$$\sigma_{sp} : 4 \cdot \pi \cdot 10^{\frac{TS_{sp}}{10}}$$

$F_{obj}$  : proporción de la especie objetivo en la captura

$p$  : número de especies (s)

$F_{sp}$  : proporción de la especie  $s$  en la captura total

$TS_{sp}$  : fuerza de blanco promedio de la especie  $sp$  (dB)

Tabla 7. Identificador, fecha y número de observaciones presentes en el sub-conjunto de prospecciones utilizados para el análisis espacial del recurso objetivo.

Zona	Prospecciones utilizadas (N°identificador)	Mes	Día	Número de celdas donde $S_d > 0$
JF1	29-30, 32	7	3-4	88
JF2	13, 15-17, 19, 22-23	7	8-12	209
JF3	14-16	8	10-11	76
JF4	15-17	8	11-12	144
BO1	4-5	8	9	22
BO2	2-4	8	1-2	82

La variabilidad media observada (semi-variograma) entre pares de mediciones experimentales, fue definida por la relación:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^{N_h} (z_{t_i+h} - z_{t_i})^2$$

donde,

- $z_t$  : densidad media transformada mediante el método general de Box-Cox.
- $h$  : distancia
- $N_h$  : número de pares de datos separados a la distancia  $h$ .

Se asumió estacionalidad de segundo orden, es decir, que el valor esperado de  $z_t$  es constante para todos los puntos  $t_i$  y que observaciones que se encuentren a igual distancia poseen la misma covarianza. No se encontró evidencia de anisotropía (Figuras 10 y 11).

Los variogramas empíricos fueron ajustados mediante máxima verosimilitud siguiendo un modelo espacial gaussiano, el cual mostró un mejor ajuste (indicador de Akaike) que los modelos alternativos evaluados: exponencial y esférico (Cressie 1991, Ribeiro Jr. & Diggle 2001). La función de verosimilitud, minimizada en  $\text{geoR}^7$ , correspondió a la ecuación,

$$S(\theta) = \sum_{j=1}^k \frac{N_{h(j)}}{(\hat{y}(h(j); \theta))^2} \left\{ \gamma(h(j)) - \hat{y}(h(j); \theta) \right\}^2$$

donde  $\theta$  fue definido por tres parámetros:  $C_s$ , que representa la máxima variabilidad entre unidades de muestreo consideradas independientes (*sill*);  $C_0$ , que representa la variabilidad de micro-escala, cuando  $h$  se aproxima a cero (*nugget*); y  $a$ , la distancia a la cual las unidades de muestreo pueden ser consideradas independientes (*rango*).

<sup>7</sup> paquete de análisis espacial contribuido a R (Pebesma 2004).

Una vez ajustado el modelo, la densidad media del area de estudio y su varianza fueron llevados a unidades originales ( $g \cdot m^{-2}$ ) a partir del muestreo aleatorio ( $n=5.000$ ) de una función de distribución de probabilidad normal con media y desviación estándar iguales a las estimadas por el modelo geoestadístico para la variable transformada  $\bar{z}$  y su varianza ( $\hat{S}_{\bar{z}}$ ). La biomasa total por zona (monte) fue, a su vez, obtenida multiplicando la densidad media estimada ( $\hat{z}$ ) por el área estimada de distribución del orange roughy dentro de cada zona estudiada ( $\hat{\alpha}$ ),

$$B = \hat{z} \cdot \hat{\alpha}$$

cuya varianza, calculada por series de Taylor, considerando que las estimaciones de  $\bar{z}$  y  $\alpha$  son independientes por construcción, fue definida por la relación,

$$v(\hat{B}) = \alpha^{2V}(\hat{z}) + \hat{z}^{2V}(\hat{\alpha})$$

El área ocupada por el recurso-objetivo ( $\hat{\alpha}$ ) fue estimada como el producto entre la fracción del área total cubierta por el conjunto de transectas de la prospección ( $\mathcal{A}$ ) y la probabilidad de observar la especie objetivo en un punto cualquiera  $(x,y)$  dentro de  $A$ . De esta manera el área de interés  $\hat{\alpha}$  fue definida por,

$$\hat{\alpha} = pA$$

cuya varianza de estimación, estimada a partir de la varianza de  $\hat{p}$ , correspondió a:

$$v(\hat{\alpha}) = A^2 V(\hat{p})$$

El área  $\mathcal{A}$  fue calculada a partir del área del polígono descrito por los bordes de las transectas (análisis efectuado en R, librería `splancs`<sup>8</sup>) El parámetro  $p$  fue estimado mediante un modelo lineal general mixto (Searle 1987), de tipo espacial, definiendo la variable observada  $I=1$  cuando  $Sa > 0$ , e  $I=0$  cuando  $Sa=0$ . De esta manera, el valor de la variable dependiente  $Y$ , ligada a la variable  $I$  (presencia/ausencia del recurso objetivo en cada segmento de 100 m) a través de una función de enlace de tipo logístico, fue modelado como,

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

donde,

- $S$  : la matriz de efectos fijos, que en el presente análisis es un escalar igual a 1,
- $\beta$  : vector de parámetros de los efectos fijos que, en este caso, es una constante que llamamos  $\beta_0$ ,
- $T$  : dupla  $(x,y)$  que representa las coordenadas de cada localidad
- $\gamma$  : vector de parámetros que representan el modelo espacial a ser ajustado en conjunto con  $\beta_0$ , de media 0 y varianza  $\mathbf{G}$ .
- $\epsilon$  : vector de errores aleatorios, de media 0 y varianza  $\mathbf{H}$ .

<sup>8</sup> paquete de análisis de procesos espaciales puntuales contribuido al sistema R

En el caso particular descrito,  $\mathbf{G}$  fue modelada asumiendo una estructura espacial de tipo gaussiana, mientras que la matriz  $\mathbf{H}$  una distribución binomial. El valor esperado de  $Y$ ,  $E(Y)$  fue definido como

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

En consecuencia, el estimado de máxima verosimilitud de  $p$  ( $\hat{p}$ ), fue obtenido mediante la ecuación,

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

donde la varianza de  $\hat{p}$ , fue aproximada por series de Taylor a partir de la varianza del estimado de  $\beta_0$  ( $v(\hat{\beta}_0)$ ), de acuerdo a la relación,

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

La representación gráfica de la distribución y densidad de la biomasa detectada fue obtenida a través de krigging lineal ordinario (Cressie 1991, Doonan et al. 2003), basado en los parámetros de rango, nugget y sill obtenidos mediante el procedimiento de máxima verosimilitud antes descrito.

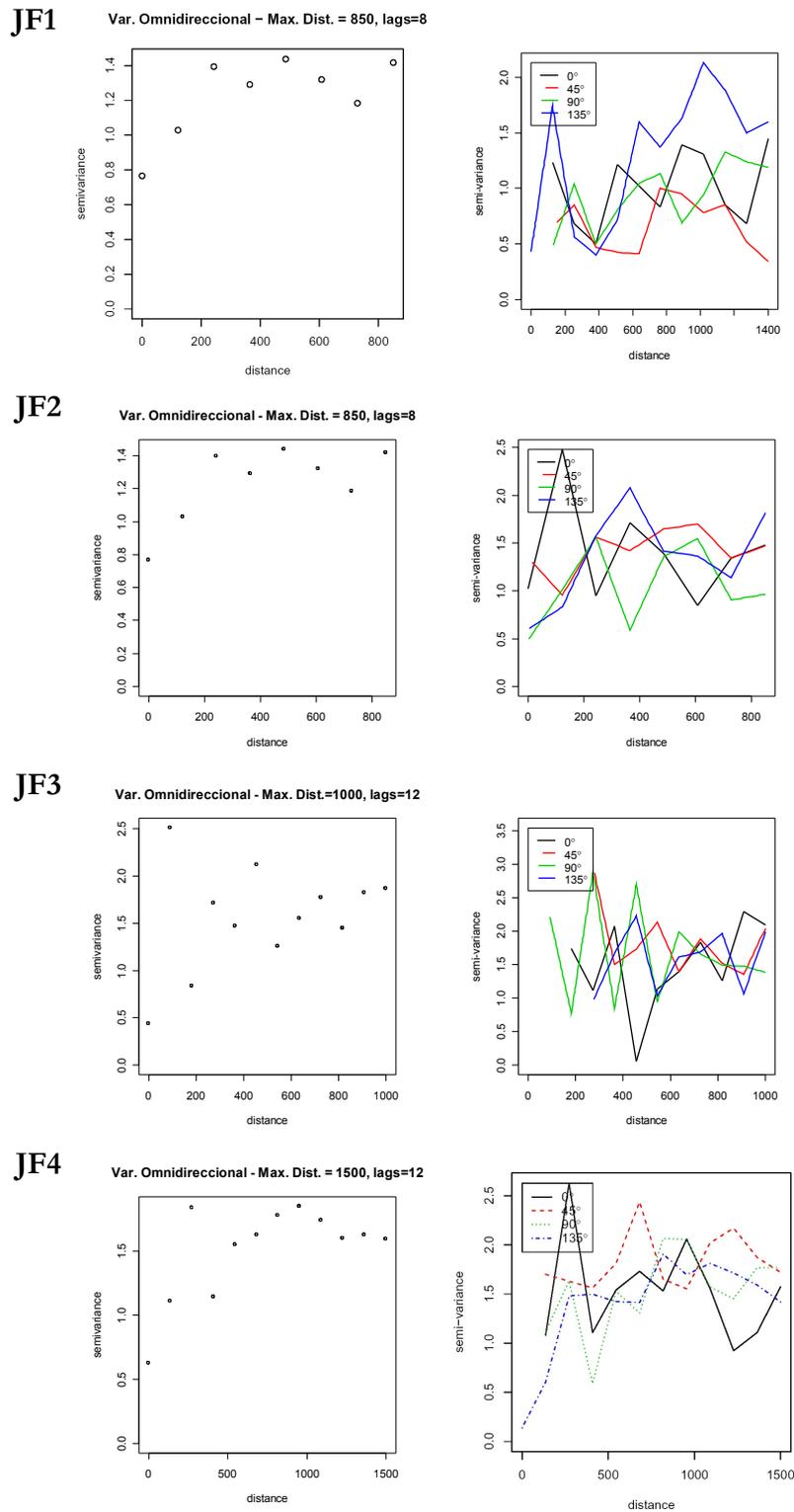


Figura 10: Semi-variogramas de la distribución espacial de la densidad estimada de orange roughy en las áreas estudiadas de Juan Fernández. Panel izquierdo: variogramas omnidireccionales; panel derecho: variogramas unidireccionales.

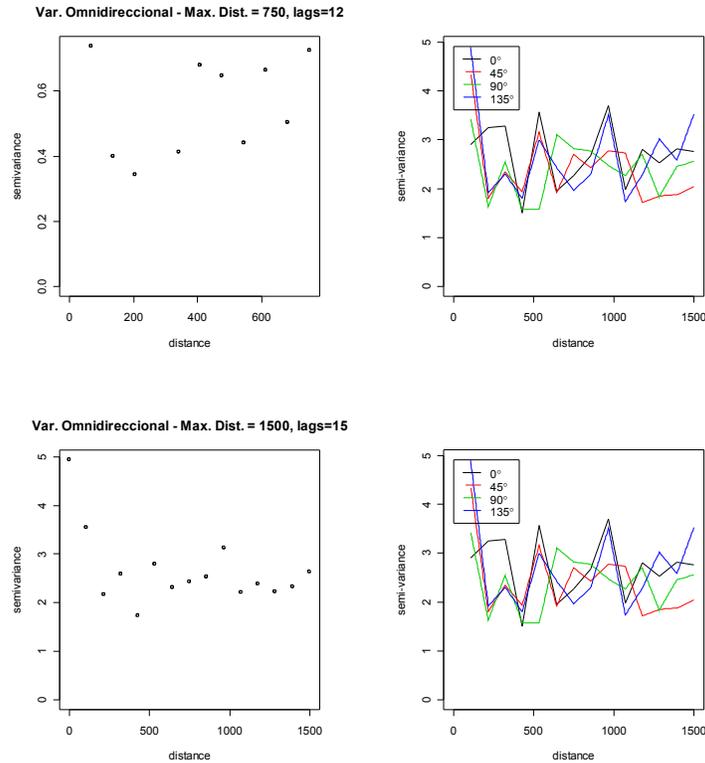


Figura 11: Semi-variogramas de la distribución espacial de la densidad estimada de orange roughy en áreas estudiadas de Bajo O'Higgins. Panel izquierdo: variogramas omnidireccionales; panel derecho: variogramas unidireccionales.

### *Modelación de errores*

A fin de proveer una estimación más realista de la incerteza de los estimados de abundancia y biomasa, se utilizó un procedimiento Montecarlo de aleatorización de los principales parámetros utilizados en tales estimaciones. De este modo, se definió un modelo de distribución de probabilidad para cada parámetro, a partir del cual fueron obtenidos 5.000 valores aleatorios, combinados en igual número de estimaciones de biomasa. El procedimiento empleado fue similar al seguido por Boyer et. al (2003), al cual se incorporó las siguientes fuentes adicionales de incerteza:

- i) composición de especies en ecotrazos no validados por lances de identificación
- ii) peso y talla promedio de orange roughy
- iii) fuerza de blanco y talla promedio de alfonsino.

En un segundo análisis, se incorporó explícitamente la incerteza derivada de la existencia de dos ecuaciones alternativas para la relación entre fuerza de blanco y longitud (Hampton & Soule 2002).

En el caso de fuentes de incerteza asociadas a errores muestrales en parámetros estimados a partir de variables medidas *in situ* (eco retro-dispersado por unidad de área, peso, talla y

composición de especies), se asumió una distribución normal o log-normal del error (Tabla 8). Para los parámetros basados en supuestos, derivaciones o estimaciones indirectas, se definió una función de distribución de probabilidad del error (fdp), equivalente a la utilizada por Boyer et al. (2003). Esta aproximación se basó en un modelo cuadrático (Figura 12) construido a partir de 4 parámetros: i) límite inferior, ii) límite superior, iii) mínimo más probable y iv) máximo más probable. Los valores límites y más probables fueron idénticos a los usados por Boyer et al. (2003) en la evaluación del orange roughy 2003 (Tabla 9).

Para la estimación de la incerteza asociada al intercepto de la relación entre talla y fuerza de blanco, se utilizó dos aproximaciones distintas. La primera fue asumir alternativamente que o la relación de Doonan et al. (2001) o la de Hampton & Soule (2002) serían correctas, calcular con cada una de ellas el coeficiente individual de retro-dispersión ( $\sigma_{sp}$ ) y construir alrededor de éste un modelo de error con parámetros 0,5 - 0,75 - 1,25 y 1,5. La segunda aproximación fue asumir que todos los valores comprendidos entre los interceptos  $-74,34$  (Doonan et al. 2001) y  $-76,15$  (Hampton & Soule 2002) poseerían igual probabilidad de ser correctos. En este último caso, los límites superiores e inferiores del modelo cuadrático de distribución de probabilidad fueron definidos arbitrariamente 1dB sobre y bajo el rango definido por estos interceptos .

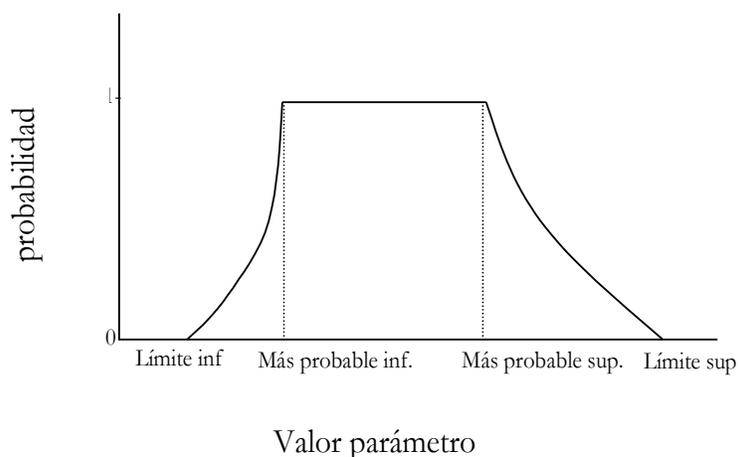


Figura 12: Diagrama del modelo individual de error utilizado para la aleatorización de parámetros en el análisis de sensibilidad de Montecarlo.

Tabla 8: Valores estimados y errores estándar de parámetros de campo usados para el cálculo de varianza de los estimados de biomasa y abundancia de orange roughy 2004.

Parámetro	Escala	Zona(S)	Valor estimado	Error estándar
Talla promedio orange roughy (cm)	$\log_{10}$	JF1	1,588	0,0040
		JF2	1,591	0,0027
		JF3	1,617	0,0026
		JF4	1,603	0,0022
		BO1	1,628	0,0032
		BO2	1,602	0,0057
Talla promedio alfonsino (cm)	$\log_{10}$	JF1	1,58	0,035
		JF2-JF4, BO1-BO2	1,62	0,034
Peso promedio orange roughy (g)	natural	JF1	1.960	92
		JF2	1.890	50
		JF3	2.250	41
		JF4	1.980	37
		BO1	2.180	85
		BO2	2.040	158
Modelo composición de especies: $\beta_0$		JF1	-17	4,9
		JF2	-18	3,3
		JF4	-8	1,8
Modelo composición de especies: $\beta_1$		JF1	0,033	0,0090
		JF2	0,045	0,0064
		JF4	0,017	0,0036

<sup>9</sup> De acuerdo a los datos históricos de captura, se asumió que todas las marcas identificadas como “posiblemente orange roughy” correspondieron efectivamente a esta especie en los montes JF3, BO1 y BO2

Tabla 9: Valores estimados y parámetros de la función de distribución de probabilidad del error asociado a factores de corrección utilizados para el cálculo de varianza de los estimados de biomasa y abundancia de orange roughy 2004.

Parámetro	Parámetros modelo de error (valores relativos a la media del estimado)			
	Límite inferior	Mínimo más probable	Máximo más probable	Límite superior
Calibración	0,75	0,90	1,10	1,25
Absorción del sonido	0,85	0,93	1,08	1,15
Aireación	1,00	1,05	1,10	1,25
Oscilación del transductor	0,90	0,95	1,05	1,10
Coefficiente individual retro-dispersión ( $\sigma_{sp}$ )	0,50	0,75	1,25	1,50

*Objetivo 2:* Estimar la composición de tallas, relación longitud-peso y proporción sexual del stock desovante de orange roughy en cada uno de los caladeros estudiados, durante el periodo de evaluación hidroacústica. Lo anterior referido principalmente, a su distribución espacial y batimétrica.

#### *Muestreo biológico:*

El muestreo biológico destinado a estimar la composición de tallas y la proporción sexual del stock desovante de orange roughy se realizó directamente sobre la captura obtenida durante los lances de identificación efectuados para el logro del objetivo 1. 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.

En cada lance se muestreó al azar un mínimo de 30 y un máximo de 200 ejemplares de orange roughy, de acuerdo a la captura obtenida (Tabla 10), registrando talla, peso, sexo y estado de madurez sexual. Se midió la longitud horquilla y estándar de los individuos mediante un ictiómetro (precisión = 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 100 y de 1 g para peso total y gónadas, respectivamente. Los estados de madurez fueron establecidos de acuerdo a la escala de madurez macroscópica definida por Young et al. (2000), Anexo II.

Se midió un total de 16.676 y se pesó 2.714 ejemplares en los distintos montes. Los especímenes analizados durante la evaluación hidroacústica realizada en el año 2003, también fueron considerados en los análisis estadísticos destinados a evaluar la distribución espacial y batimétrica de la especie (Tabla 11).

Tabla 10: Objetivo muestral según tamaño de captura.

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

Tabla 11. Número de ejemplares muestreados por monte. Años 2003 y 2004.

Año	Zona	Lances	Hembras	Machos	Total
2003	JF1	9	105	138	243
	JF2	44	1802	2281	4083
	JF3	32	1639	901	2540
	JF4	20	533	538	1071
	JF5	1	8	2	10
	BO2	3	142	248	390
	PS	10	531	660	1191
	Otros	4	75	84	159
Sub-total		119	4760	4768	9528
2004	JF1	25	469	784	1253
	JF2	45	1884	2075	3959
	JF3	57	1161	1626	2787
	JF4	65	2876	2492	5368
	JF5	1	24	31	55
	BO1	25	1209	1148	2357
	BO2	6	394	420	814
	PS	2	36	47	83
	Otros	15	379	599	978
Sub-total		226	8053	8623	16676

### *Modelo Lineal General Mixto*

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

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

donde,

- $\mathbf{X}$  = Matriz de efectos fijos
- $\boldsymbol{\beta}$  = vector de parámetros de los efectos fijos
- $\mathbf{Z}$  = matriz de efectos aleatorios
- $\boldsymbol{\gamma}$  = vector de parámetros de los efectos aleatorios,  $MVN(0, \mathbf{G})$
- $\mathbf{e}$  = vector de errores,  $MVN(0, \mathbf{H})$

Se considera efectos aleatorios aquellos atribuibles a variables que, no siendo parte del ámbito de inferencia (i.e. del grupo de variables explicativas de interés), pueden aportar en forma significativa a la varianza observada. Esta descomposición de errores permite modelar la correlación entre unidades experimentales resultante de asociaciones puntuales o lineales, tales como tiempo o espacio (Cressie 1991), lo que se refleja en la estructura de las matrices de covarianza  $\mathbf{G}$  y/o  $\mathbf{H}$ . La modelación de  $\mathbf{G}$  y  $\mathbf{H}$  puede ir desde una estructura simétrica simple de 2 parámetros (varianza y covarianza comunes a todos los elementos) hasta una estructura de  $0,5 \cdot t(t+1)$  parámetros donde cada elemento único de la matriz posee su propio estimado de varianza/covarianza.

Tanto los modelos clásicos de errores aleatorios simples como los modelos lineales generales son casos especiales del modelo mixto antes descrito. De este modo, existe una extensión natural hacia modelos lineales generales de tipo mixto, la cual ha sido descrita y codificada en SAS(c) por Littell et al. (1996) y que permite definir cual es la función de distribución de probabilidad del vector  $\mathbf{e}$  asociado a la matriz de efectos fijos  $\mathbf{X}$ , dada la estructura de covarianza de las matrices  $\mathbf{G}$  y  $\mathbf{R}$ .

En la presente evaluación se consideró aleatorias las variables lance, barco, mes y estado de madurez sexual. De este modo tanto el valor medio como el error estándar de los parámetros del vector  $\boldsymbol{\beta}$  resultan corregidos a través de: (i) el efecto medio del lance, barco, mes y estado de madurez sexual (de manera análoga a una ancova tradicional); y (ii) la covarianza observada entre muestras colectadas en un mismo lance, barco, mes y estado de madurez sexual.

#### *Factor de ponderación*

Para las tallas y pesos se estimó un factor de ponderación (FP) proporcional al número de individuos representado por cada lance, siguiendo la relación,

$$FP = \frac{\hat{n}_l}{\sum_{l=1}^t \hat{n}_l}$$

donde,

$t$  : número de lances por zona y año

$$\hat{n}_l = \frac{C_l}{w_l}$$

$\hat{n}_l$  : número estimado de individuos en el lance l

$C_l$  : captura de la especie-objetivo en el lance l

$\bar{w}_l$  : peso promedio de los individuos muestreados en el lance  $l$

### *Composición de tallas*

- Proporción del número de ejemplares de la talla  $k$  ( $p_k$ )

La proporción de ejemplares de la talla  $k$  fue ajustada aplicando un factor de ponderación basado en el tamaño relativo de las capturas de cada lance de identificación:

$$p_k = \frac{n_{lk} \cdot FP}{n_l}$$

donde,

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

$n_l$  : número de ejemplares muestreados en el lance  $l$

- 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 lineal mixta (Littel et al., 1996) sobre las variables transformadas a escala logarítmica ( $\log_{10}$ ).

### *Proporción sexual*

La proporción sexual fue estimada a través un modelo lineal general mixto de tipo logístico, definido por la relación

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

donde,

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

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

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

### *Índice Gonádico*

El índice gonádico ( $\hat{IG}_i$ ) fue estimado para cada ejemplar  $i$  como,

$$\hat{IG}_i = \frac{PG_i}{PE_i} \cdot 100$$

donde,

$PG_i$  : peso de gónadas

$PE_i$  : peso eviscerado

El valor medio del índice gonádico ( $\overline{IG}$ ) fue estimado para cada monte e intervalo semanal, mediante el modelo lineal general mixto ya descrito, asumiendo una distribución normal del error y utilizando una función de enlace donde la variable ajustada  $Y_i$  correspondió al arco-seno ( $\text{seno}^{-1}$ ) de  $IG_i$ .

La media estimada ( $\bar{Y}$ ) fue transformada nuevamente a unidades de IG utilizando la expresión,

$$\hat{IG} = \text{seno}(\bar{Y})$$

*Objetivo 3:* Desarrollar, aplicar y evaluar métodos apropiados para la identificación y determinación de la composición de especies presentes en las eco-agregaciones identificadas en el área de estudio

Orange roughy y alfonsino forman cardúmenes que en general pueden ser discriminados por su forma, intensidad y posición relativa respecto a la pendiente de los montes. 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 de eco-trazos, especialmente entre los 450 y 650 m de profundidad. Aún cuando ésta incerteza puede ser reducida por medio de lances de identificación, la complejidad topográfica del área limita el éxito y/o viabilidad de realizar estos lances en una fracción significativa del área de estudio, ya que ambas especies son encontradas, en la mayoría de los casos, cerca o sobre el fondo, donde la pendiente de los montes submarinos, no siempre permite realizar arrastres.

El objetivo de esta sección fue poder discriminar entre cardúmenes de alfonsino y orange roughy, de acuerdo a los patrones característicos de las agregaciones para cada especie. Se buscó desarrollar, aplicar y evaluar dos métodos complementarios a la pesca de identificación:

- i) Estadísticas y morfometría del eco.
- ii) Observación directa mediante videocámara.

- i) Estadísticas y morfometría del eco

Esta fase del proyecto, se orientó a efectuar un análisis de la morfología de los ecotrazos y de descriptores asociados a la variabilidad, dentro y entre pulsos, para ecotrazos identificados

como orange roughy o alfonsino, por métodos independientes (lances) en 2003 (Boyer et al. 2003) y 2004 (presente estudio).

La información acústica utilizada para este análisis fue obtenida en los cruceros de investigación de orange roughy realizados entre los meses de Julio y Septiembre de 2004, en la embarcación Betanzos. Un grupo de 27 cardúmenes de orange roughy y 19 cardúmenes de alfonsino, validados por medio de lances de identificación y considerados muestras independientes, fueron delineados y analizados de acuerdo a criterios específicos basados en una longitud mínima del cardumen de 40 m y una altura mínima de 10 m, utilizando el módulo SHAPES (Shoal analysis and patch estimation system) del software Echoview (Sonar Data, Coetzee 2000).

Se consideraron 23 características descriptoras de los cardúmenes (Barange 1994, Coetzee 2000, Lawson et al. 2001), cuyas definiciones y derivaciones matemáticas de las variables utilizadas se resumen en el y corresponden a las siguientes categorías:

- Variables de tamaño y forma (longitud, altura, área, volumen, perímetro, dimensión fractal).
- Variables que describen las características internas y energéticas de los cardúmenes (media y desviación estándar de la intensidad acústica, fuerza horizontal y vertical, sesgo y kurtosis de la energía acústica).
- Relación estadística de la profundidad y posición del cardumen en la columna de agua.

El límite inferior de post- proceso utilizado para detectar agregaciones de orange roughy y alfonsino, fue de  $-70$  dB y  $-65$  dB respectivamente. Este nivel de post-proceso fue seleccionado con objeto de minimizar su efecto sobre los límites de la agregación detectados por el software. Esto fue relevante cuando los cardúmenes se situaban cerca uno del otro o dentro de un débil eco de fondo. Los cardúmenes de alfonsino u orange roughy fueron definidos siguiendo este criterio y posteriormente se les aplicó una prueba de éxito discriminatorio basada sobre las descripciones del cardumen, de acuerdo a los algoritmos descritos por Nero y Magnuson (1989), Reid y Simmonds (1993) y Barange (1994).

Se realizaron correcciones para las variables de forma del cardumen, considerando los efectos de la longitud del pulso (Reid & Simmonds 1993, Barange 1994) y del ancho del haz acústico fueron corregidos (Diner 1998).

El set de 23 variables fue sometido a un Análisis de Función Discriminante (AFD), destinado a seleccionar aquellas de mayor valor predictivo. Una vez construido el modelo discriminante se evaluó su potencial predictivo (porcentaje de acierto), sobre un set de datos generado a partir de ecotrazos registrados en 2003, independiente al set usado en su construcción. Los resultados de este análisis fueron comparados con un modelo logístico basado sólo en la distribución batimétrica (profundidad media= $Z$ ) de los ecotrazos, análogo al desarrollado por Boyer et al. (2003) y definido por la ecuación,

$$P_i = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot Z)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot Z)}}$$

ii) Observación directa mediante videocámara

Se evaluó la factibilidad de identificar y filmar *in situ* agregaciones de orange roughy y alfonsino, en el estrato de 450 a 600 metros, utilizando una cámara submarina programable compuesta por tres módulos (Figura 13): cámara (Sony Handycam DCR-TRV17), baterías (plomo-niquel) e iluminación (2 focos con luz Xenophot de 50 watts cada uno).

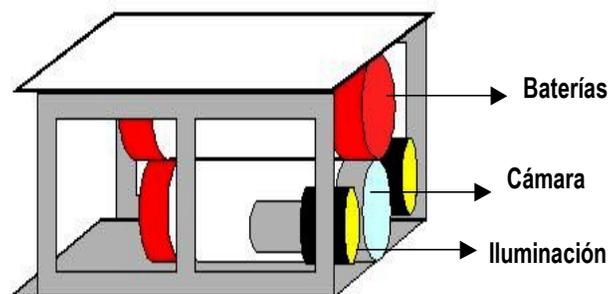


Figura 13: Esquema del equipo de filmación submarina autónomo utilizado en el proyecto.

Cinco experiencias fueron realizadas en la zona aledaña al Archipiélago de Juan Fernández, entre el 29 de junio y el 5 de julio de 2004, dirigidas principalmente a agregaciones de alfonsino. Esto, dada la escasa presencia de orange roughy en el área y período contemplados para este estudio.

Durante las cinco experiencias se probaron distintos métodos de despliegue de la cámara, orientación de la misma, tiempos de grabación, intensidad de luces y configuración de secuencias de iluminación (Tabla 12, Anexo VII).

Tabla 12: Resumen de los ajustes realizados a la cámara submarina utilizada para evaluar la factibilidad de identificar *in situ* ecotrazos de orange roughy y alfonsino .

N° Secuencia de filmación	Orientación (ángulo respecto a la horizontal)	Largo cable de seguridad (m)	Tiempo de espera encendido (m)	Intervalos grabación/iluminación (s)	Intervalos en modo pasivo (min)	Potencia iluminación
I	90	400	14,5	3.600	0,0	2 x 50 W
II	90	700	14,5	3.600	0,0	2 x 38 W
III	90	650	13,0	30	2,5	2 x 50 W
IV	0	650	13,5	30	2,0	2 x 50 W
V	0	650	13,5	30	2,0	2 x 25 W

*Objetivo 4:* Mejoramiento del conocimiento sobre la dinámica espacial y temporal de las agregaciones reproductivas de esta especie en los principales caladeros de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3 y JF4) y sector Bajo O'Higgins (BOH1, BOH2).

Se desarrolló tres secuencias de monitoreamiento semi-continuo que permitieron evaluar los cambios en la distribución espacial y densidad aparente de 4 agregaciones reproductivas, acústicamente observables de orange roughy, durante los días 5-10 de Julio (JF2), 17-21 de agosto (JF3) y 1-5 de agosto (JF4). Para estos efectos el barco permaneció en el área de estudio realizando transectas libres y continuas, aproximadamente en zig-zag, perpendiculares a las isóbatas que delimitaban la extensión aparente de cada marca.

Para el análisis de la dinámica de cada agregación, se dividió el área de estudio en celdas de 500×500 m, lo que correspondió aproximadamente a la longitud media de los ecotrazos de orange roughy y al rango promedio de sus semi-variogramas. De este modo, se consideró que ecotrazos pertenecientes a celdas contiguas muestreadas formaban parte de un mismo cardumen, así como también ecotrazos identificados en celdas distantes  $\leq 1.500$  m cuando no existió un muestreo de sus celdas contiguas, en un determinado período de tiempo.

La variabilidad diaria en la densidad aparente de las agregaciones fue evaluada a partir de su densidad acústica (coeficiente de retrodispersión por unidad de área:  $S_a$ ), incluyendo todas las observaciones registradas para un mismo cardumen en intervalos de 2 horas. Los efectos del ciclo horario, expresado como el seno de la fracción de día, y de la variable categórica día/noche sobre la variabilidad en el valor de  $S_a$  fueron analizados a través de un modelo lineal general que permitió considerar los efectos de las fuentes aleatorias de covarianza monte, celda y cardumen, así como también la auto-correlación temporal. Esta última fue ajustada mediante un modelo auto-regresivo con lag=1.

El movimiento horizontal de las agregaciones fue analizado al comparar la distancia y dirección de desplazamiento de sus centroides de distribución (promedio euclidiano) en intervalos de 4 horas, lo cual representó aproximadamente el tiempo necesario para completar dos prospecciones sucesivas de las agregaciones estudiadas.

La variabilidad estacional e interanual en la distribución de la especie fue inferida a partir de la distribución espacial de las capturas comerciales. Se contó con datos adecuados de calado y virado de lances de los años 2002, 2003 y 2004, los cuales fueron agrupados de acuerdo a sus distancias euclidianas (análisis de conglomerados), usando un criterio de 1.852 m (1 milla) para agrupar lances dentro y entre años.

*Objetivo 5:* Análisis cualitativo de la composición de la ictiofauna presente en las eco-agregaciones identificadas durante la ejecución del proyecto.

Durante el presente estudio, se identificó la ictiofauna concurrente en los lances de identificación efectuados por las embarcaciones participantes del proyecto en los caladeros de orange roughy aledaños al archipiélago Juan Fernández y al sector Bajo O'Higgins. Se consideró un total de 100 lances, donde la captura de fauna concurrente fue mayor que 0, llegando a un total de 48 especies para el conjunto de áreas de estudio y lances muestreados. En el presente análisis se incluyó también los resultados del material colectado durante el año 2003, (60 lances, 31 especies, 3 embarcaciones).

La fauna concurrente fue separada en la correa transportadora del buque y posteriormente identificada, con apoyo de claves y utilizando como referencia el manual de apoyo fotográfico elaborado por el equipo del proyecto. La identidad taxonómica fue validada mediante el envío regular de muestras de los ejemplares al laboratorio de Pesquerías del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción (Dr. Ciro Oyarzún).

En orden a estudiar posibles asociaciones entre especies y para comparar entre sitios (lances, zonas, profundidades), se utilizó como herramienta el Análisis de Conglomerados (Cluster analysis) sobre matrices de distancia y/o similitud (Bray-Curtis, Pearson, Spearman, Jaccard). Sólo para tener una visión general, se efectuó un análisis binario (Jaccard), entre todas las colecciones del 2003 y del 2004 (Programas estadísticos MVSP de análisis multivariados y Biodiversity).

Siguiendo las sugerencias recogidas en el Taller de difusión y discusión, se efectuó un análisis de diversidad específica (Shannon) agrupando los distintos lances por zona y por profundidad (Tablas 13 y 14). Esas mismas agrupaciones fueron utilizadas en el análisis de conglomerados realizado para evaluar la semejanza de sitios según zonas y estratos de profundidad.

Tabla 13. Distribución por zona de los distintos lances de pesca utilizados para el análisis de diversidad y de conglomerados.

Zonas	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
(Montes)	(JF1)	(JF2)	(JF3)	(JF4)	(JF5)	(BO1)	(BO2)
Nº de lances	13	27	27	32	4	2	2

Tabla 14. Distribución por profundidad de los distintos lances de pesca utilizados para el análisis de diversidad y de conglomerados.

Profundidad (m)	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6
	(<500)	(500-599)	(600-699)	(700-799)	(800-899)	(≥900)
Nº de lances	9	6	30	37	21	4

El análisis de conglomerado consideró los siguientes criterios de selección:

- Se consideró sólo aquellas especies que representaran al menos el 0,5% del total.
- Se consideró sólo los lances que tuvieran a lo menos dos especies.
- Para realizar la comparación cuantitativa, fue necesario estandarizar los datos por la media de la duración de los lances y transformarlos por  $\text{Log } e(x)$ .
- En la comparación de Zonas de pesca, se agrupó los lances de cada zona previamente definida. Análogamente, para ver el posible efecto de las distintas profundidades, se agrupó los lances según profundidad.

### Taller de difusión y discusión de resultados.

Conforme a lo comprometido en la propuesta técnica, el 29 de diciembre de 2004 se realizó un taller de difusión y discusión, en el cual se presentó formalmente los resultados y avances

obtenidos durante el presente estudio. El taller contó con la participación de científicos y técnicos relacionados con el tema, representantes del sector pesquero extractivo e instituciones asociadas a la administración pesquera (Anexo VI).

## RESULTADOS

*Objetivo 1:* Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de las agregaciones reproductivas de orange roughy en al menos 4 de los principales caladeros aledaños al Archipiélago de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3, JF4) y dos caladeros del sector Bajo O'Higgins (BOH1 y BOH2).

### *Biomasa y abundancia*

Debido a la incerteza existente sobre el valor medio de fuerza de blanco y su relación con la talla u otras variables relevantes para la especie estudiada la presente evaluación debe considerarse como una estimación de abundancia relativa, susceptible de ser transformada en abundancia absoluta en la medida que se genere información adecuada respecto a esta materia. De este modo, utilizando la relación entre fuerza de blanco y talla propuesta por Donan & Bull (2001), la abundancia total de la fracción reproductiva de la población de orange roughy presente y detectable en el área de estudio alcanzó a 24.500 toneladas  $\pm 14\%$  (CV). Este valor aumenta a 36.800 toneladas  $\pm 14\%$  (CV), al utilizar la relación talla-fuerza de blanco propuesta por Hampton & Soule (2002). Acogiendo la sugerencia recogida durante el taller de difusión y discusión, se calculó un tercer valor que asigna igual probabilidad a ambas relaciones de talla-fuerza de blanco, y que alcanzó a 31.100 toneladas  $\pm 21\%$  (Tabla 15).

De manera similar, la abundancia total estimada para la fracción reproductiva presente (detectable), en el área de estudio, alcanza valores entre 13,6 y 20,5 millones de individuos, dependiendo de la relación de talla-fuerza de blanco utilizada para su cálculo (Tabla 16).

Los principales supuestos adicionales efectuados para llegar a estas cifras, fueron los siguientes:

- La dinámica temporal de presencia y/o detectabilidad de las agregaciones, sigue un patrón estacional en forma de domo, sin renovación de biomasa; cuyo máximo se asocia a un período anual de desove, único para cada monte (Hipótesis II en Boyer et al. 2003).
- La probabilidad de que una marca no verificada mediante lances de identificación sea orange roughy depende de la profundidad y se ajusta al modelo probabilístico descrito en la sección metodológica.
- El desplazamiento de las agregaciones reproductivas de orange roughy es aleatorio y/o su velocidad es inferior a la velocidad de desplazamiento del crucero hidroacústico entre unidades muestrales contiguas.
- Los estratos definidos en los montes JF1, JF2 y JF4 representan adecuadamente la segregación espacial de agregaciones distintas.

### *Comparación con resultados del año 2003:*

Al comparar los resultados agregados de las estimaciones de biomasa desovante de orange roughy 2003<sup>11</sup> y 2004, en los 4 principales montes de la zona de Juan Fernández (Tabla 15), se

observan valores similares, con un descenso aparente cercano al 6%, que dados los niveles existentes de incerteza no llega a ser significativo ( $p > 0,1$ ). En términos de abundancia, los valores encontrados son prácticamente idénticos en ambos años.

Aunque el análisis desagregado tampoco muestra diferencias significativas entre años, sugiere la posibilidad de una reducción importante de biomasa en los montes JF2 y JF3, mientras que podría haber existido algún aumento de biomasa en los montes JF1 y JF4. Con la información disponible, no es posible establecer si tales variaciones corresponden a cambios efectivos en la biomasa desovante en cada monte o, simplemente, al resultado alterario de la variabilidad de los estimadores. Alternativamente, podrían existir distintos grupos desovantes (contingentes) de orange roughly los que, al no desovar cada año causarían una variabilidad inter-anual proporcional al tamaño de los respectivos contingentes.

Es interesante destacar que la densidad media corregida de los ecotrazos confirmados de orange roughly ( $\text{individuos} \cdot \text{Km}^{-2}$ ) tendió a ser mayor (13 %) en 2004 que en 2003 (Figura 14). Aunque esta diferencia fue sólo significativa bajo un alfa de 10%, es coherente con la visión de los patrones de pesca de esta pesquería, que indicaron la presencia de marcas más notorias en 2004, lo que explicaron como resultado de un menor esfuerzo pesquero comercial durante este año, traducido, a su vez, en una menor perturbación física de las agregaciones del recurso-objetivo.

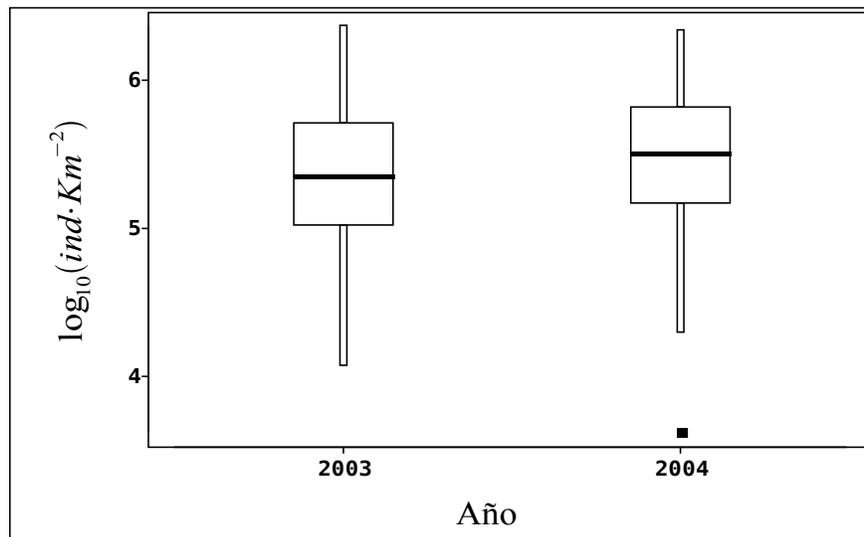


Figura 14: Densidad estimada de orange roughy en el conjunto de ecotrazos observados en los montes submarinos JF1, JF2, JF3 y JF4 durante 2003 y 2004.

Tabla 15. Biomasa (toneladas) estimada para la fracción desovante de orange roughy presente en el Archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins en 2003<sup>10</sup> (Boyer et al. 2003) y 2004 (presente estudio), según modelo utilizado para estimar fuerza de blanco en el recurso objetivo.

Monte	Biomasa (ton)									
	2003					2004				
	Doonan & Bull (2001)	Hampton & Soule (2002)	CV	Modelo III <sup>11</sup>	CV	Doonan & Bull (2001)	Hampton & Soule (2002)	CV	Modelo III	CV
JF1	4.200	6.400	0,39	5.400	0,52	4.500	6.800	0,37	5.800	0,5
JF2	8.800	13.000	0,29	11.100	0,45	7.800	11.800	0,25	10.000	0,44
JF3	3.800	5.800	0,28	4.900	0,45	2.900	4.300	0,37	3.600	0,51
JF4	4.400	6.600	0,34	5.600	0,49	4.700	7.000	0,26	5.900	0,43
<b>Subtotal</b>	<b>21.200</b>	<b>31.800</b>	<b>0,17</b>	<b>27.000</b>	<b>0,25</b>	<b>19.900</b>	<b>29.900</b>	<b>0,15</b>	<b>25 300</b>	<b>0,24</b>
BO1						2.300	3.400	0,59	2.900	0,67
BO2						2.300	3.500	0,37	2.900	0,51
<b>Subtotal</b>						<b>4.600</b>	<b>6.900</b>	<b>0,34</b>	<b>5.800</b>	<b>0,42</b>
<b>Total</b>						<b>24.500</b>	<b>36.800</b>	<b>0,14</b>	<b>31.100</b>	<b>0,21</b>

<sup>10</sup>Valores de biomasa y abundancia 2003 re-calculados utilizando procedimientos equivalentes de post-estratificación, selección de prospecciones válidas y corrección de sesgos equivalentes

<sup>11</sup> Utiliza un intercepto de 75.25 que corresponde al promedio de los interceptos propuestos por Doonan & Bull (2001) y Hampton & Soule (2002)

Tabla 16: Abundancia (millones de individuos) estimada para la fracción desovante de orange roughly presente en el Archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins en 2003 (Boyer et al. 2003) y 2004 (presente estudio), según modelo utilizado para estimar fuerza de blanco en el recurso objetivo.

Monte	Abundancia (10 <sup>6</sup> individuos)									
	2003					2004				
	Doonan & Bull (2001)	Hampton & Soule (2002)	CV	Modelo III <sup>12</sup>	CV	Doonan & Bull (2001)	Hampton & Soule (2002)	CV	Modelo III	CV
JF1	2,6	3,9	0,38	3,3	0,51	2,7	4,1	0,36	3,5	0,50
JF2	4,6	6,9	0,29	5,9	0,44	4,6	6,9	0,25	5,8	0,43
JF3	1,7	2,6	0,28	2,2	0,44	1,4	2,1	0,37	1,7	0,50
JF4	2,2	3,2	0,34	2,8	0,49	2,4	3,6	0,26	3,1	0,40
<b>Subtotal</b>	<b>11,1</b>	<b>16,6</b>	<b>0,17</b>	<b>14,2</b>	<b>0,25</b>	<b>11,1</b>	<b>16,7</b>	<b>0,16</b>	<b>14,1</b>	<b>0,24</b>
BO1						1,2	1,8	0,58	1,6	0,64
BO2						1,3	2,0	0,36	1,7	0,51
<b>Subtotal</b>						<b>2,5</b>	<b>3,8</b>	<b>0,34</b>	<b>3,3</b>	<b>0,40</b>
<b>Total</b>						<b>13,6</b>	<b>20,5</b>	<b>0,14</b>	<b>17,4</b>	<b>0,21</b>

#### *Análisis Geoestadístico.*

El análisis geoestadístico mostró que en todas las zonas existió una correlación espacial significativa y que un modelo espacial fue mejor que uno no-espacial en todas ellas, excepto Bajo O'Higgins 2 (criterio de Akaike). De acuerdo a los parámetros estimados para el modelo espacial, el rango o distancia entre observaciones a la cual se puede asumir independencia fue de 270-890 metros, dependiendo del monte analizado (Tabla 17). La densidad promedio estimada para toda el área de estudio fue de  $1.800 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2} \pm 940 \text{ EE}$ , con los valores más bajos en el monte JF3 y los más altos en BO1 (Tabla 17). El área efectiva de distribución del recurso fue de  $19 \text{ Km}^2$ , lo que corresponde al 4,4% del área total prospectada ( $442 \text{ Km}^2$ ).

La biomasa estimada por el método geoestadístico, para el subconjunto de prospecciones utilizadas, fue un 21% superior a la estimada por el método convencional de transectas semialeatorias (Jolly & Hampton 1990), mientras que el coeficiente de variación fue un 88% mayor en la estimación geoestadística (Tabla 18). Las cifras anteriores sugieren una subestimación importante de la varianza estimada bajo el supuesto de independencia espacial entre unidades muestrales, considerado por el análisis convencional (Jolly & Hampton 1990).

<sup>12</sup> Utiliza un intercepto de 75,25 que corresponde al promedio de los interceptos propuestos por Doonan & Bull (2001) y Hampton & Soule (2002)

Tabla 17: Densidad media en escala transformada ( $\hat{z}$ ) y natural retro-calculada ( $z$ ), y parámetros del modelo gaussiano de ajuste de semi-variogramas por zona de estudio. Idénticos super-índices indican que no se encontró diferencias significativas entre las densidades medias por zona.

Zona	Densidad media $\hat{z} \pm EE$	Densidad media $z \pm EE$ (g m <sup>2</sup> )	Rango (m)	Sill	Nugget	$\lambda$
JF1 <sup>a,b</sup>	30,0±1,6	2.300±820	820	97,90	68,90	0,31±0,089
JF2 <sup>b</sup>	26,9±0,89	2.300±260	270	33,40	57,40	0,27±0,041
JF3 <sup>a</sup>	12,3±0,89	800±230	890	3,50	16,20	0,17±0,071
JF4 <sup>a</sup>	13,7±0,57	1.000±210	520	9,30	13,20	0,18±0,047
BO1 <sup>c</sup>	12,0±1,2	3.000±1500	630	2,80	1,60	0,10 ±0,23
BO2 <sup>a</sup>	10,3±0,19	1.200±260	790	0,20	9,60	0,09±0,065

Tabla 18: Estimaciones de biomasa por métodos geoestadísticos (GE) y de muestreo aleatorio (MA) para un subconjunto de prospecciones dentro de cada área de estudio.  $p(OR)$ : probabilidad de presencia de orange roughy en una unidad muestral; A: área prospectada;  $\hat{\alpha}$ : área efectiva donde el recurso fue detectado ( $S_A > 0$ ); CV: coeficiente de variación muestral.

Monte	$p(OR)$	$V(p(OR))$	A (Km <sup>2</sup> )	$\hat{\alpha}$ (Km <sup>2</sup> )	$V(\hat{\alpha})$	densidad (g/m <sup>-2</sup> )	$V(\hat{z})$	Biomasa GE (ton)	CV	Biomasa MA (ton)	CV
JF1	0,06	0,00042	51,7	3,0	1,1	2.300	680.939	7.000	0,50	5.400	0,26
JF2	0,04567	0,00007	142,6	7,0	1,4	2.300	65.122	15.100	0,21	8.200	0,13
JF3	0,03950	0,00013	62,2	2,5	0,5	800	51.031	1.900	0,41	2.800	0,30
JF4	0,05099	0,00011	89,0	4,5	0,9	1000	44.466	4.400	0,30	5.400	0,11
BO1	0,01	0,00004	77,2	0,9	0,2	3.000	2.408.983	2.800	0,74	2.900	0,45
BO2	0,07465	0,00064	18,8	1,4	0,2	1.200	69.295	1.700	0,40	2.400	0,28
Total								<b>32.900</b>	<b>0,17</b>	<b>27.100</b>	<b>0,09</b>

### Modelación de errores

El modelo general de errores correspondiente a la evaluación de biomasa y abundancia de orange roughy 2004 indicó que la varianza asociada a fuentes de error distintas y adicionales al error muestral alcanzó entre un 20 y un 58% de la biomasa estimada para cada monte, y entre un 10 y un 26 % de la biomasa total. Como consecuencia, el coeficiente de variación

corregido de los estimados de biomasa y abundancia alcanzó a un 15-28%, en contraste con el coeficiente de variación muestral de 11% (Tablas 15 y 16). Por otro lado, el análisis general de errores indicó la necesidad de aplicar un factor general de corrección de 1,12 a los estimados de abundancia y biomasa.

Al incorporar formalmente la incerteza derivada de la existencia de dos relaciones alternativas de fuerza de blanco, el coeficiente de variación aumenta sustancialmente de 15 a 28% para toda el área de estudio, resaltando la importancia de avanzar en el estudio de la fuerza de blanco de los stocks chilenos de orange roughy.

*Objetivo 2:* Estimar la composición de tallas, relación longitud-peso y proporción sexual del stock desovante de orange roughy en cada uno de los caladeros estudiados, durante el período de evaluación hidroacústica. Lo anterior referido, principalmente, a su distribución espacial, y batimétrica.

### *Talla media*

La talla promedio de los individuos capturados (2003-2004) mostró diferencias significativas entre sexos y entre montes (Figura 15). La talla media combinada (longitud de horquilla) entre todos los montes, fue significativamente mayor para las hembras (45,9 cm  $\pm$  0,16 EE) que para los machos (42,4 cm  $\pm$  0,17 EE), situación observada también en otras especies demersales. Los peces capturados en el monte JF1 (ambos sexos combinados) presentaron la menor talla promedio del área de estudio (42,2 cm  $\pm$  0,49 EE), mientras que en el monte Bajo O'Higgins 1 se observó la mayor talla promedio de las zonas analizadas (Tabla 19). En general, la mayor parte de los ejemplares capturados se encontraron maduros, lo que es consistente con la estimación de talla media de madurez a los 35 cm de longitud horquilla (Young et al. 2000).

Se observó una relación proporcional entre talla media y profundidad media de captura (Figura 16). Esto, habida cuenta de la correlación existente en los datos obtenidos en un mismo barco respecto tanto de la profundidad media de calado, como de la talla media de los ejemplares capturados. Un análisis por estrato de profundidad y sexo mostró que esta relación entre talla y estrato de profundidad era evidente sólo para las hembras, sin encontrar diferencias significativas entre machos (Figura 17).

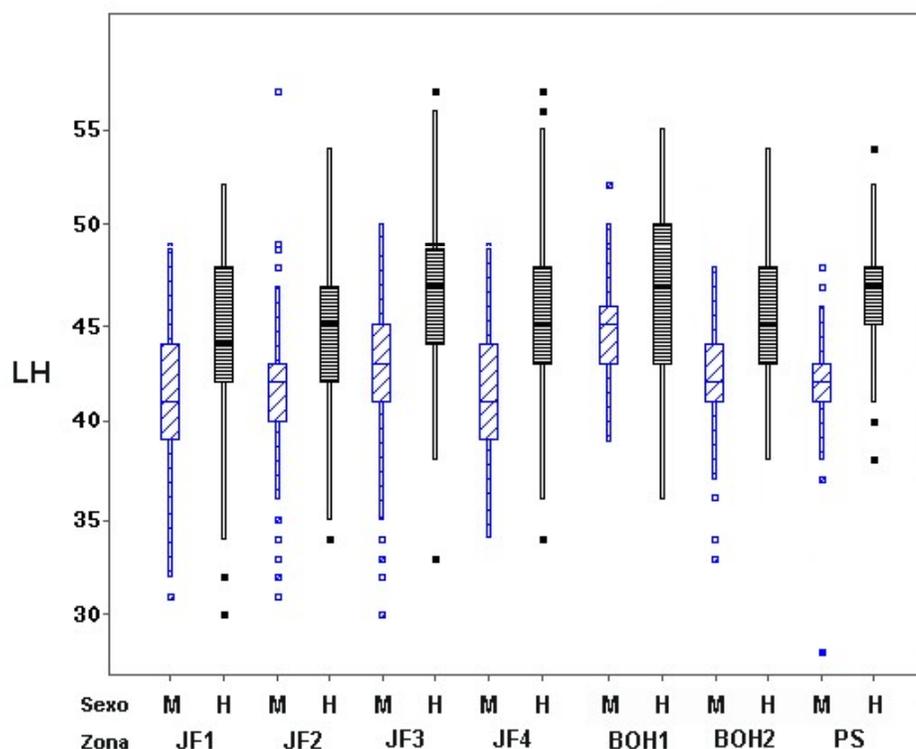


Figura 15: Longitud promedio de horquilla de ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial chilena (2004), según sexo y monte.

Tabla 19: Longitudes medias de horquilla ajustadas (máxima verosimilitud) por zona y sexo. Superíndices diferentes en la talla media combinada indican diferencias significativas entre medias. Año 2004

Monte o Zona	Talla media hembras (cm)	Talla media machos (cm)	Talla media combinada (cm)
JF1	43,7±0,54	40,7±0,65	42,2±0,49 <sup>a</sup>
JF2	45,1±0,16	41,5±0,16	43,3±0,16 <sup>b</sup>
JF3	46,8±0,18	43,3±0,17	45,1±0,17 <sup>c</sup>
JF4	45,9±0,19	42,1±0,18	44,0±0,17 <sup>d</sup>
BO1	47,2±0,18	45,1±0,56	46,1±0,49 <sup>e</sup>
BO2	45,8±0,43	42,2±0,45	44,1±0,42 <sup>b,d</sup>
PSI	46,6±0,34	41,6±0,34	44,4±0,32 <sup>d</sup>
Media combinada	45,9±0,16	42,4±0,17	44,0±0,34

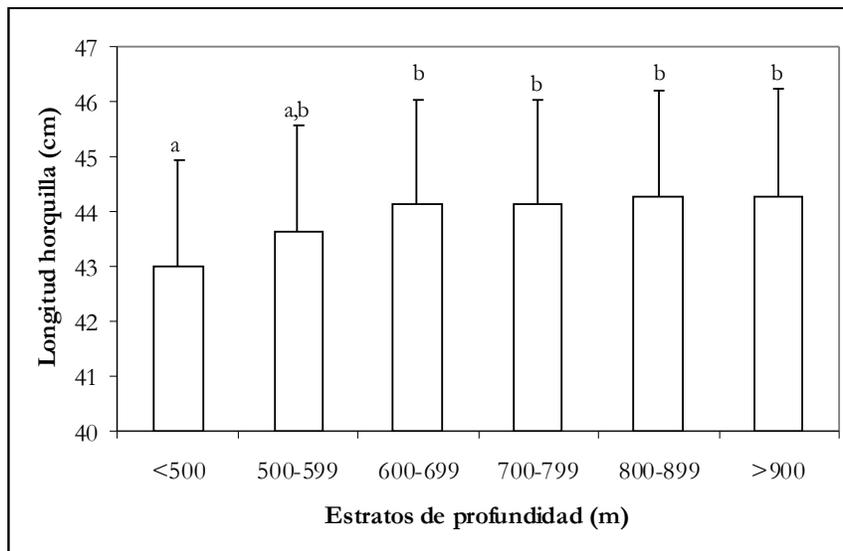


Figura 16: Longitud promedio de horquilla (+ EE) de ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial según estrato de profundidad (años 2003-2004). Letras diferentes sobre las barras de error indican diferencias significativas entre medias.

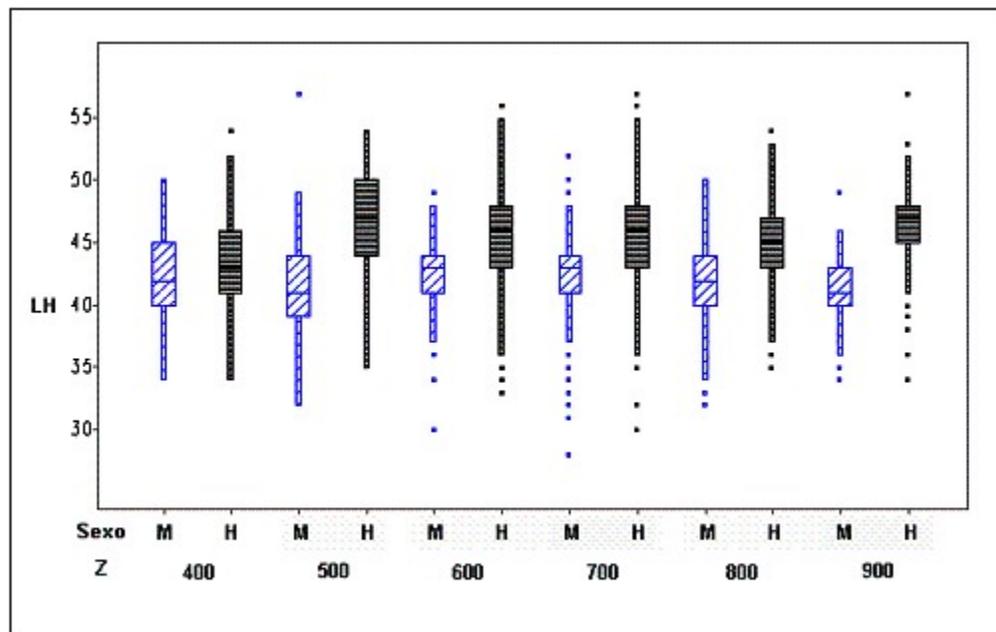


Figura 17: Longitud promedio de horquilla de ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial chilena (2004), según sexo y profundidad.

### Composición de tallas

En los muestreos realizados durante el año 2004, la composición de tamaño de la captura presentó un rango de 36 cm, con valores extremos de 22 y 58 cm de longitud horquilla. No obstante, como ya se indicó, la mayor proporción se situó sobre la talla media de madurez ().

El análisis comparativo de la estructura de tallas mostró diferencias significativas ( $\chi^2$ ,  $p < 0.001$ ) entre zonas, sexos y estratos de profundidad, las cuales fueron consistentes con las diferencias observadas respecto de la talla media. Es decir, las tallas inferiores tendieron a ser más frecuentes en machos, en estratos de profundidad menores a 600 m y en el monte JF1 (Figuras 18, 19 y 20). No se observó diferencias significativas en la frecuencia de tallas entre meses dentro de montes.

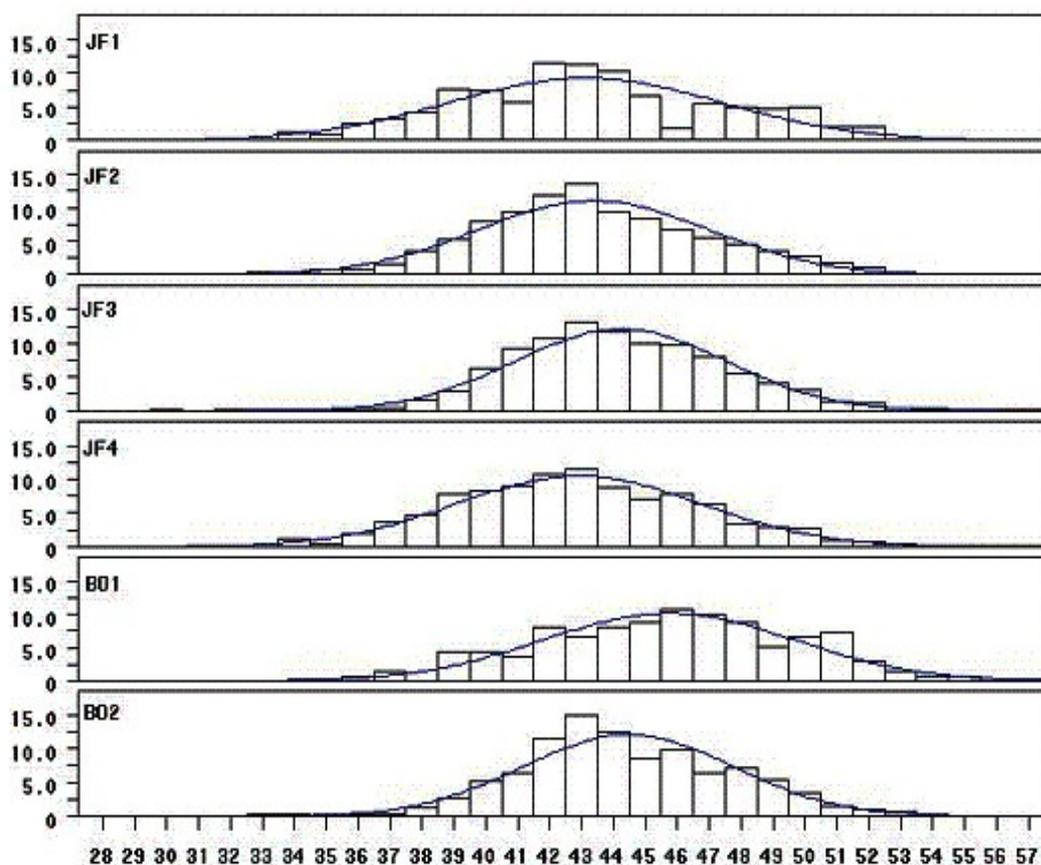


Figura 18: Distribución de frecuencias de longitud de horquilla para ejemplares de orange roughy capturados en el área de estudio por la flota comercial chilena (2003-2004), según monte.

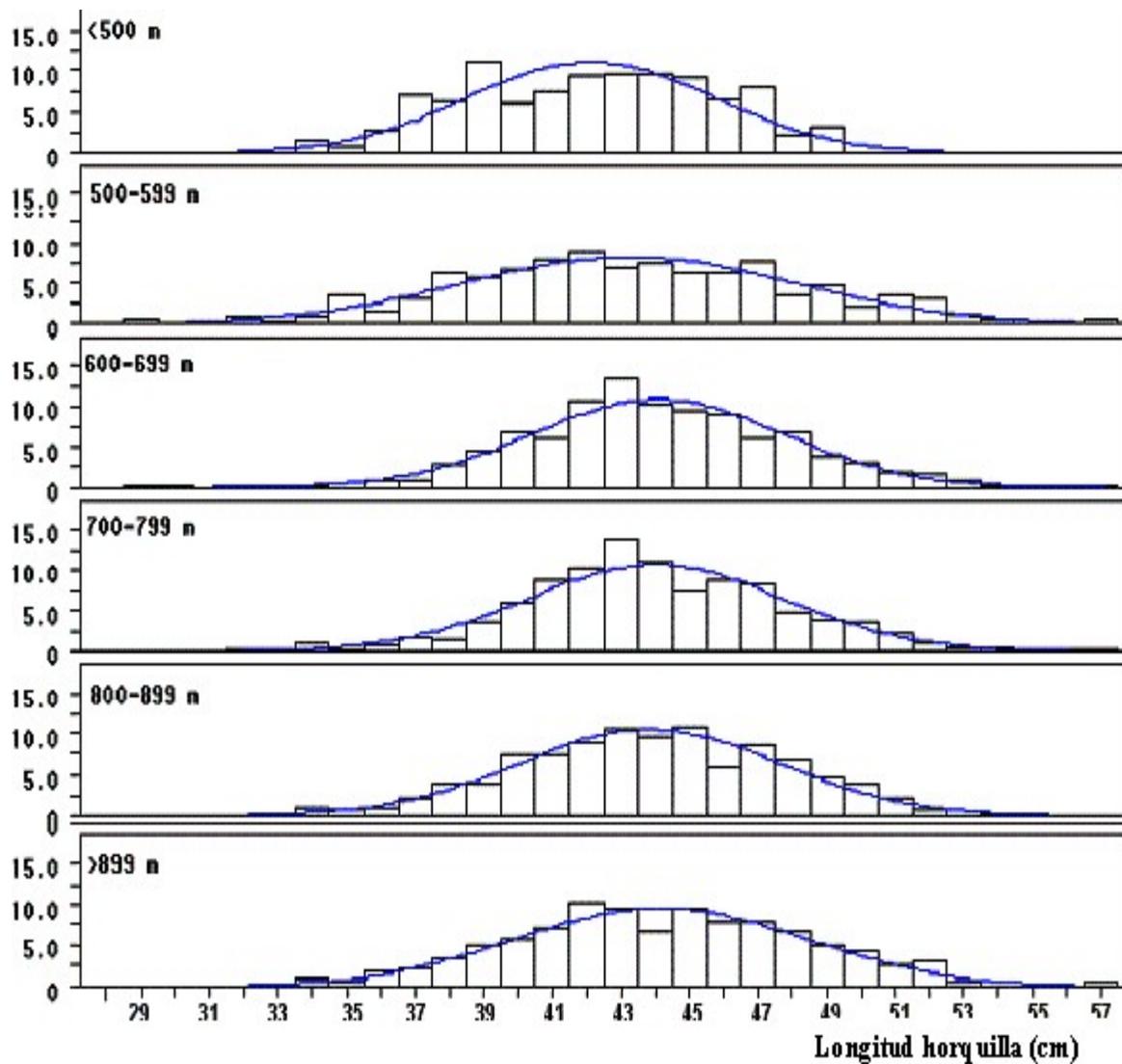


Figura 19: Distribución de frecuencias de longitud de horquilla para ejemplares de orange roughy capturados en el área de estudio (2003-2004), según estrato de profundidad.

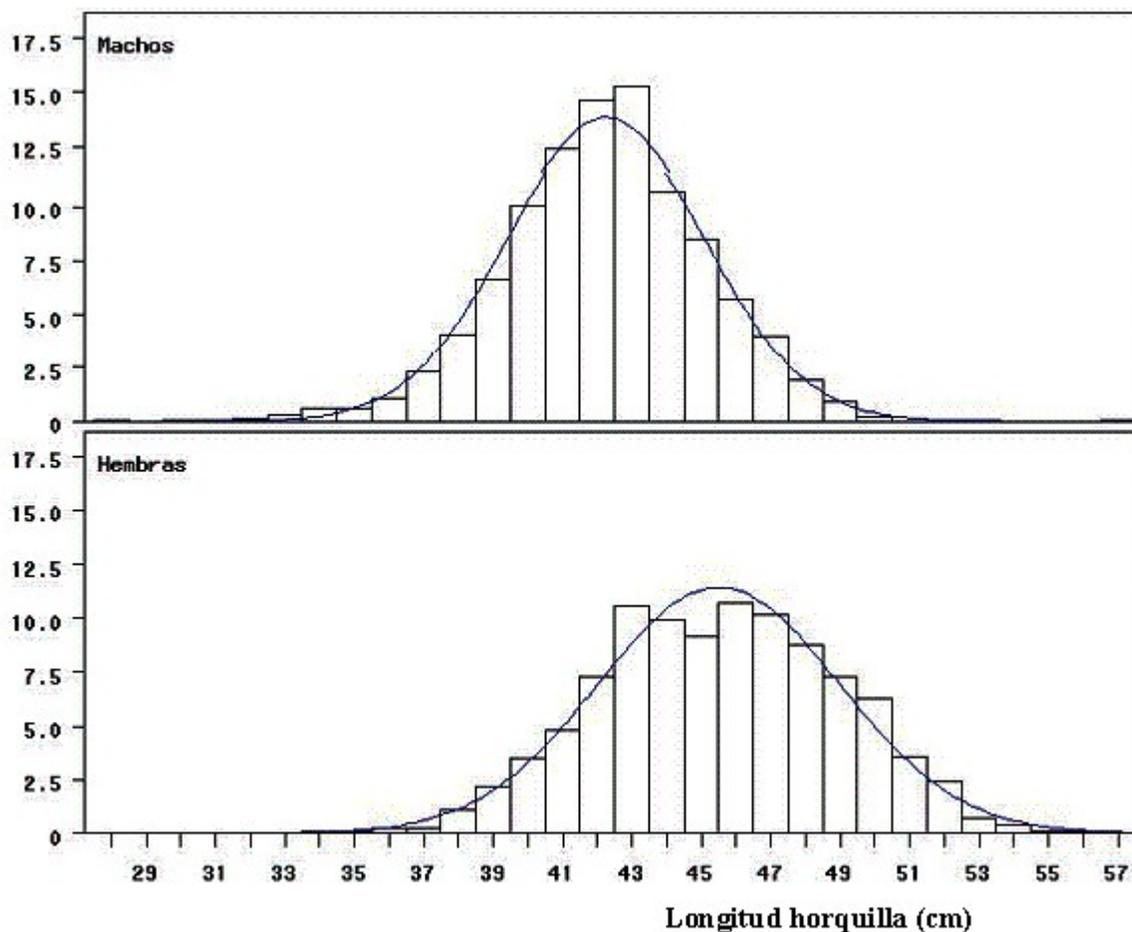


Figura 20: Distribución de frecuencias de longitud de horquilla para ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial chilena (2003-2004), según sexo.

### *Relación longitud peso*

El análisis efectuado permitió observar diferencias significativas en la relación peso total ( $W$ )-longitud de horquilla ( $LH$ ), entre sexos, zonas y estadios de madurez sexual ( $p < 0,01$ ). Se observaron efectos significativos de los meses sobre  $\beta_0$  y  $\beta_1$  de la relación  $LH$  y  $PT$ , por lo que se evaluó el efecto de los meses para cada monte y sexo (Tabla 20). Contrario a lo esperado, la diferencia entre estadios de madurez se mantuvo al considerar la relación entre peso individual eviscerado ( $W_e$ ) y longitud de horquilla (Tabla 21), sugiriendo un efecto significativo del proceso reproductivo sobre la condición general de los individuos.

Una relación general para todos los sexos, zonas y estadios de madurez (Figura 21), fue definida de manera ilustrativa por la siguiente ecuación:

$$\log(W) = -0,84 + 2,51 \cdot \log(LH)$$

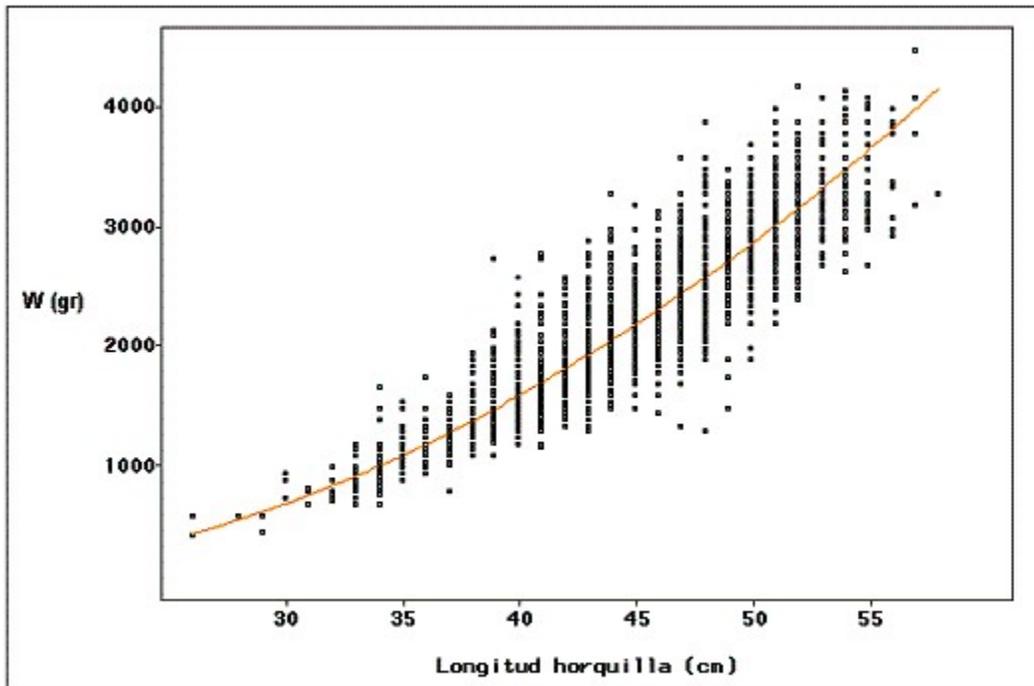


Figura 21: Relación longitud de horquilla-peso para ejemplares de orange roughy capturados por la flota comercial chilena 2003-2003

### *Proporción sexual*

La proporción sexual ponderada y ajustada de hembras correspondió a un 52% de los peces capturados. No se observó, no obstante, diferencias significativas entre montes (Figura 22), con la mayor proporción de hembras en el monte JF1 (0,55) y la menor en el monte BO2 (0,40). La fracción de hembras fue significativamente menor en los estratos de profundidad menores a 600 m (Figura 22).

Se observó también diferencias significativas entre meses, con las mayores proporciones de hembras en las capturas entre los meses de Abril y Junio, y las menores en los meses de Julio y Agosto. Como excepción a ésta tendencia, se observa alta proporción de hembras durante agosto en los montes JF1 y BOH2 (Figura 23). Estos resultados sugieren que la vulnerabilidad aparente de las hembras, relativa a los machos, disminuiría durante el período de mayor actividad de desove. Esta hipótesis es consistente con la relación inversa, y significativa, observada entre la proporción de hembras capturadas en un lance y la proporción de hembras desovantes (estados IV y V) presentes en el mismo. Es decir, a mayor proporción de hembras IV+V, mayor proporción de machos en el lance.

Los datos disponibles muestran una correlación significativa entre la proporción de hembras y la profundidad media del lance (Figura 22). También sugieren un correlación positiva entre la proporción de hembras desovantes (IV y V) y la profundidad del lance ( $0.05 < p < 0.1$ ). Se plantea, entonces, como hipótesis, que el cambio aparente en la vulnerabilidad de las hembras estaría asociado a un cambio en el patrón de distribución batimétrica de las mismas, que buscarían aguas más profundas durante el desove.

Tabla 20: Parámetros de la relación peso total (g) y longitud de horquilla (cm) según monte, sexo, zona y estadio de madurez sexual (EMS).

Sexo	Monte	EMS	$\beta_0 \pm EE$	$\beta_1 \pm EE$	n
Todos	Todos	Todos	-0,84±0,025	2,51±0,015	5.820
Machos	Todos	Todos	-0,82±0,037	2,49±0,023	2.639
Machos	Todos	IV	-0,89±0,078	2,55±0,047	614
Hembras	Todos	Todos	-0,82±0,038	2,50±0,019	3.181
Hembras	Todos	IV	-0,67±0,059	2,43±0,034	1.126
Machos	JF1	Todos	-0,9±0,11	2,58±0,070	160
	JF2	Todos	-0,94±0,069	2,56±0,042	729
	JF3	Todos	-0,78±0,062	2,49±0,035	688
	JF4	Todos	-0,79±0,064	2,48±0,039	915
	BO1	Todos	-0,6±0,18	2,3±0,11	103
	BO2	Todos	-0,7±0,40	2,4±0,24	43
Hembras	JF1	Todos	-0,83±0,093	2,52±0,056	337
	JF2	Todos	-0,90±0,065	2,54±0,036	1.019
	JF3	Todos	-0,73±0,070	2,45±0,043	991
	JF4	Todos	-0,63±0,076	2,40±0,045	593
	BO1	Todos	-0,8±0,15	2,48±0,091	149
	BO2	Todos	-0,9±0,17	2,55±0,099	93

Tabla 21: Intercepto ( $\beta_1$ ) y pendiente ( $\beta_0$ ) de la relación ( $p < 0,01$ ) entre longitud horquilla (LH) y peso total sin gónadas (PT;  $\text{Log}(PT) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(LH)$ ) según sexo y estadio de madurez sexual.

Sexo	EMS	$\beta_1$	$\beta_0$
Machos	2	-2,2 ± 0,46	2,60 ± 0,13
	3 y 4	-2,0 ± 0,11	2,53 ± 0,030
	5	-1,6 ± 0,14	2,40 ± 0,040
Hembras	2	-3,2 ± 0,52	2,8 ± 0,14
	3 y 4	-2,0 ± 0,12	2,51 ± 0,030
	5	-1,6 ± 0,20	2,41 ± 0,051

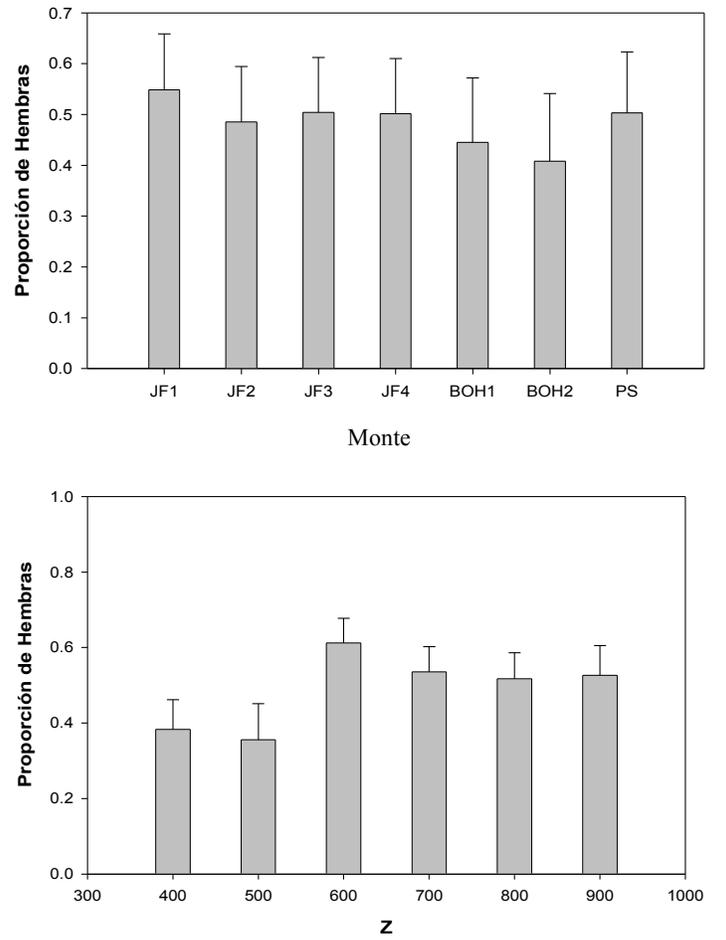


Figura 22: Proporción de hembras de orange roughy capturados por la flota comercial, según monte y profundidad (Z).

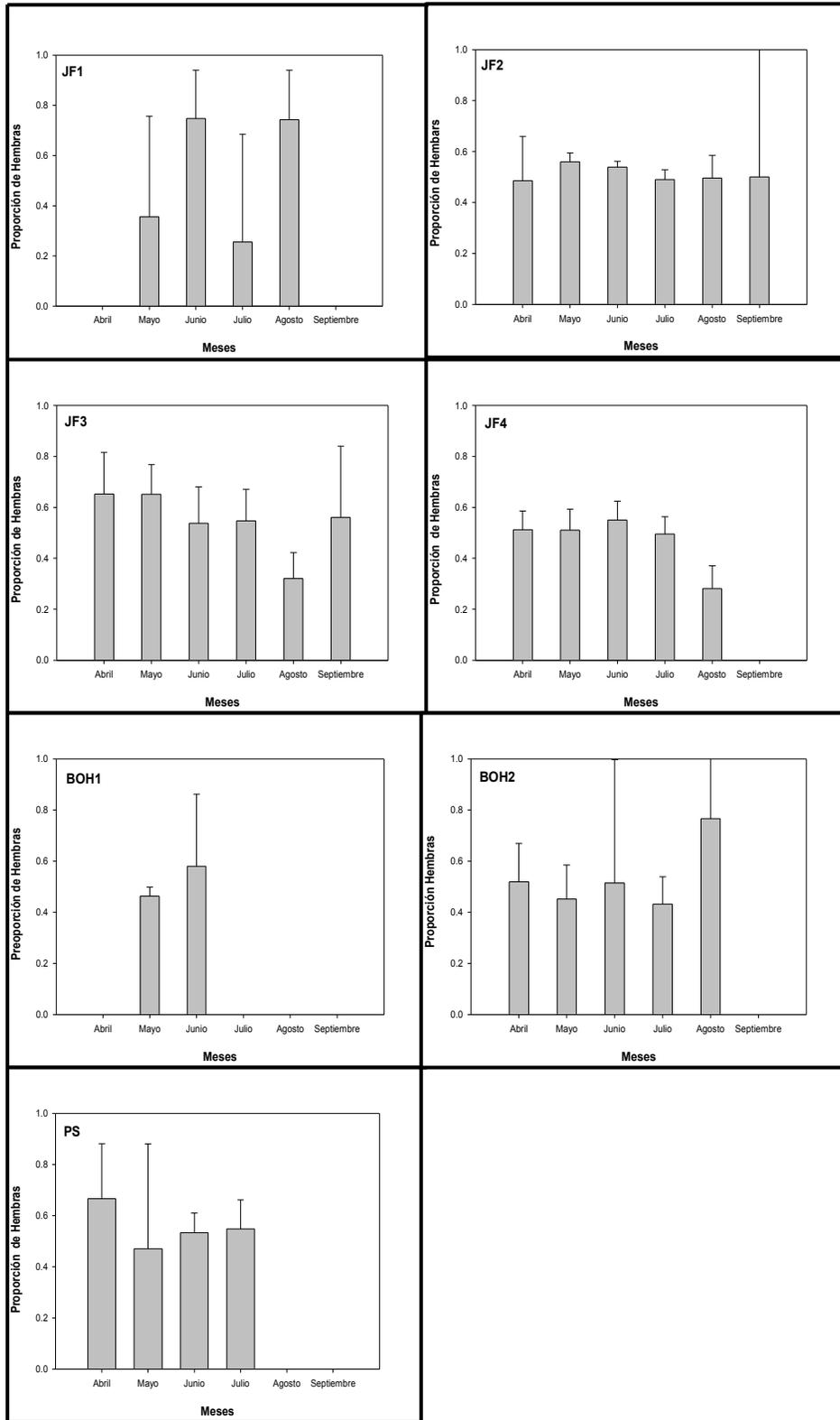


Figura 23: Proporción de hembras de orange roughy capturados por la flota comercial, según monte y mes.

### Índice gonádico (IG)

La evolución temporal del índice gonádico mostró diferencias entre machos y hembras en los distintos montes. En los primeros se observó una tendencia decreciente en el periodo de estudio (Mayo a Septiembre de 2004), mientras que en las hembras se pudo notar un aumento máximo estacional coincidente con la fecha esperada de desove. De este modo, JF1 y BOH1 mostraron valores máximos (14-16%) durante la primera quincena de junio, JF2 en la primera semana de julio y JF3 y JF4 en agosto. La cantidad y frecuencia de muestreo en el sector BOH2 fue insuficiente para establecer alguna tendencia (Figura 24).

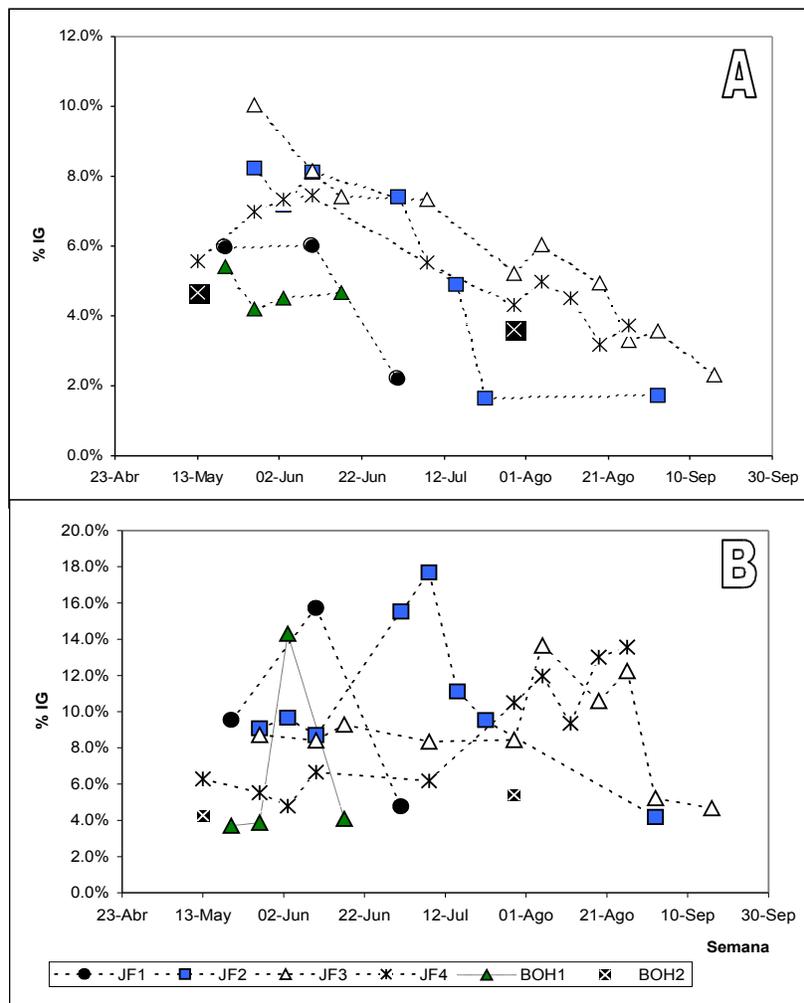


Figura 24: Variación del índice gonádico por monte durante el periodo de estudio. A) Machos. B) Hembras.

*Objetivo 3:* Desarrollar, aplicar y evaluar métodos apropiados para la identificación y determinación de la composición de especies presentes en las eco-agregaciones identificadas en el área de estudio.

### *Estadísticas y morfometría del eco*

#### Estadística descriptiva básica

Las mayores diferencias significativas entre los ecotrazos de orange roughy y alfonsino se asociaron a variables descriptoras de energía de los cardúmenes: media, máxima y kurtosis de  $S_v$ ; profundidad: media del cardumen y del fondo; y algunas variables morfométricas: longitud corregida, desigualdades, dimensión fractal y compactación (Tabla 22).

#### Función Discriminante

El primer análisis de función discriminante indicó que una función discriminante (raíz) construida con una sub-muestra de seis variables, contribuyó significativamente en la habilidad del modelo para discriminar entre cardúmenes de orange roughy y alfonsino, explicando un 91% de la varianza observada. Estas variables, en orden de significancia, fueron las siguientes: profundidad media del cardumen, valor máximo de  $S_v$ , kurtosis, longitud del cardumen corregida, coeficiente de correlación horizontal y amplitud corregida (Figura 25). Los descriptores seleccionados por el análisis discriminante fueron los siguientes:

- Longitud corregida

$$L = L' - 2 \cdot D \cdot \tan\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

donde,

$L'$  : longitud aparente entre el primer y el último pulso de la agregación (m)

$D$  : Profundidad media de la agregación (m)

$\phi$  : Angulo horizontal del haz

- Amplitud media corregida

$$E_C = E_n * (A_{2d} / A) * 10^{(dR_{vc} / 10)} \text{ si } A \neq 0; 0 \text{ si } A = 0$$

$E_n$  :energía media de la región

$A_{2d}$  : área de la imagen corregida

$A$  :área no corregida

$dR_{vc}$ :corrección para el ángulo de reverberación

- Sv max:

Máximo valor del coeficiente de retrodispersión por unidad de volumen (Sv)

- Coeficiente de correlación horizontal

$$R_h = \sum_{i=1}^p \frac{(E_i - E_{i+1})^2}{n_h - 1} \cdot E_n^{-1}$$

donde,

E :  $10^{Sv \cdot 10^{-1}}$ , energía media de la región ( $m^2/m^3$ )

i : pulso

p : número de pulsos en el ecotrazo.

$n_h$  : numero de pares horizontales de datos en la región

- Profundidad

Profundidad media del ecotrazo (m).

- Kurtosis

$$\frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{E_i - E_n}{DS(E)} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

La función discriminante construida utilizando las variables ya descritas fue capaz de discriminar correctamente un 92-98% de los cardúmenes de alfonsino y orange roughy utilizados para construir el modelo. Sin embargo, su eficiencia disminuyó notablemente al ser enfrentada a un set independiente de datos (ecotrazos confirmados 2003). En este último caso, la función discriminante identificó correctamente el 98,6% de los ecotrazos de orange roughy, pero falló en reconocer como alfonsino un 68,9% de los ecotrazos de esta última especie.

A manera de comparación, el mismo set de datos 2003 fue evaluado utilizando el modelo logístico de Boyer et al. (2001), el cual sólo considera la profundidad media de las agregaciones como variable explicativa. Este modelo presentó una mejor eficiencia predictiva que el modelo discriminante, con un 100% de aciertos para orange roughy, pero sólo un 46,7 para alfonsino (Tabla 23).

El relativamente bajo éxito alcanzado por el modelo desarrollado podría deberse al grupo limitado de datos utilizados para generarle, especialmente de alfonsino, que fue insuficiente para representar la variabilidad existente en diferentes áreas, estaciones y horas del día. De este modo se sugiere realizar un esfuerzo similar en 2005, generando un nuevo modelo a partir de todos los datos existentes en 2003 y 2004, y validándolos contra los nuevos ecotrazos confirmados durante el próximo crucero de evaluación.

Tabla 22. Media y desviación estándar de las variables descriptoras del cardumen, usadas en el AFD.

Variable descriptora del cardumen	Alfonsino		Orange roughy	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Media del Sv	-54,82	3,8	-65,02	3,08
Nasc	4.711,68	6.510,03	460,90	713,64
Sv Max	-40,8	6,387	-52,33	6,354
Profundidad media	379,24	72,19	681,43	93,33
Desviación estándar de Sv	0,0000108	0,0000113	0,0000011	0,0000023
Skewness del Sv	6,25	5,12	6,13	7,93
Kurtosis del Sv	88,55	151,11	157,2	392,48
Longitud Corregida	241,57	130,69	716,63	398,88
Altura Corregida	58,85	32,528	78,48	36,670
Elongación	4,61	2,487	9,63	4,342
Unevenness	22,42	11,348	96,53	63,459
Rectangularidad	3,15	0,000	3,69	1,225
Perímetro Corregido	2.278,49	1.872,36	14.207,21	13.115,02
Área Corregida	5.370,29	4.365,83	18.398,29	15.957,29
Dimensión Fractal	1,48	77	1,65	94
compactación	85,13	74,174	962,47	941,185
Amplitud Corregida	0,0000048	0,0000048	0,0000005	0,0000008
MVBS Corregida	-54,73	3,813	-65,00	3,131
Coefficiente de variación de la media del Sv	212,15	132,320	156,03	163,205
Fuerza Horizontal	0,0000260	0,0000314	0,0000069	0,0000242
Fuerza Vertical	0,0000120	0,0000207	0,0000020	0,0000064
Profundidad del fondo	399,68	75,248	705,63	95,136
Altitud (distancia desde el fondo)	20,44	9,603	24,21	13,069
N válido	19	19	27	27

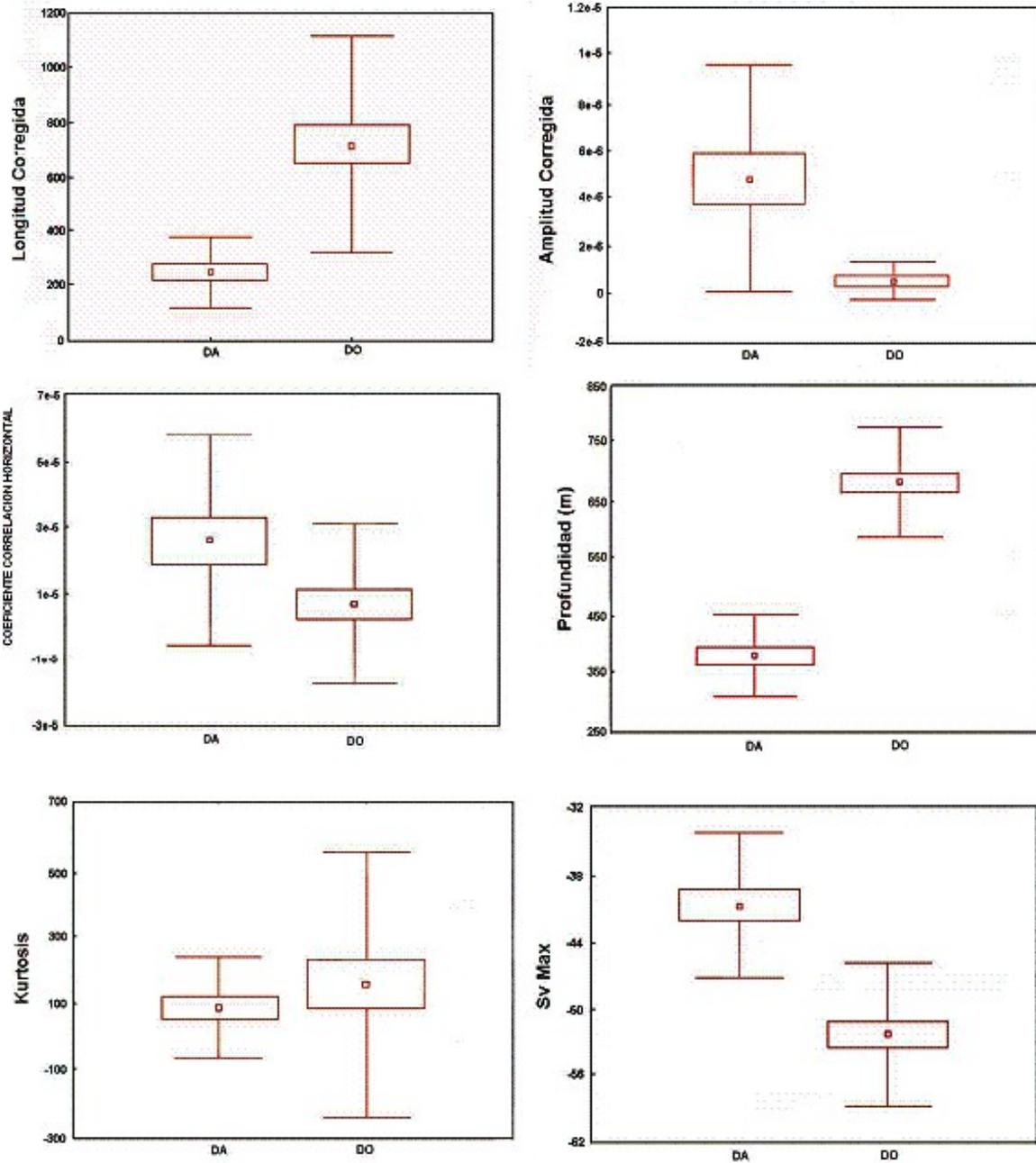


Figura 25: Diagrama de distribución de valores observados en ecotrazos confirmados de alfonsino y orange roughy para las variables: profundidad media, Sv-máximo, kurtosis, longitud corregida, coeficiente de correlación horizontal y amplitud corregida.

Tabla 23. Tasa de errores y aciertos en la separación de ecotrazos confirmados de orange roughy y alfonsino utilizando el modelo discriminante (presente estudio) y el modelo logístico de Boyer et al. (2003).

Especie	Modelo discriminante					Modelo logístico (Boyer et al. 2003)				
	Aciertos		Errores		n	Aciertos		Errores		n
	n	%	n	%		n	%	n	%	
Alfonsino	14	31,1	31	68,9	45	21	46,7	24	53,3	45
Orange roughy	69	98,6	1	1,4	70	70	100	0	0	70

#### *Observación directa mediante videocámara*

Los resultados del uso de métodos filmográficos para identificación de especies in situ fueron muy poco alentadores. La técnica empleada no permitió filmar, ni menos, analizar cuantitativamente agregaciones de las especies objetivo (detalles en Anexo VII). Las limitaciones al momento del muestreo y las relacionadas a la tecnología empleada se resumen en los siguientes aspectos:

- Al momento de realizar las filmaciones, no fue posible detectar agregaciones de orange roughy, razón por la cual se realizaron pruebas frente a cardúmenes de alfonsino, sin resultados.
- La ausencia de autonomía motora en el equipo empleado le hace dependiente de las maniobras del barco o de la deriva del mismo. Esto no permite un nivel de precisión adecuada para estudiar las agregaciones reproductivas, que en su mayoría poseen menos de 1.000 m de longitud y han mostrado ser muy sensibles a perturbaciones tales como el ruido de los motores de los buques pesqueros.
- Una alternativa a dotar de autonomía motora al sistema filmográfico sería proveerle de un sistema de patines que permitiera arrastrar el equipo a lo largo de una zona determinada.
- El desconocimiento de la reacción de las especies de interés a la intensidad y la secuencia de grabación y encendido. En efecto, ninguna de las combinaciones evaluadas durante el crucero mostró alguna ventaja que permitiera filmar y post-procesar individuos de las especies objetivo.

*Objetivo 4:* Mejorar el conocimiento sobre la dinámica espacial y temporal de las agregaciones reproductivas de esta especie en los principales caladeros de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3 y JF4) y Bajo O'Higgins (BOH1 y BOH2).

#### *Variabilidad diaria en abundancia relativa aparente*

El análisis de varianza efectuado para contrastar la densidad acústica aparente,  $\log_e(S_A)$ , de las 4 agregaciones de orange roughy evaluadas de modo semi-continuo, indicó diferencias significativas entre el día y la noche, siendo el valor retro-calculado de la media observada en la noche ( $5,3 \pm 0,13$ ), un 25% mayor que el valor retro-calculado de la media observada en el día ( $5,1 \pm 0,14$ ). A pesar de ser esta diferencia significativa, la inspección visual de los datos muestran gran dispersión de los mismos y no evidencia un patrón claro (Figura 26). Por ello, se sugiere tomar este resultado con cautela y destinar nuevos esfuerzos a aclarar si esta tendencia alcanza la magnitud y consistencia suficiente como para aplicarla en la corrección de los estimados de biomasa o abundancia derivados de prospecciones efectuadas en distintos momentos del día.

Desde un punto de vista teórico, la luminosidad que alcanza  $>600$  es muy limitada en cantidad y calidad, restringiéndose a frecuencias cercanas al ultravioleta. A pesar de ello, existen indicios de sensibilidad a la luz diurna en invertebrados migradores que habitan a profundidades de , al menos, 600 m (Frank & Widder, 1994). Por otro lado, se estima que peces de aguas profundas podrían percibir cambios en la intensidad de la luz solar (día-noche), en profundidades de hasta 1.000 m, dependiendo de la claridad de las aguas en que habitan (Douglas & Partridge, 1997). De este modo, cambios conductuales en orange roughy derivados del ciclo circadiano podrían deberse tanto al efecto directo de la luz, como al efecto indirecto de la migración de sus presas. En este último caso, se esperarían desplazamientos menos notorios o nulos durante la época de desove, durante la cual la tasa de ingestión se reduce notablemente en orange roughy.

#### *Desplazamiento horizontal de las agregaciones*

Los resultados del seguimiento de la trayectoria horizontal de las agregaciones mostraron un desplazamiento promedio de 1,5 Km cada 4 horas (Tabla 24), sin encontrarse evidencia de tendencias direccionales, lo que sugeriría un movimiento más bien aleatorio alrededor de un centroide de distribución que podría permanecer en el tiempo. En efecto, no se observó diferencias significativas en la posición media de las agregaciones entre días. Aunque un bajo número de observaciones limitó la potencia estadística de este análisis, la consistencia en la distribución espacial de los ecotrazos observados a lo largo del período de estudio (Figuras 27 a 30), y la escasa o nula presencia de ecotrazos en zonas intermedias sugieren áreas discretas de concentración y movimientos más bien limitados entre ellas.

La velocidad aparente de desplazamiento de las agregaciones alcanzó un promedio de 0.2 nudos ( $10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) lo que equivale aproximadamente a 0,3 longitudes de horquilla $\cdot\text{s}^{-1}$  (Tabla 24). Se debe considerar que este valor es mínimo, ya que asume desplazamiento en línea recta. Por otro lado, considerando que la temperatura observada en los estratos de distribución del

orange roughly no excede los 5°C, es posible que el desplazamiento aparente estimado en este estudio sobre-estime los valores reales de movimiento horizontal.

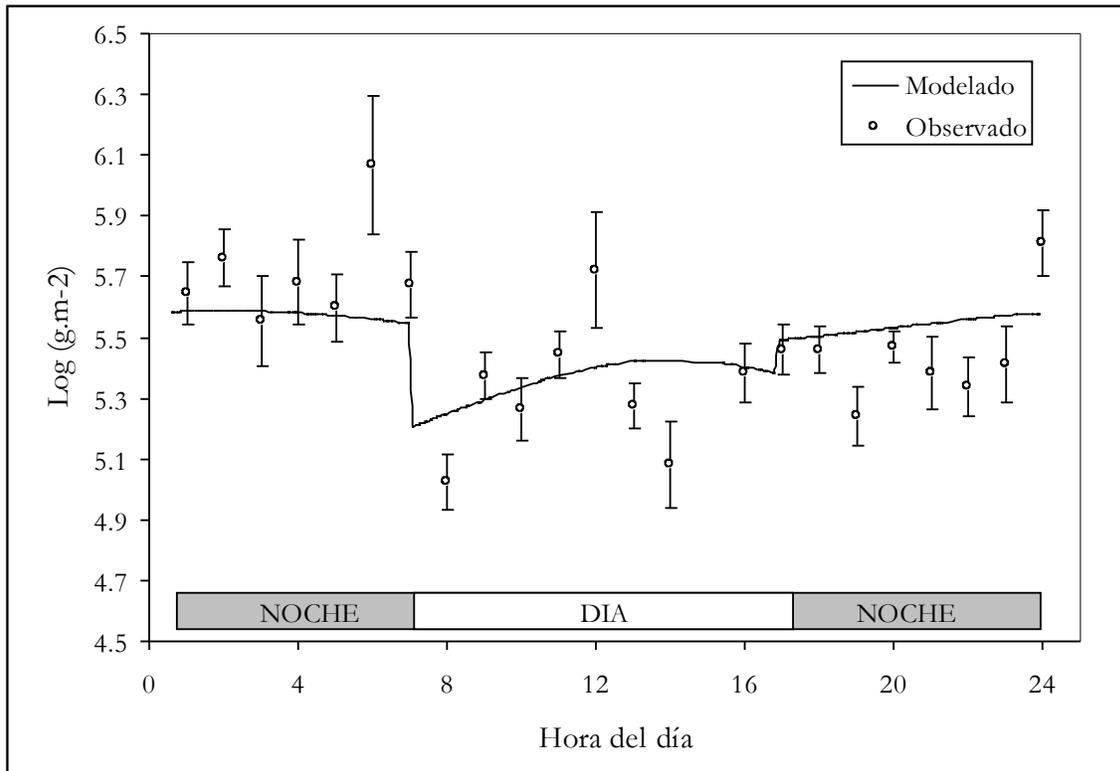


Figura 26: Variación diaria de la densidad de orange roughly ( $g \cdot m^2$ ) observada acústicamente en cardúmenes monitoreados de manera semi-continua en montes submarinos de Juan Fernández.

Tabla 24: Desplazamiento y velocidad aparente de 4 agregaciones de orange roughly monitoreadas en intervalos de 4 horas en montes JF2, JF3 Y JF4.

Agregación	n	Desplazamiento aparente (m)	Velocidad aparente (nudos)	Velocidad aparente ( $LH \cdot s^{-1}$ )
1	11	$1.200 \pm 750$	$0,2 \pm 0,31$	$0,2 \pm 0,36$
2	20	$2.500 \pm 1.000$	$0,3 \pm 0,33$	$0,4 \pm 0,39$
3	6	$700 \pm 360$	$0,1 \pm 0,06$	$0,1 \pm 0,07$
4	24	$1.100 \pm 580$	$0,2 \pm 0,15$	$0,2 \pm 0,17$
Total general	61	$1.500 \pm 1.010$	$0,2 \pm 0,26$	$0,3 \pm 0,30$

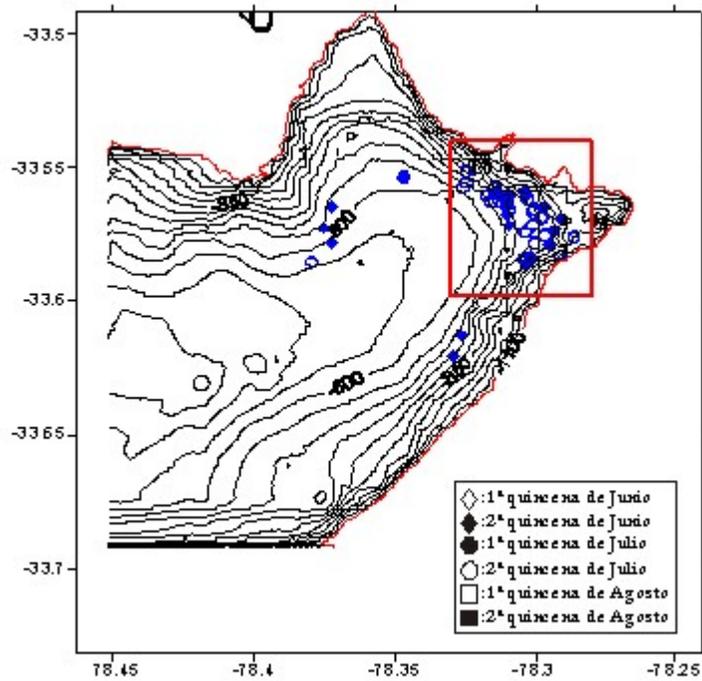


Figura 27: Distribución quincenal de ecotrazos identificados como orange roughy en el monte Juan Fernández 1.

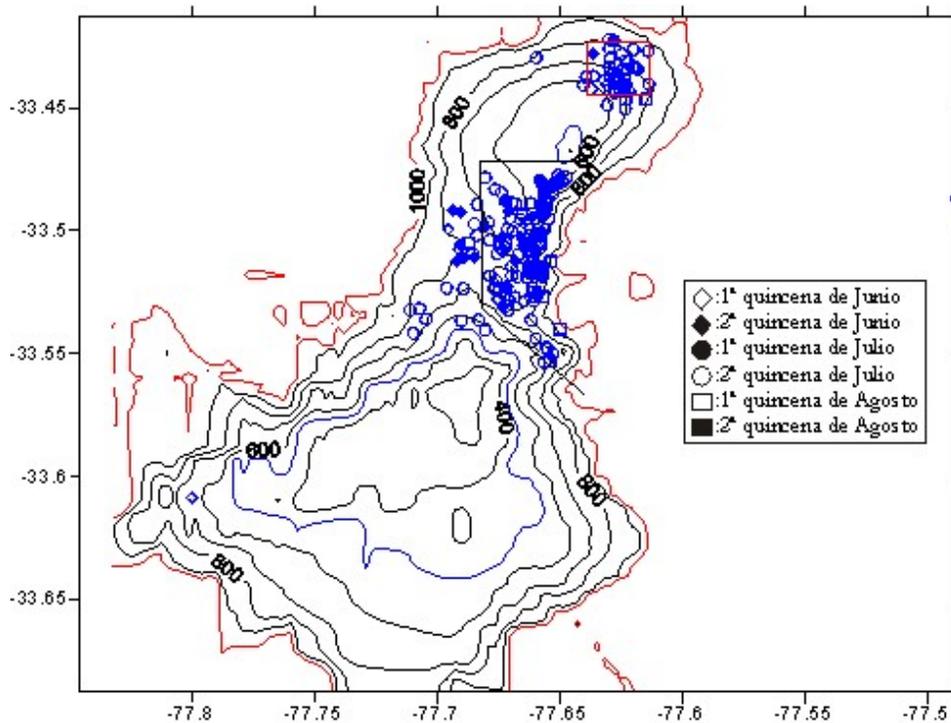


Figura 28: Distribución quincenal de ecotrazos identificados como orange roughy en el monte Juan Fernández 2.

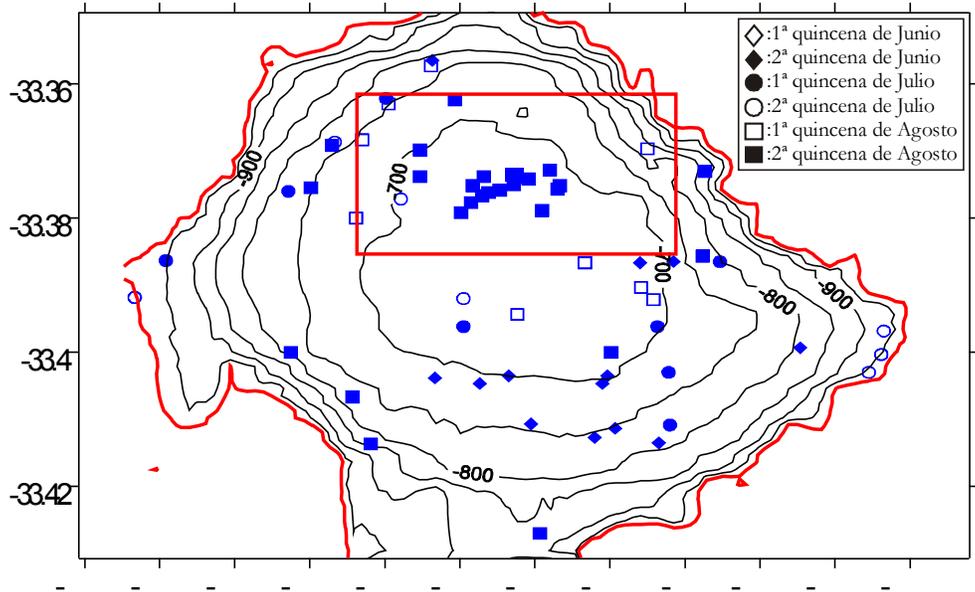


Figura 29: Distribución quincenal de ecotrazos identificados como orange roughy en el monte Juan Fernández 3.

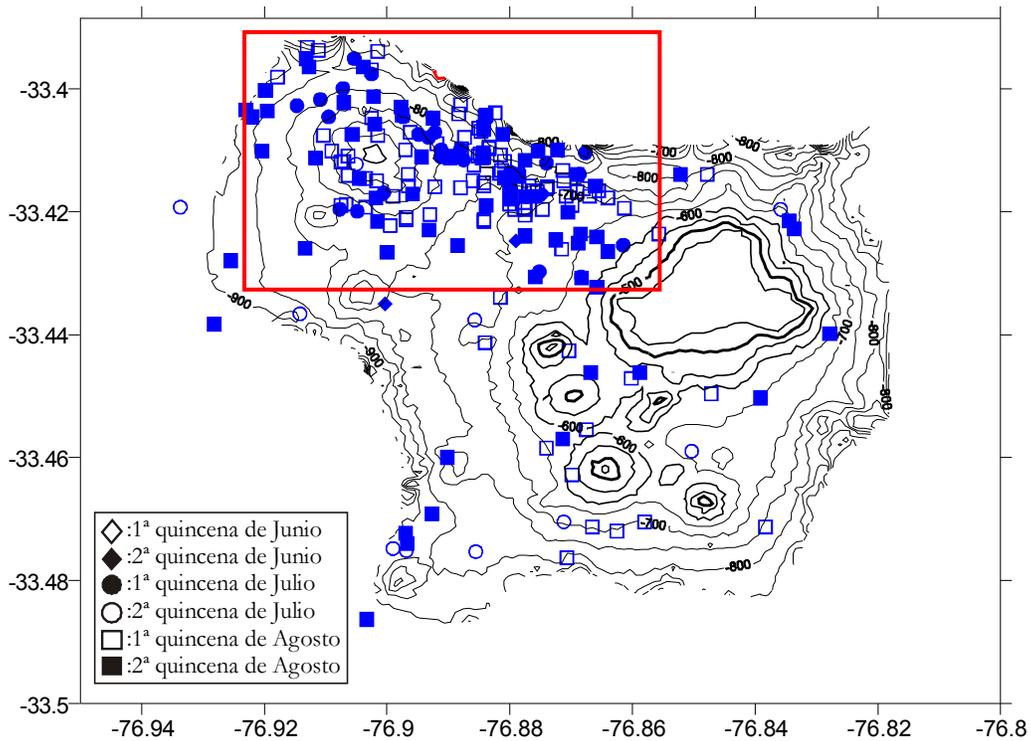


Figura 30: Distribución quincenal de ecotrazos identificados como orange roughy en el monte Juan Fernández 4.

### Variación interanual en la ubicación geográfica de las agregaciones

El análisis de la variabilidad inter-anual (2002-2004) de la distribución espacial de las capturas mostró una notable concentración de los lances exitosos, con una consistencia relativa entre años. Un pequeño número (1-4) de conglomerados anuales de radio  $\leq 1.852$  m (Figuras 31 a 36) concentró sobre el 50% de las capturas muestreadas en cada monte y año. La posición de estos conglomerados anuales se mantuvo, a su vez, relativamente estable entre años, permitiendo formar conglomerados inter-anales de igual radio ( $\leq 1.852$  m) y similar importancia relativa (Tabla 25).

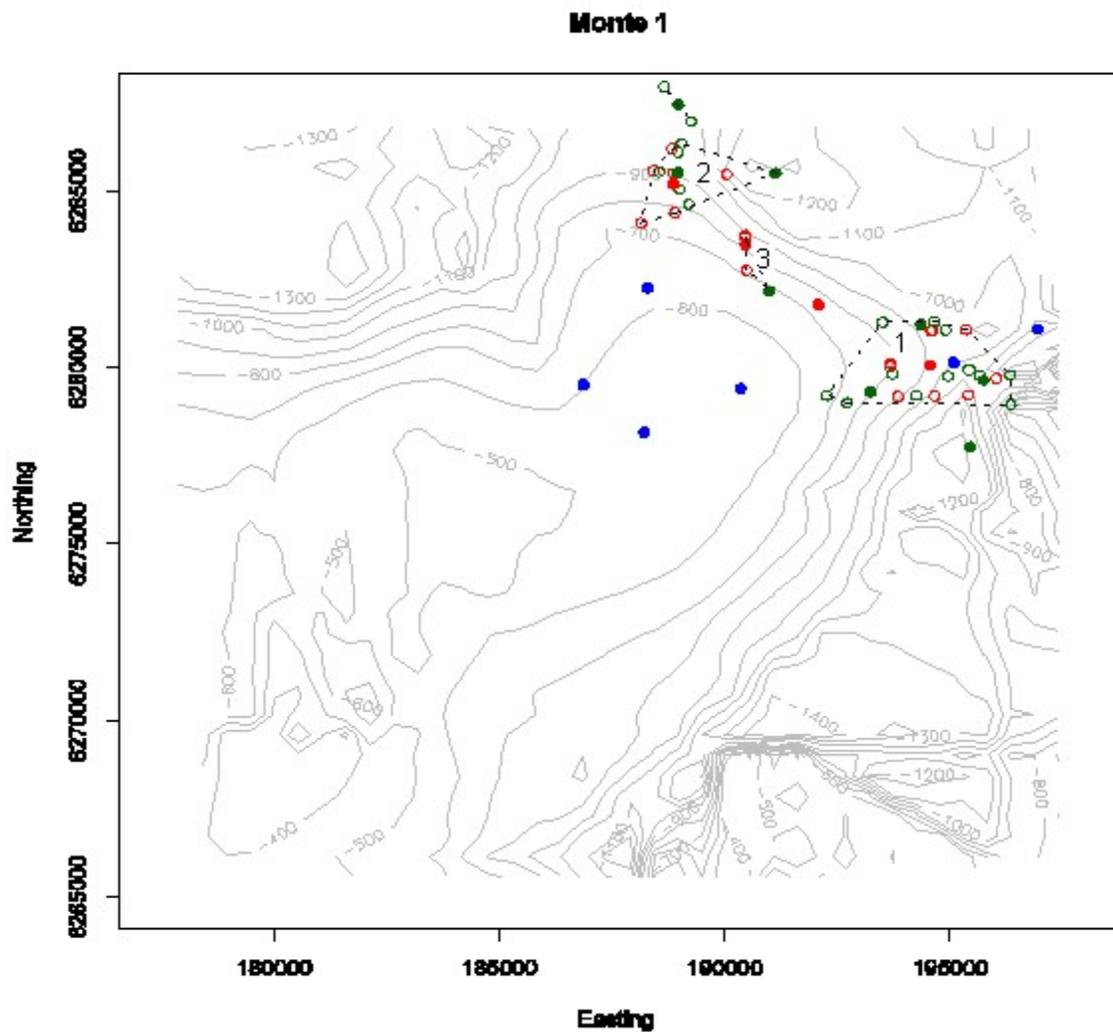


Figura 31: Monte JF1: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●), 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados inter-anales (distancia  $< 1.852$  m).

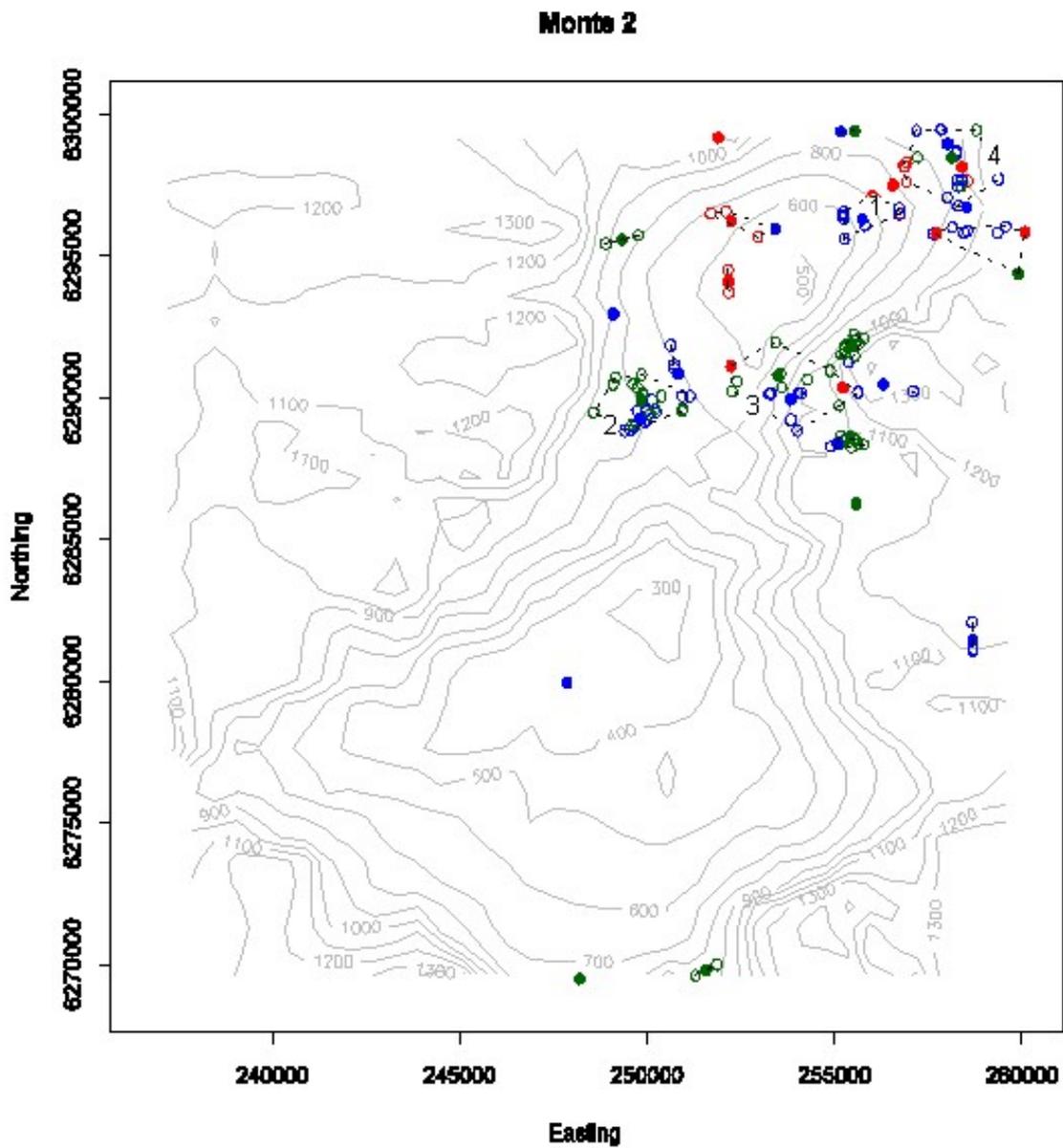


Figura 32: Monte JF2: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●), 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia < 1.852 m).

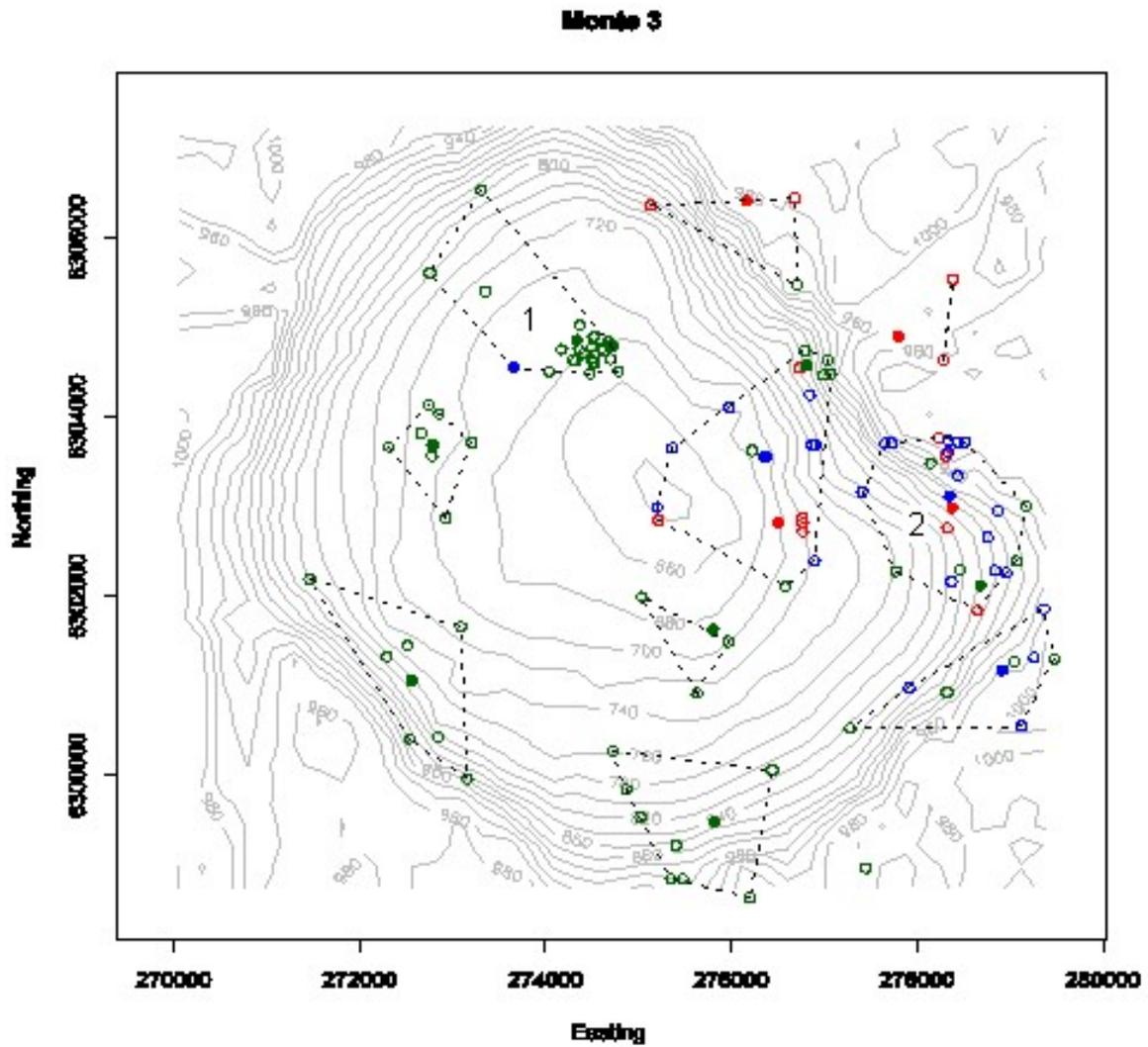


Figura 33: Monte JF3: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●) , 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia < 1.852 m).

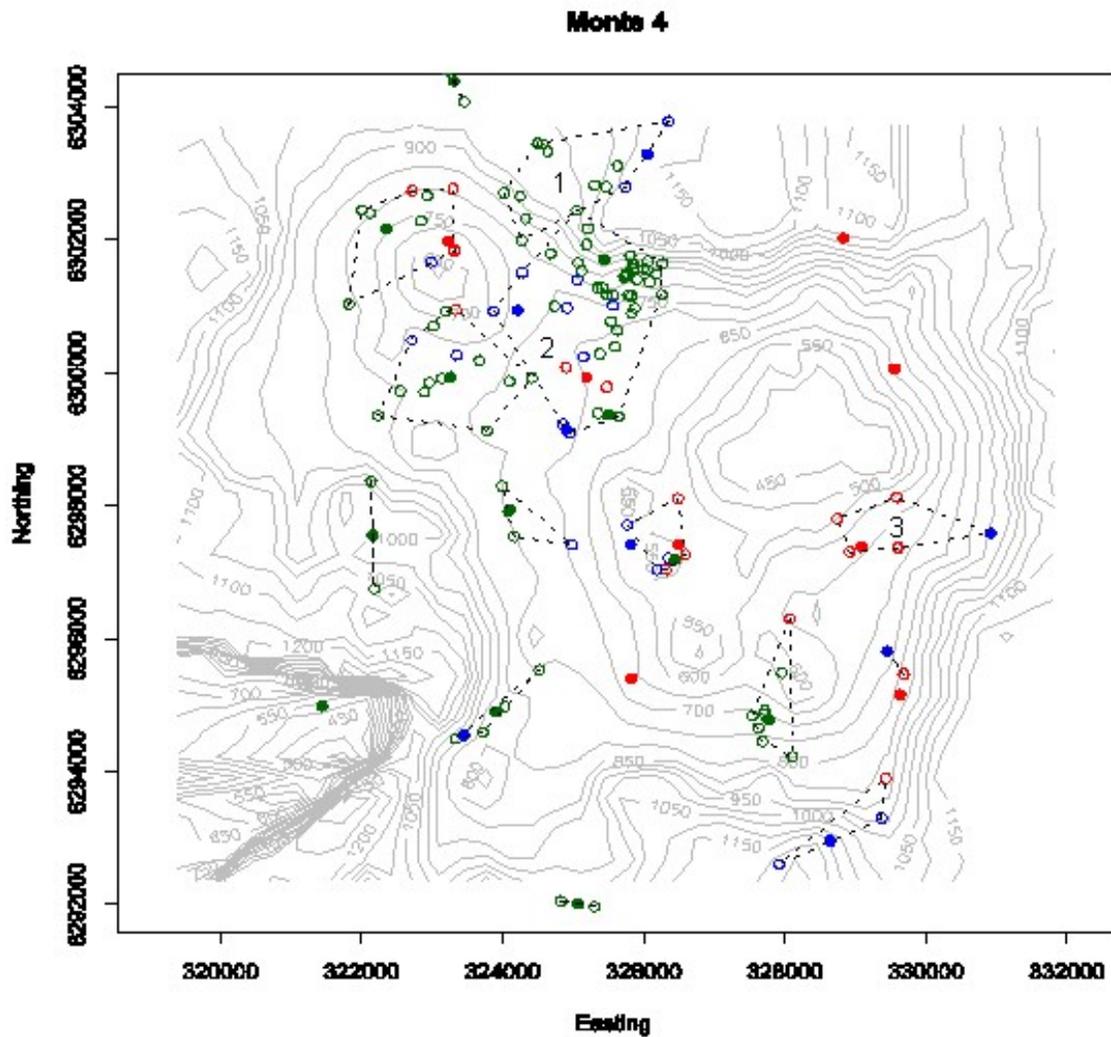


Figura 34: Monte JF4: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●) , 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia < 1.852 m).

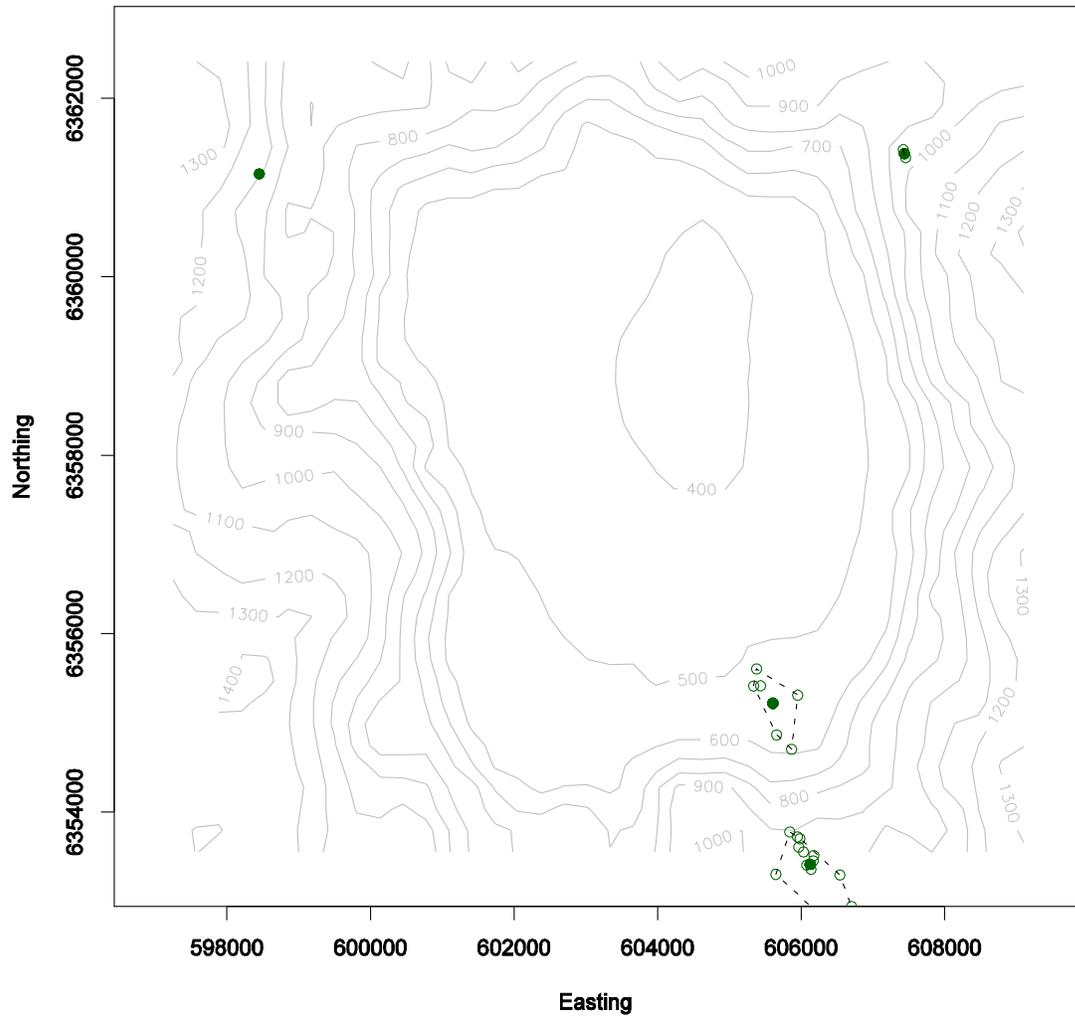


Figura 35: Monte BO1: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●) , 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia < 1.852 m).

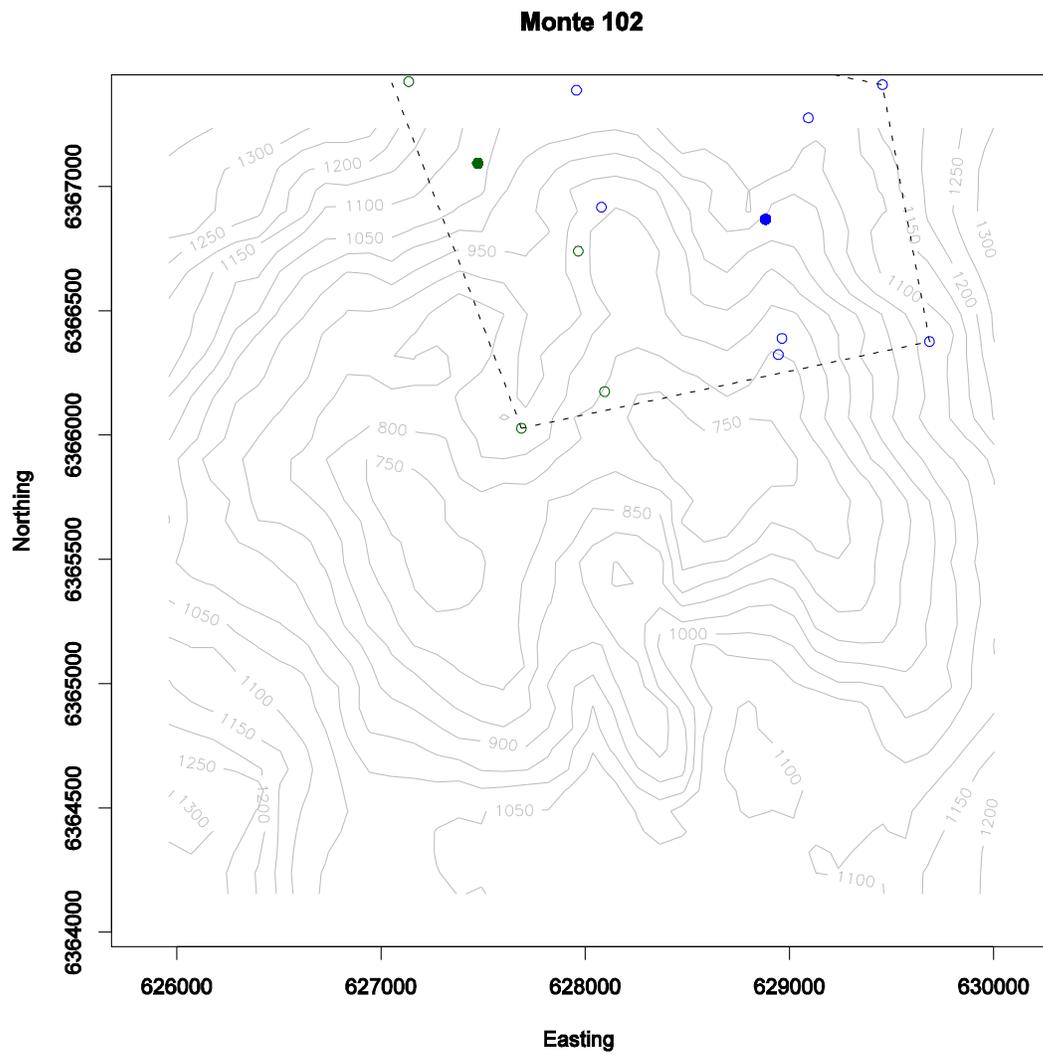


Figura 36: Monte BO2: Posición media de lances y centroides de los conglomerados de lances para los años 2002 (○, ●) , 2003 (○, ●) y 2004 (○, ●). Círculos sólidos y huecos indican centroides y lances, respectivamente. Línea punteada (---) indica conglomerados interanuales (distancia < 1.852 m).

Tabla 25: Conglomerados inter-anales, posición geográfica de sus centroides y proporción anual y pluri-anual de las capturas efectuadas dentro y fuera de las áreas por ellos definidas.

Monte	Conglomerado	Centroide inter-anual		Proporción captura anual (%)			Proporción captura 2002-2003 (%)	N Lances
		Latitud °S	Longitud °W	2002	2003	2004		
JF1	1	33,579	78,296	64%	20%	64%	61%	19
	2	33,524	78,351	7%		30%	17%	14
	3	33,536	78,333	27%		0%	13%	6
	4-10			1%	80%	6%	8%	11
JF2	1	33,487	77,640	70%		39%	22%	17
	2	33,512	77,701		23%	12%	17%	28
	3	33,510	77,650		13%	24%	16%	26
	4	33,429	77,607	9%	27%	1%	15%	30
	5-20			20%	37%	23%	30%	51
JF3	1	33,374	77,434		8%	77%	47%	27
	2	33,395	77,384	77%	91%	1%	37%	40
	3-9			23%	2%	22%	17%	53
JF4	1	33,405	76,884		1%	63%	41%	49
	2	33,426	76,895	28%	33%	11%	18%	25
	3	33,468	76,843	50%	0%		12%	8
	4-13			23%	65%	26%	30%	51
BO1	1	32,945	73,870			91%	91%	19
	2-3					8%	8%	3
BO2	1	32,833	73,638		100%	100%	100%	15

#### *Distribución de la abundancia relativa (densidad) por zonas y batimetría*

Los resultados del análisis geo-estadístico indican diferencias significativas en la densidad estimada de las agregaciones observadas en los distintos montes y estratos de profundidad. La comparación por pares entre montes indicó que el monte Bajo O'Higgins 1 presentó en 2004 las mayores densidades de todas las zonas estudiadas (Figura 37), alcanzando a los 3.000 gm<sup>-2</sup>.

En términos batimétricos, se observó una relación significativa entre densidad y profundidad media de los ecotrazos (Figura 38), lo que fue evidente en la mayoría de los análisis de densidad por monte (Figuras 39 a 44), con la excepción de los montes JF3 (Figura 41) y BO1 (Figura 43). El monte JF3 es el monte más profundo y no posee estratos <600 m. En el monte BO1 se contó con un reducido número de muestras (ecotrazos).

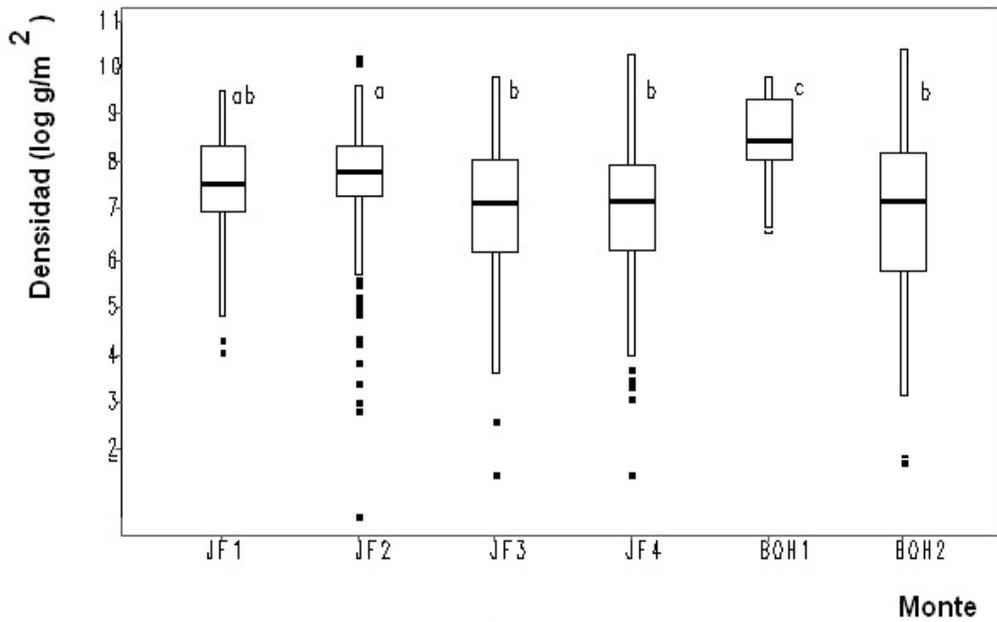


Figura 37: Logaritmo de la densidad ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de las agregaciones reproductivas de orange roughly, observadas acústicamente en los montes estudiados

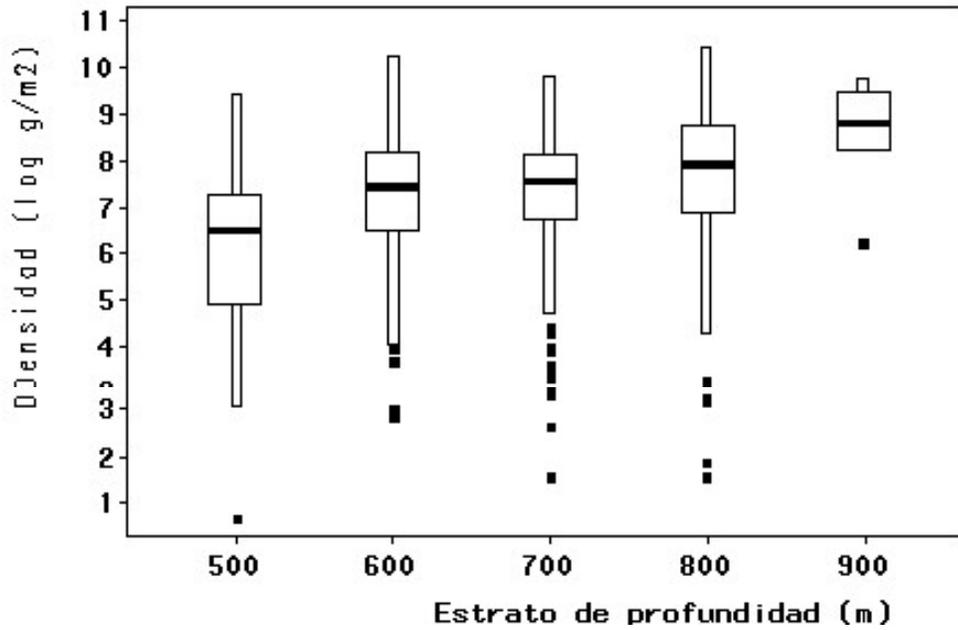


Figura 38: Logaritmo de la densidad ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de las agregaciones reproductivas de orange roughly, por estrato de profundidad.

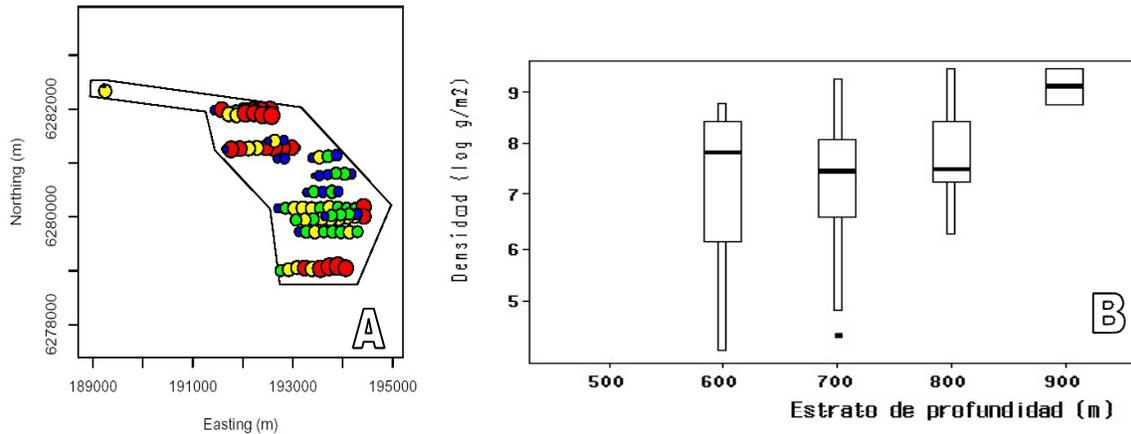


Figura 39: Distribución espacial (A), y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, observadas acústicamente en el monte JF1.

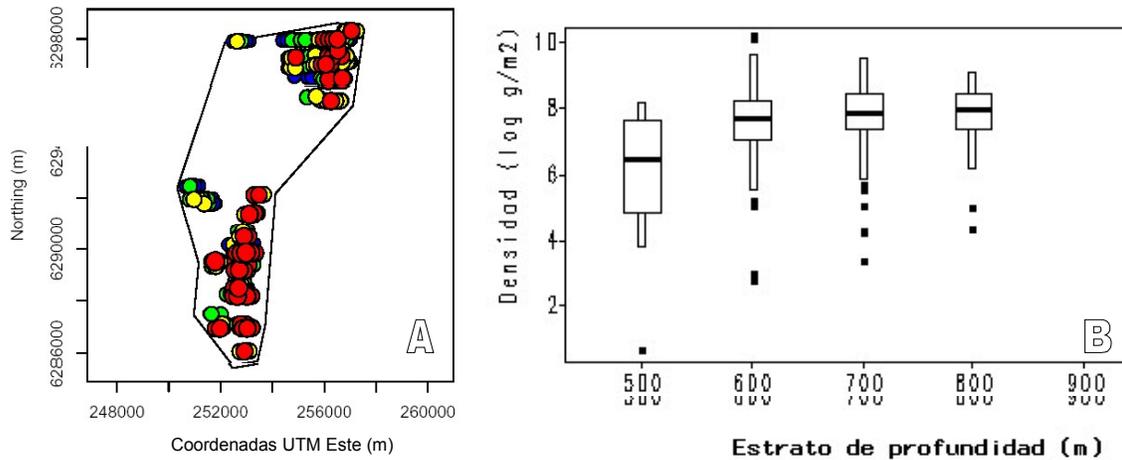


Figura 40: Distribución espacial (A), y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, observadas acústicamente en el monte JF2.

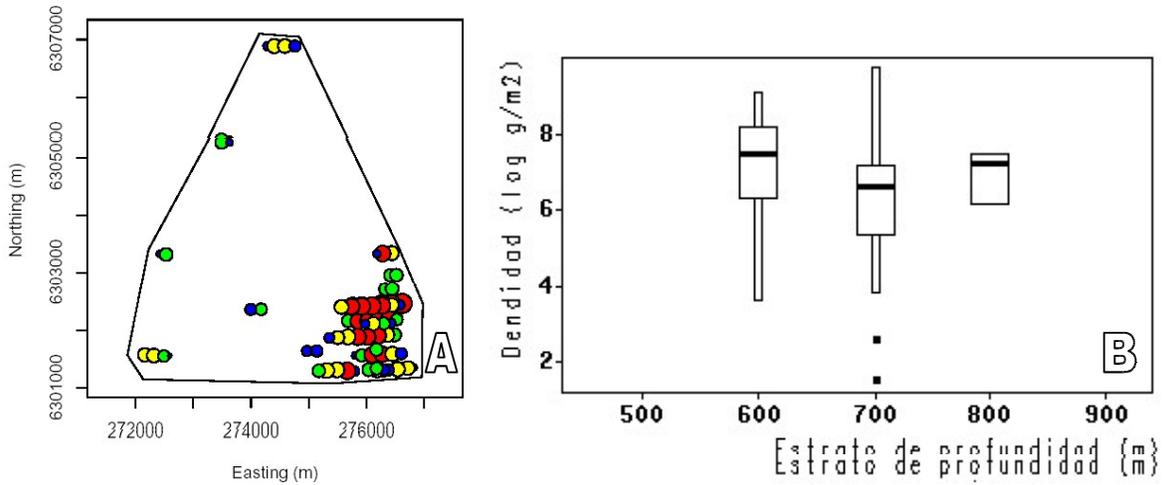


Figura 41: Distribución espacial (A), y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, observadas acústicamente en el monte JF3.

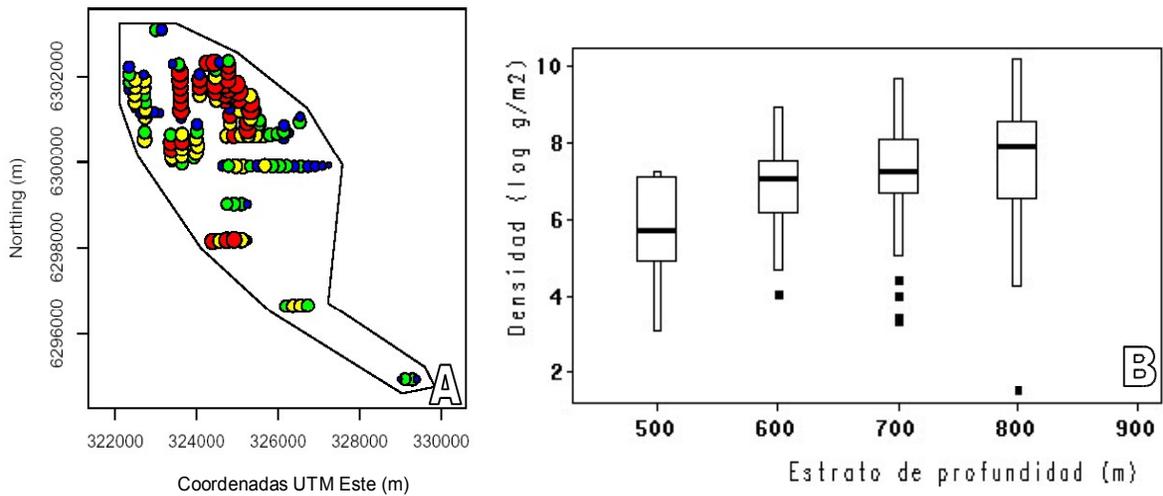


Figura 42: Distribución espacial (A), y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy, observadas acústicamente en el monte JF4.

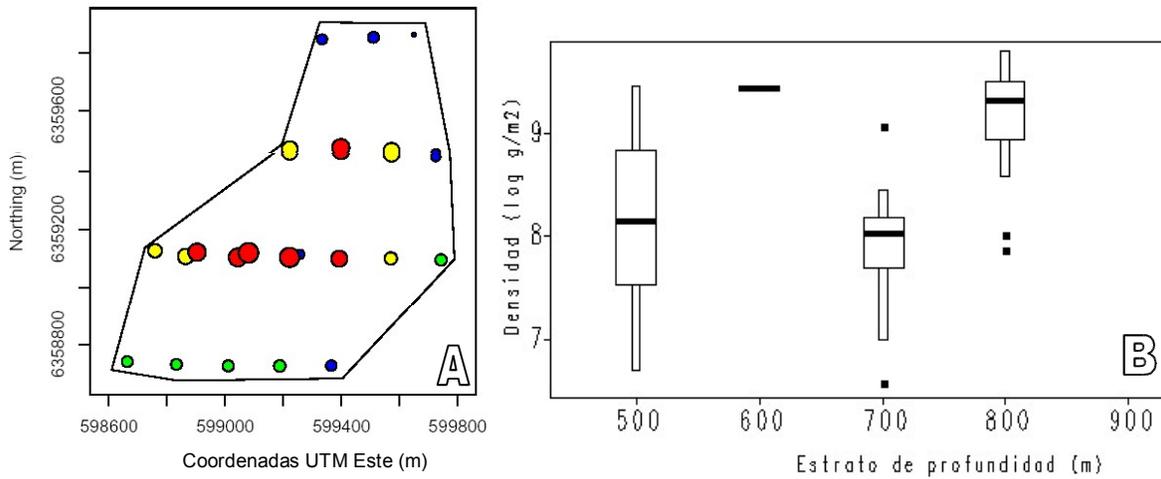


Figura 43: Distribución espacial (A), y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy observadas acústicamente en el monte BOH1.

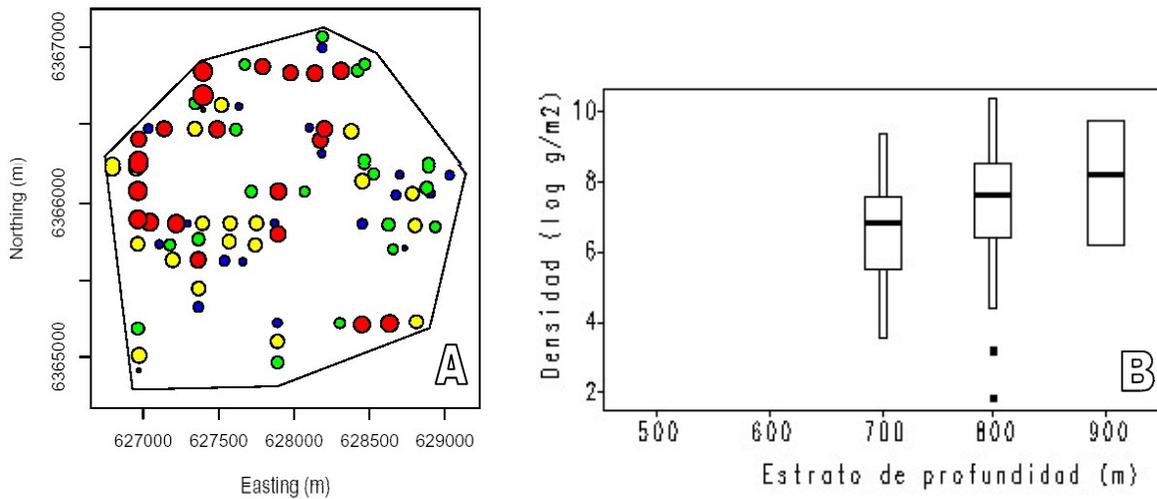


Figura 44: Distribución espacial (A), y batimétrica (B), del logaritmo de la densidad ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de las agregaciones reproductivas de orange roughy observadas acústicamente en el monte BOH2.

*Objetivo 5:* Análisis cualitativo de la composición de la ictiofauna presente en las eco-agregaciones identificadas durante la ejecución del proyecto.

En los 100 lances analizados durante el presente estudio, se identificó un total de 48 especies (), de las cuales menos de 25 dan cuenta de más del 90 % del total, donde *Etmopterus granulosus* (tollo lucero o tolo narigón negro) y *Gadella obscurus* suman el 54.2% (Tabla 26).

El análisis realizado sobre la fauna concurrente del estudio conducido durante el año 2003, arrojó una situación similar a la observada durante el 2004, tanto en las cantidades totales como en la concentración de especies. En 60 lances se identificó 47 especies, de las cuales 20 representaron el 99,83 % del total.

Tabla 26. Listado de especies, porcentajes de abundancia y porcentaje acumulativos.

Especies	%	%Acum.
<i>Etmopterus granulosus</i>	27,5	27,5
<i>Gadella obscurus</i>	27,2	54,8
<i>Helicolenus lengerichi</i>	5,1	59,8
<i>Caelorinchus canus</i>	4,3	64,1
<i>Coryphaenoides subserrulatus</i>	4,4	68,5
<i>Macruronus magellanicus</i>	3,1	71,6
<i>Hydrolagus macrophthalmus</i>	2,8	74,4
<i>Plagiogeneion</i> sp	2,1	76,6
<i>Mora moro</i>	1,8	78,3
<i>Nezumia pudens</i>	1,9	80,3
<i>Beryx splendens</i>	1,6	81,8
<i>Emmelichtis nitidus</i>	1,7	83,5
<i>Sebastes capensis</i>	1,6	85
<i>Caelorinchus chilensis</i>	1,3	86,3
<i>Apristurus brunneus</i>	1,2	87,5
<i>Macrourus holotrachys</i>	0,9	88,3
<i>Serrivomer beanii</i>	0,8	89,1
<i>Chauliodus sloani</i>	0,7	89,8
<i>Lepidion</i> sp	0,6	90,4
<i>Caelorinchus kaiyomaru</i>	0,7	91,1
<i>Caelorinchus aconcagua</i>	0,7	91,7
<i>Idiacanthus atlanticus</i>	0,7	92,4
<i>Bajacalifornia megalops</i>	0,7	93,1
<i>Nezumia stelgidolepis</i>	0,5	93,6

<i>Stomias affinis</i>	0,5	94,1
------------------------	-----	------

Considerando la información de ambos años, se observó 74 especies: 9 peces cartilagosos y 65 peces óseos. De éstos, un 39 % (29 especies), solo apareció una vez en los lances (Tabla 27) . Producto de lo anterior, no se observa un patrón constante, expresado como asociaciones fuertes entre especies. Es evidente que la cantidad se ha hecho dependiente del esfuerzo de muestreo.

Tabla 27: Frecuencia de aparición de las especies en los muestreos realizados durante 2003 y 2004.

Frecuencia	Número de especies	%
4	7	10
3	11	15
2	27	36
1	29	39
Total	74	100

### *Asociaciones de especies*

En las muestras de 2003, la mayor afinidad entre las especies que componen la fauna concurrente se dió entre *Paralepsis atlántica* y *Chauliodus sloani*. Otro grupo permanente lo conforman varios peje-ratas (*C. fasciatus* y *C. subserrulatus*) a los que se les agrega un tiburón del género *Centroscyllium*; este conjunto se complementa con otras dos especies demersales típicas de media agua, *Lotella fernandeziana* y *Nezumia pudens*; el grupo se completa con el alfonsino, *Beryx splendens*. Las asociaciones entre las otras distintas especies ocurren a valores menores de correlación, su permanencia en el tiempo es parte de las interrogantes que deben seguir desarrollándose (Figura 45).

El año 2004 se observa una situación muy parecida al año anterior (Figura 46). Al existir un mayor número de lances, se ensayó una herramienta más habitual en ecología de comunidades, como es el índice de Bray-Curtis, en donde no influyen los dobles ceros. Como era esperable, la asociación más fuerte se produce entre las dos especies más abundantes (excluyendo las especies objetivo), *Gadella oscurus* y *Etmopterus granulosus*. En esta oportunidad *Chauliodus sloani* aparece asociado a *Serrivomer beanii*. Un grupo interesante lo forman algunas formas más pelágicas y de menor batimetría como *Helicolenus lengerichi*, *Plagiogenion* sp., *Sebastes capensis* (= *S. oculatus*), *Emmelichthys nitidus* a los que se agregan *Caelorinchus canus* y *Nezumia pudens*, especies algo más de fondo que las anteriores.

Considerando todos los lances de pesca analizados (2003 y 2004), pareciera ser más importante la cercanía estacional (año) que la sola cantidad de especies o el barco utilizado.

### *Diversidad íctica: zonas*

Al agrupar los lances en 7 zonas, se observa que la mayor parte se efectuó las Zonas 2 (JF2), 3 (JF3) y 4 (JF4) (Tabla 13). Los valores mejor soportados (por cantidad de muestras=lances) corresponden a aquellos de las Zonas 1 (JF1) a la 4 (JF4). La Zona1 es el área de pesca que se muestra mayor diversidad, seguida por las Zonas 2 y 4. La Zona 3 muestra una disminución importante respecto de las Zonas 1, 2 y 4, pese a contar con mayor número de lances. Valores inferiores observados en las Zonas 5 (JF5), Zona101 (BOH1) y Zona102 (BOH2), probablemente se deben a un defecto muestral, debido al reducido número de lances (Figura 47).

Se observa buena correspondencia entre las Zonas 1 y 2 y entre las Zonas 3 y 4. Las demás aparecen sin asociarse, pero bien podría deberse simplemente al bajo número de lances entre cada una de ellas (Figura 48).

Como patrón general de abundancia, las Zonas 2, 3 y 4, se encuentran claramente dominadas por dos especies: *Etmopterus granulosus* (tollo narigón) y *Gadella obscurus* (brotulín) (). En la Zona 1 las especies con mayor abundancia son *Helicolenus legerichi* (chancharro), *Gadella obscurus* (brotulín) y *Caelorinchus canus* (pez rata, granadero)

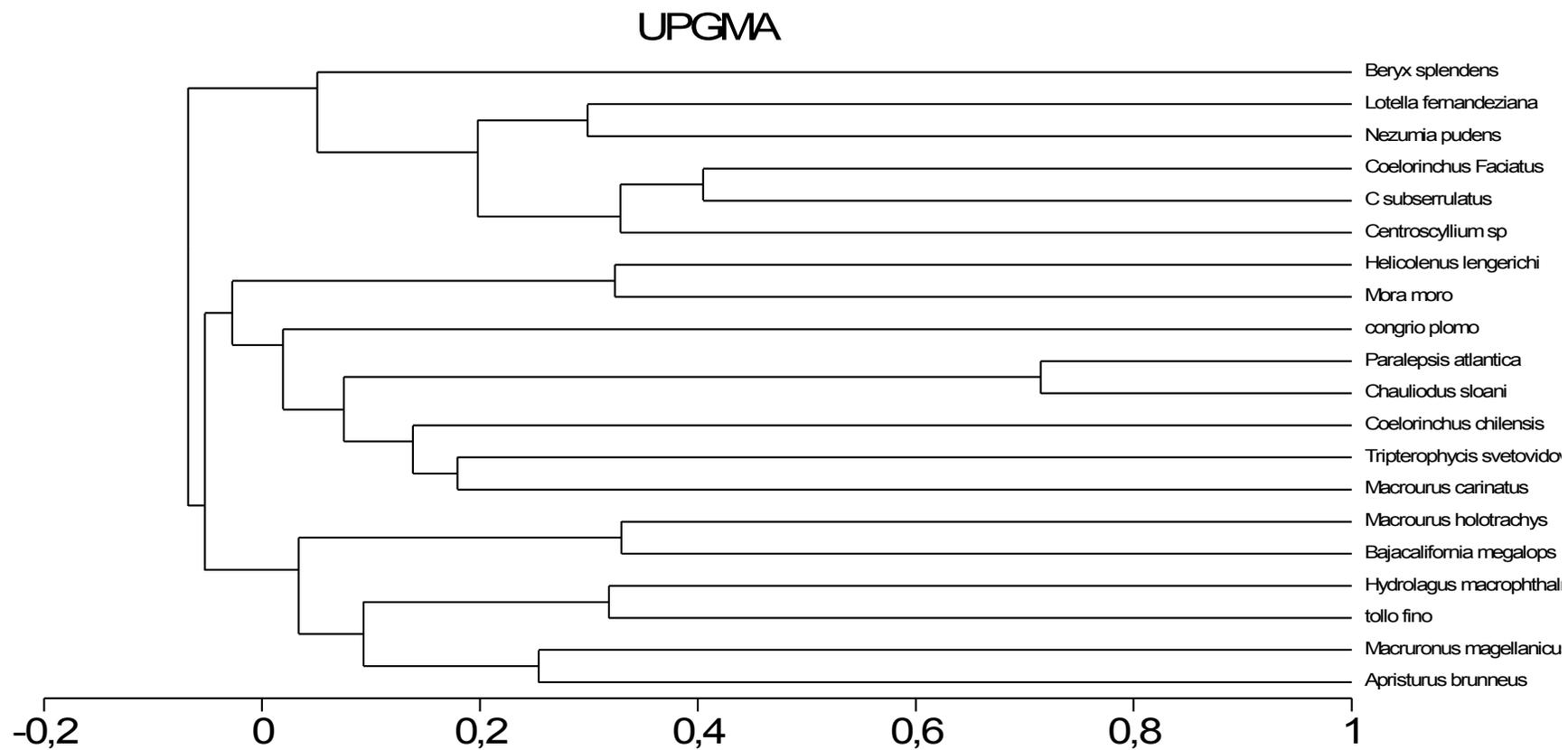


Figura 45: Asociaciones entre las distintas especies capturadas en 2003 como fauna concurrente de la pesquería de Orange roughy en el área de Juan Fernández. UPGMA. Análisis de clúster de coeficiente de Spearman- datos transformados  $\log(e)$ .

Bray-Curtis Cluster Analysis (Simple Average Link)

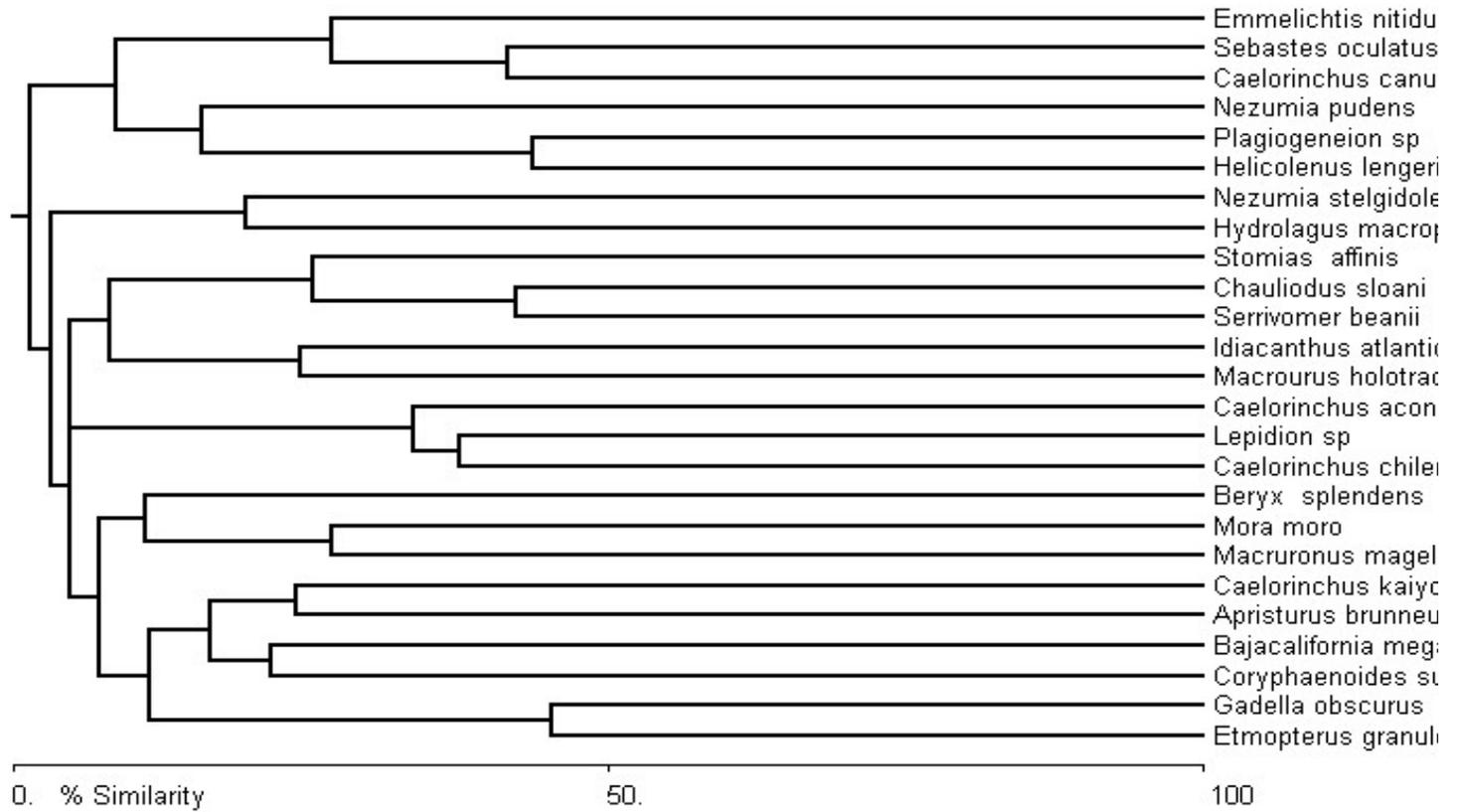


Figura 46: Asociaciones entre las distintas especies capturadas en 2004 como fauna concurrente de la pesquería de Orange roughy en el área de Juan Fernández (% de similitud). Análisis de clúster Bray-Curtis.

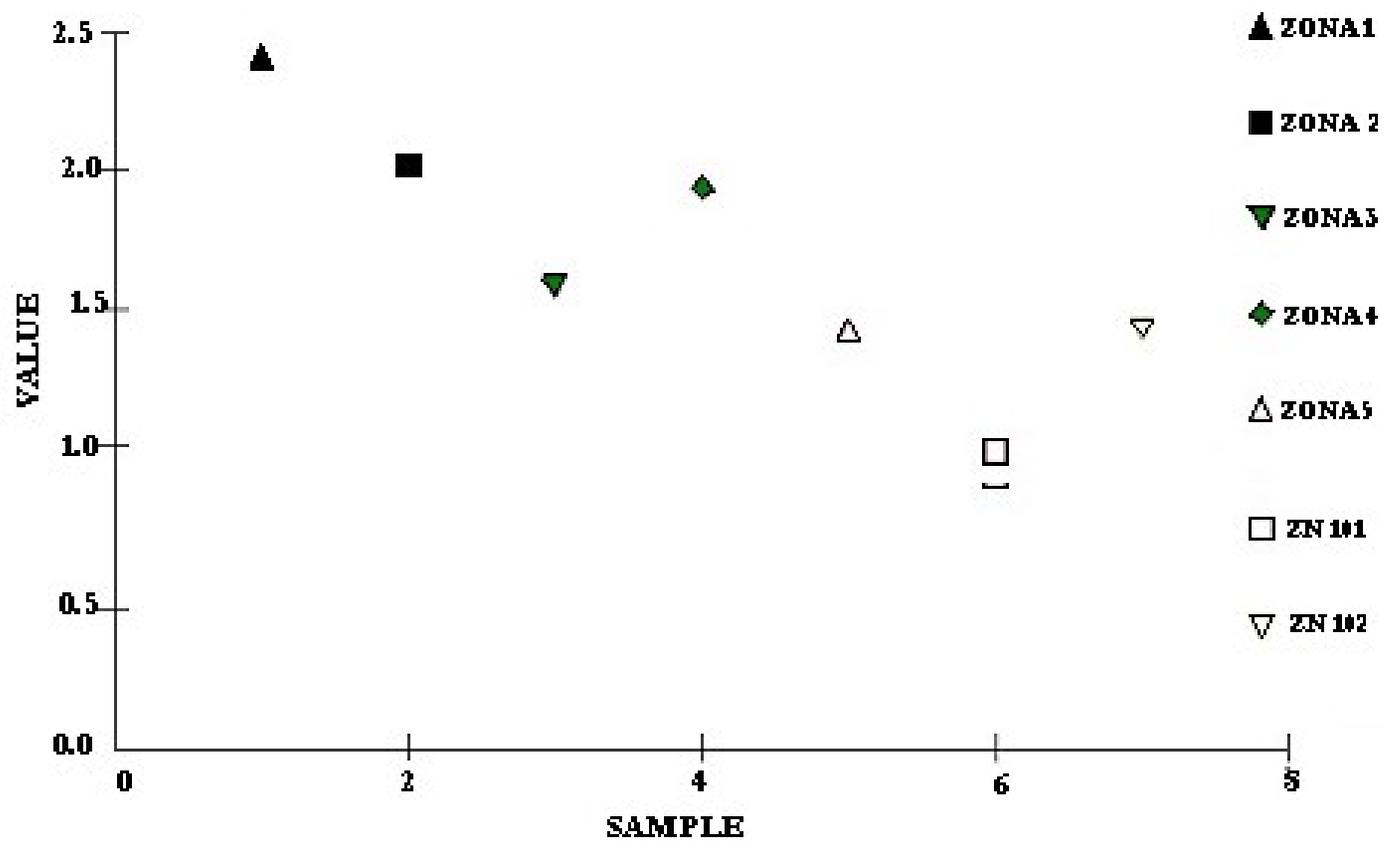


Figura 47: Comportamiento de la diversidad específica en las distintas zonas (montes) de pesca. Índice de Shannon.



### *Diversidad íctica: profundidad*

A diferencia de lo ocurrido con el comportamiento de la diversidad específica según zonas, al analizar la situación por profundidad se puede observar constancia en los niveles de diversidad (Figura 49), a pesar de la desigualdad en la cantidad de lances que soporta el valor de cada profundidad.

A pesar de que se agruparon por rangos de profundidad, lances provenientes de distintas zonas de pesca, es notable la correspondencia en las asociaciones entre rangos consecutivos. Así, las profundidades 1 y 2 (hasta los 600m) aparecen asociadas y separadas de todo el resto, en tanto que las profundidades 3, 4 y 5 (entre 600 y 900 m) se presentan fuertemente asociadas (Figura 50).

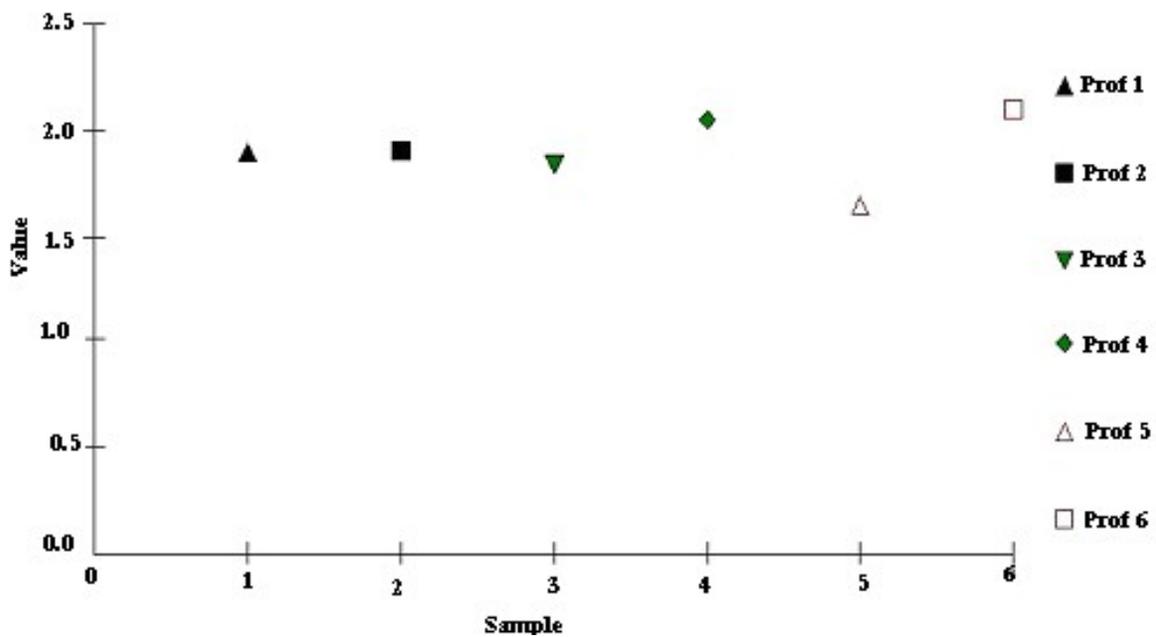


Figura 49: Comportamiento de la diversidad específica en las distintas profundidades de pesca. índice de Shannon.

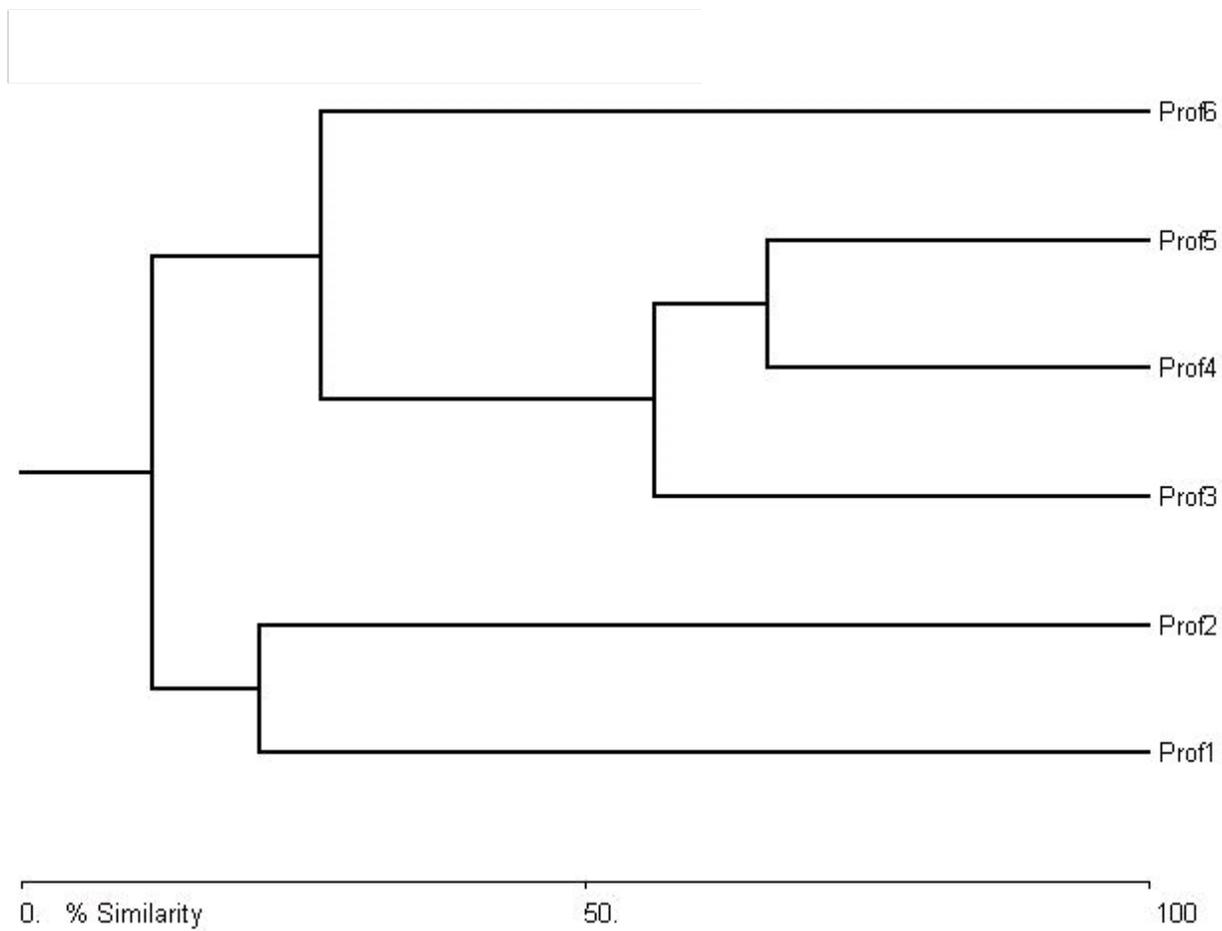


Figura 50: Porcentaje de similitud por profundidad. Análisis de clúster Bray-Curtis.



formalmente esta incerteza en el modelo de error, el coeficiente de variación aumenta notablemente de 14 a 21%

Un aspecto que llamó la atención durante 2004 fue la reducción observada en el esfuerzo pesquero, y que se debió a decisiones privadas de las empresas participantes en la pesquería. Información empírica de patrones de pesca y observadores científicos indica que las agregaciones de orange roughy son altamente inestables y sensibles a las operaciones de barcos en el área. A esto se suma una conducta de escape caracterizada por un rápido acercamiento al fondo marino, es decir a la zona acústicamente “oscura”. En otras palabras, la menor presencia de buques pesqueros en los caladeros de orange roughy durante 2004 podría haber significado una mayor “detectabilidad” del recurso.

Otra pieza de evidencia relacionada con un posible efecto del esfuerzo sobre la detectabilidad del recurso es que el número promedio de ecotrazos de orange roughy por prospección en 2004 fue cerca de un 50% del número promedio observado en 2003. Sin embargo la biomasa representada por los ecotrazos detectados en 2004 fue, en promedio, más del doble de la biomasa estimada para los ecotrazos detectados en 2003. Considerando los antecedentes anteriores, y a fin de reducir la incerteza derivada de la perturbación de las agregaciones, se sugiere evitar todo esfuerzo pesquero en las 24 h anteriores a la realización de transectas destinadas a la evaluación de un determinado caladero.

La combinación de actividades científicas y comerciales demostró ser beneficiosa para la investigación y no afectó significativamente la actividad comercial del *Betanzos*, el cual logró una captura compatible con las expectativas del armador. A través de este esfuerzo colaborativo fue posible alcanzar, e incluso exceder, la cobertura espacial y temporal de transectas planificadas *a priori*, con la sola excepción de Bajo O’Higgins. En especial, se facilitó notablemente la identificación directa de especies (lances de identificación), llegando a identificar un 47% de los ecotrazos en 2004. En 2003, en cambio, el crucero hidroacústico se realizó en un buque no apropiado para la pesca de arrastre de profundidad y se requirió de la colaboración de otros buques de la flota industrial. Bajo este último esquema solo un 24% de los ecotrazos pudo ser identificado directamente en 2003 y se debió depender más fuertemente de un modelo probabilístico de distribución de especies.

La presente evaluación es la segunda de una serie de datos, cuya aplicación directa al manejo requerirá de ser continuada en el tiempo. Aún considerando lo corto de la serie, las bases de datos generadas en Juan Fernández durante 2003 y 2004 poseen gran relevancia nacional e internacional. Lo anterior dada la existencia de una serie paralela de datos hidroacústicos de la propia flota y, particularmente, por el prolongado tiempo de permanencia sobre los sectores de concentración de este recurso, llegando a 45 días efectivos en el mar en 2003 y 65 días en 2004. De este esfuerzo se espera lograr un avance significativo en el conocimiento de la dinámica espacial y temporal de las agregaciones de este recurso.

## CONCLUSIONES

- La evaluación hidroacústica realizada durante el presente estudio, logró los objetivos de cobertura temporal y precisión definidas para el estudio, con excepción del sector Bajo O'Higgins.
- La combinación de actividades de pesca con actividades de investigación y el uso de una plataforma estable y de presencia continua en el área de estudio (buque congelador) contribuyó a mejorar la calidad de los resultados obtenidos.
- Incorporando explícitamente la incerteza existente respecto a la fuerza de blanco de la especie estudiada, se estimó una biomasa de 25.300 ton  $\pm$  24% (CV) para el sector de Juan Fernández y de 5.800 ton  $\pm$  42% (CV) para los montes de Bajo O'Higgins.
- La biomasa estimada corresponde a una abundancia estimada de 17,4 millones de individuos  $\pm$  21% (CV) para toda el área de estudio.
- Se considera que la biomasa y abundancia estimadas representan *la fracción del stock desovante de orange roughy presente y detectable en el área de estudio durante el período reproductivo 2004*.
- Los valores absolutos de los estimados de biomasa y abundancia de los montes de Juan Fernández fueron un 8% y 0,8% inferiores en 2004 respecto de 2003. Sin embargo, dada la incerteza  $\sim$ 21%, estas diferencias no alcanzan a ser significativas.
- La proporción sexual ponderada y ajustada, correspondió a un 52% de hembras entre los peces capturados, mostrando diferencias significativas entre montes, entre meses y entre estratos de profundidad.
- La talla promedio combinada para todos los montes y ambos sexos alcanzó a 45,9  $\pm$  0,16 cm (longitud horquilla). Se observó diferencias significativas entre sexos y entre montes.
- Se obtuvo avances importantes, aunque aún insuficientes, en el desarrollo de metodologías hidroacústicas que permitan discriminar entre orange roughy y alfonsino.

## RECOMENDACIONES

- Continuar y, si es posible, expandir el presente estudio, de manera de contar con series temporales de datos biológicos, de operación de la flota (capturas), hidroacústicos y ecosistémicos. Estos antecedentes son imprescindibles para ajustar las estimaciones de biomasa, delimitar mejor las fuentes de incerteza y contribuir efectivamente al manejo de la pesquería.
- Asignar prioridad especial a la estimación de la fuerza de blanco del (los) stocks chilenos de orange roughy y su dependencia de la talla y otras variables biológicas o conductuales de relevancia.
- Continuar el desarrollo de aproximaciones hidroacústicas para la discriminación de ecotrazos, particularmente orange roughy y alfonsino.
- Continuar y perfeccionar los estudios destinados a evaluar la dinámica de micro y meso-escala de las agregaciones reproductivas.
- Tomar en cuenta la evidencia obtenida sobre el desplazamiento potencial de los cardúmenes de orange roughy (0,2 nudos) en el diseño de nuevos cruceros de evaluación.

- Adoptar el método geoestadístico desarrollado en 2004, como herramienta principal de estimación de biomasa y abundancia en sucesivas evaluaciones hidroacústicas de este recurso.
- Profundizar y mejorar los criterios utilizados para la identificación de caladeros y para la modelación de la correlación espacial y temporal existente entre prospecciones sucesivas.

## REFERENCIAS

- Arana, P.M. & R. Vega. 2000. Longline exploratory fishing survey in deep waters around Robinson Crusoe island (Juan Fernandez archipelago), Chile. *Investig. mar.* 28: 219-230.
- 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. 1999. Computations of the Acoustic Dead Zone (ADZ) for a realistic transducer (Simrad ES38 DD) above horizontal and inclined smooth seabeds. In: Doonan, I., Coombs, R., Barr, R., Mc Clatchie, M., Grimes, P., Hart, A., Tracey, D. and P. Mc Millan. estimation of the absolute abundance of orange roughy on the Chatham Rise. Final Research Report for Ministry of Fisheries Research Project ORH9701. Appendix 1. pp. 11.
- Boyer, D., C. Kirchner, M. McCallister, A. Staby & B. Staalesen. 2001. Orange roughy fishery of Namibia: lessons to be learned about managing a developing industry. *S. Afr. J. mar. Sci.* 23: 205-222.
- Boyer, D., E. Niklitschek, I. Hampton, J. Nelson, M. Soule, A. Lafon & H. Boyer. 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). pp. 95, Universidad Austral de Chile/Fisheries Resource Surveys, Cape Town, South Africa.
- Branch, T. 2001. A review of orange roughy *Hoplostethus atlanticus* fisheries, estimation methods, biology and stock structure. *S. Afr. J. mar. Sci.* 23: 181-204.
- Cressie, N.A.C. 1991. *Statistics for Spatial Data*. John Wiley and Sons, Inc., New York. 900 p.
- Coetzee, J. 2000. Use of a shoal analysis and patch estimation system (SHAPES) to characterize sardine schools. *Aquatic Living Resources* 13: 1-10.
- Cressie, N.A.C. 1991. *Statistics for Spatial Data*. John Wiley and Sons, Inc., New York. 900 pp.
- Diner, N. 1998. Correction on school geometry and density. *ICES .C.M. B:1*.
- Doonan, I., B. Bull, A. Dunford, R. Coombs, D.M. Tracey & A. Hart. 2001. Acoustic estimates of the biomass of aggregations of orange roughy in the spawning box and the Northeastern and Eastern hills. Niwa, Chatham Rise.

- Doonan, I., R. Coombs & B. Bull. 2003. Star acoustic surveys of localized fish aggregations. *ICES J. mar.Sci.* 60: 132-146.
- Douglas, R.H. & J.C. Partridge. 1997. On the visual pigments of deep-sea fish. *J. Fish Biology* 50: 68-85.
- Foote, K.G. 1982. Optimizing cooper spheres for precision calibration of hydroacoustic equipment. *J. Acoust. Soc. Am.* 71: 742-747.
- Foote, K.G. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. *J. Acoust. Soc. Am.* 82: 981-987.
- Frank, T.M. & E.A. Widder. 1994. Comparative study of behavioral-sensitivity thresholds to near-UV and blue-green light in deep-sea crustaceans. *Mar. Biol.* 121: 229-235.
- Gili, R., L. Cid, H. Pool, Z. Young, D.M. Tracey, P. Horn & P. Marriot. 2002. Estudio de edad, crecimiento y mortalidad natural de los recursos orange roughy y alfonsino. Fondo de Investigación Pesquera, Chile, Valparaiso. FIP 2000-12. 129 p.
- Hampton, I. & M. Soule. 2002. Acoustic survey of orange roughy biomass on the north east Chatam Rise. pp. 63, Marine Fisheries Surveys Pty Limited, Nelson, NZ.
- Jolly, G.M. & I. Hampton. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 47: 1282-1291.
- Kloser, R.J., T.E. Ryan, A. Williams & M. Soule. 2002. Development and implementation of an acoustic survey for orange roughy in the Chatham Rise spawning box from a commercial factory trawler, Amaltal Explorer. pp. 87, CSIRO, Hobart, Australia.
- Lawson, G.I., M. Barange & P. Freón. 2001. Species identification of pelagic fish schools on the South African continental shelf using acoustic descriptors and ancillary information. *ICES Journal of Marine Science* 58: 275-287.
- Littel, R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup & R.D. Wolfinger. 1996. SAS system for mixed models. Sas Institute Inc., Cary, N.C. 633 pp.
- Mac Lennan, D. & E.J. Simmonds. 1995. Fisheries Acoustics. Chapman & Hall, London. 325 pp.
- Nero, R.W. & J.J. Magnuson. 1989. Characterization of patches along transects using high-resolution 70-kHz integrated acoustic data. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 46: 2056-2064.
- Niklitschek, E., R.J. Kloser, T.E. Ryan & D. Segura. 2003. Acoustic data from commercial vessels operating in the Chilean orange roughy fishery. Universidad Austral de Chile-CSIRO, Hobart. CT 03-01. 7 p.
- Pebesma, E. 2004. Multivariate geostatistic in S: the gstat package. *Computers & Geosciences*: 683-691.
- Reid, D.G. & E.J. Simmonds. 1993. Image analysis techniques for the study of fish school structure from acoustic survey data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 886-893.

- Ribeiro Jr., P.J. & P.J. Diggle. 2001. A package for geostatistical analysis. R-New 1: 1600-3631.
- Sawada, K. & N. Williamson. 2003. Matlab(c) coding for Stanton (1982)'s model of transducer motion effects upon directivity integral, *pers. comm.*
- Searle, S.R. 1987. Linear models for unbalanced data. Wiley, New York (USA). 536 p.
- Stanton, T.K. 1982. Effects of transducer motion on echo-integration techniques. J. Acoust. Soc. Am. 72: 947-949.
- Young, Z., F. Balbontín, J. Rivera, M. Ortego, R. Tascheri, M. Rojas & S. Lillo. 2000. Estudio biológico pesquero del recurso orange roughy, pp. 73, Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, Chile.
- Young, Z., C. Canales & M. Montecinos. 2002. Investigación CTP orange roughy 2003. pp. 44, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaiso, Chile.

## ANEXO I. Configuración de ecosondas

Tabla 1. Configuración de los ecosondas de las diferentes embarcaciones.

Barco (Ecosonda)	Bonn (EK60)	FrioSur IX (EK60)	Pelagos II (ES60)	Betanzos (ES60)
Diálogo de operación				
Ping rate	Maximun	Maximun	Maximun	Maximun
Configuración Transceiver				
Power (W)	2.000	2.000	2.000	2.000
Pulse length (ms)	2,048	2,048	2,048	2,048
Frecuency (Hz)	38.000	38.000	38.000	38.000
Beam Type	Split	Split	Split	Split
Gain (dB)	26,5	24,88	26,5	26,5
2-way beam angle (dB)	-20,60	-20,60	20,60	-20,60
Sa Correction (dB)	0,00	-0,40	0,00	0,00
Absorption (dB/km)	9,75	9,75	9,75	9,75
Bandwidth (Hz)	1.448	1.448	1.448	1.448
Sound velocity (m/s)	1.500	1.500	1.500	1.500
Sample interval (m)	0,3840	0,3840	0,3840	0,3840
Angle sensitivity (ambos)	21,9	21,9	21,9	21,9
3 dB beamw. Along ( ° )	7,06	6,80	7,10	7,10
3 dB beamw. Athwart (°)	6,96	6,74	7,10	7,10
Angle offset along (°)	-0,11	-0,09	0	0
Angle offset athwart (°)	0,08	0,02	0	0
Dialogo Ecograma				
Surface manual	On	On	On	On
White-line	Off	On	Off	Off
20 log R	On	On	On	On (fish)
Ping filter	Off	On	On	Off
Diálogo detector de fondo				
Backstep Min. level (dB)	-50	-50	50	-50
Diálogo escala de colores				
20 log R TVG (dB)	-77	-76	-70	-73
Diálogo Medioambiente				
Saltwater (ppt)	35	35	35	Salt
Sound velocity (m/s)	1.500	1.500	1.500	1.500
Temperature	10	10	10	10
Dialogo BI500				
Echogram	On	On	On	Off
Start m	250	250	250	
Range m	1.000	1.000	1.000	

## ANEXO II. Composición de longitudes en las capturas muestreadas de orange roughy

Tabla 2: Frecuencias relativas mensuales de la longitud de horquilla de orange Roughy (*Hoplostethus atlanticus*) para cada monte.

Talla	BOH	JF1			JF2						JF3						JF4				
	Jul	May	Jun	Jul	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Abr	May	Jun	Jul	Ago
28	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0,01	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0,01	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0
34	0	0,02	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0
35	0	0,02	0,01	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0,03	0,01	0,02	0,02	0	0,01	0,01	0	0,04	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0
37	0,02	0,05	0,03	0,07	0	0,02	0,04	0,02	0	0,04	0	0,01	0,01	0	0,01	0	0,01	0,01	0	0,02	0,01
38	0	0,05	0,05	0,06	0,02	0,02	0,03	0,03	0	0	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02
39	0	0,11	0,1	0,08	0,03	0,06	0,09	0,06	0	0	0,01	0,03	0,05	0	0,04	0	0,03	0,04	0,07	0,07	0,03
40	0,04	0,11	0,1	0,12	0,11	0,07	0,12	0,11	0	0	0,03	0,06	0,03	0	0,07	0,02	0,05	0,09	0,06	0,03	0,05
41	0	0,15	0,11	0,07	0,12	0,09	0,1	0,1	0,13	0,09	0,04	0,05	0,07	0,09	0,06	0	0,06	0,08	0,11	0,07	0,08
42	0,09	0,05	0,14	0,12	0,14	0,12	0,12	0,12	0,13	0,17	0,06	0,1	0,1	0,07	0,07	0,06	0,09	0,11	0,08	0,17	0,11
43	0,13	0,12	0,09	0,02	0,13	0,14	0,12	0,15	0	0,22	0,08	0,09	0,14	0,09	0,12	0,13	0,12	0,14	0,1	0,14	0,11
44	0,02	0,03	0,08	0,07	0,14	0,13	0,07	0,09	0,25	0,04	0,15	0,1	0,18	0,07	0,12	0,1	0,12	0,11	0,07	0,06	0,14
45	0,13	0,04	0,08	0,04	0,04	0,09	0,12	0,09	0,13	0,09	0,09	0,08	0,07	0,18	0,1	0,04	0,09	0,08	0,1	0,04	0,11
46	0,15	0,02	0,05	0,02	0,09	0,05	0,04	0,06	0,19	0,04	0,12	0,1	0,08	0,04	0,1	0,12	0,09	0,08	0,12	0,1	0,11
47	0,13	0,08	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,19	0,04	0,07	0,06	0,06	0,02	0,09	0,04	0,08	0,04	0,05	0,07	0,07
48	0,17	0,05	0,08	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0	0,17	0,09	0,07	0,06	0,13	0,06	0,1	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
49	0	0,04	0,02	0,02	0,04	0,05	0,01	0,03	0	0	0,07	0,06	0,07	0,02	0,05	0,06	0,05	0,03	0,02	0,04	0,03
50	0,04	0,02	0	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0	0	0,08	0,08	0,06	0,04	0,04	0,06	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03

Tabla 29...continuación

Talla	BOH	JF1				JF2						JF3						JF4				
	Jul	May	Jun	Jul	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
51	0,04	0	0	0,01	0,02	0,01	0	0,01	0	0	0,04	0,03	0,03	0,07	0,02	0,06	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	
52	0,02	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0	0,04	0,02	0,02	0,01	0,07	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	
53	0	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0,03	0,01	0	0	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0	
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0,04	0,01	0,06	0	0	0,02	0,01	0	
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0,01	0,01	0	
56	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0,02	0	0	0	0	0	
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	

### Anexo III. Caracterización de estadios de madurez sexual.

Tabla 3. Escala macroscópica para determinar el estadio de madurez sexual de hembras y machos de orange roughy (Young et al. 2000).

Estadio	Denominación	Aspecto Macroscópico Hembras	Aspecto Macroscópico Machos
1	Inmaduro	Ovario pequeño ligeramente cilíndrico en un corte transversal, paredes muy delgadas, consistencia firme, color rosado pálido o rosado traslúcido, ovocitos no visibles a simple vista; corresponde a ovarios en estado virginal o inmaduros.	Testículo pequeño, forma de cinta o aplanado en un corte transversal; color rosado claro, traslúcido o ligeramente blanquecino. Incluye a machos que nunca se han reproducido y a inmaduros.
2	En maduración	Ovario de tamaño mediano, ocupa menos de un cuarto de la cavidad abdominal, color anaranjado pálido o anaranjado, ovocitos visibles a contraluz, como manchas anaranjadas (diámetro hasta de 1 mm); interior de aspecto granuloso.	Testículo de tamaño mediano; color grisáceo o bien blanquecino; al presionarlo no sale fluido seminal.
3	Maduro	Ovario grande, ocupa menos de la mitad de la cavidad abdominal; ovocitos de color anaranjado, de gran diámetro, mayores de 1 mm hasta 1,8 mm. Al final de este estadio el ovario presenta un aspecto moteado debido a la presencia de ovocitos hialinos (claros)	Testículo grande; color blanquecino; lóbulos en formación; al presionar el testículo sale fluido seminal viscoso, color blanco grisáceo.
4	En Desove	Ovario grande, de paredes delgadas que se rompen con facilidad; ocupa más de la mitad de la cavidad abdominal; turgente, ovocitos en su mayoría hialinos (claros), de más de 1,8 mm, pudiendo presentarse algunos ovocitos anaranjados. Los ovocitos fluyen libremente cuando se aplica una pequeña presión en el abdomen.	Testículo grande, ocupa gran parte de la cavidad del cuerpo; con grandes lóbulos que se rompen con facilidad; color blanco a amarillo marfil; el líquido seminal de color blanco fluye libremente cuando se aplica una pequeña presión en el abdomen o en el testículo.
5	Desovado y en Regresión	Ovario flácido; tamaño relativamente pequeño o mediano; ocupa un cuarto de la cavidad abdominal; persiste una moda de ovocitos de hasta 0,6 mm de diámetro; puede presentar algunos ovocitos hialinos residuales. En una etapa más avanzada, presenta paredes engrosadas, con la parte central del ovario (lumen) vacía, color rosado a anaranjado pálido. En esta etapa el ovario se recupera para iniciar un nuevo ciclo.	Incluye a machos que ya se han reproducido y el testículo se recupera para iniciar un nuevo ciclo. Testículo de tamaño mediano; color gris, presenta lóbulos de pequeño tamaño, con algo de líquido seminal. Al avanzar la regresión, no se observan los lóbulos y su tamaño es pequeño, aplanado. Color gris, con tonos café claro; en esta etapa no fluye líquido seminal. Consistencia dura.

## ANEXO IV. Captura y profundidad de lances de identificación exitosos

Tabla 4: Lances de identificación exitosos en monte JF1

Zona	Fecha	Barco	Marea	Lance	Profundidad		Captura (Kg)	
					Inicial	Final	Alfonsino	Orange roughy
1	25-05-04	Barco 4	29	3	830	710	0	1.695
1	13-06-04	Barco 4	30	13	670	790	0	3
1	13-06-04	Barco 4	30	14	656	828	0	3
1	14-06-04	Barco 4	30	15	607	756	0	3
1	14-06-04	Barco 4	30	16	723	907	0	3
1	15-06-04	Barco 4	30	17	649	774	0	3
1	18-06-04	Barco 1	27	2	741	806	0	91
1	18-06-04	Barco 1	27	3	684	783	0	15
1	01-07-04	Barco 3	3	18	642	995	0	325
1	05-07-04	Barco 3	3	27	1.286	1.374	0	163
1	05-09-04	Barco 3	3	222	476	427	4.680	0
1	08-09-04	Barco 3	3	230	331	364	2.990	0
1	08-09-04	Barco 3	3	234	321	439	130	0
1	09-09-04	Barco 3	3	235	334	330	78	0
1	09-09-04	Barco 3	3	236	354	531	962	0
1	09-09-04	Barco 3	3	237	356	371	52	0
1	11-09-04	Barco 3	3	243	351	357	1.690	0
1	11-09-04	Barco 3	3	244	350	362	130	0
1	11-09-04	Barco 3	3	247	287	328	1.482	0
1	11-09-04	Barco 3	3	248	292	295	8.918	0
1	11-09-04	Barco 3	3	249	279	335	676	0
1	11-09-04	Barco 3	3	250	287	337	1.326	0
1	12-09-04	Barco 3	3	251	289	335	546	0
1	12-09-04	Barco 3	3	253	278	288	1.014	0
1	12-09-04	Barco 3	3	254	277	326	858	0
1	12-09-04	Barco 3	3	255	278	328	754	0
1	12-09-04	Barco 3	3	256	309	349	286	0

Tabla 5: Lances de identificación exitosos en monte JF2

Zona	Fecha	Barco	Marea	Lance	Profundidad		Captura (Kg)	
					Inicial	Final	Alfonsino	Orange roughy
2	07-06-04	Barco 2	21	3	677	810	0	17.961
2	13-06-04	Barco 4	30	12	609	673	0	342
2	15-06-04	Barco 4	30	18	569	722	0	3
2	16-06-04	Barco 4	30	19	742	748	0	3
2	19-06-04	Barco 1	27	4	732	778	0	211
2	06-07-04	Barco 3	3	30	545	700	0	2.766
2	07-07-04	Barco 3	3	31	606	687	0	27.174
2	07-07-04	Barco 3	3	33	690	843	0	11.675
2	08-07-04	Barco 3	3	34	623	730	0	1.017
2	09-07-04	Barco 3	3	36	582	725	0	2.278
2	09-07-04	Barco 3	3	37	698	647	0	122
2	09-07-04	Barco 3	3	39	615	815	0	4.109
2	10-07-04	Barco 3	3	41	653	706	0	203
2	10-07-04	Barco 3	3	43	715	914	0	122
2	11-07-04	Barco 3	3	45	618	686	0	203
2	11-07-04	Barco 3	3	46	600	700	0	1.261
2	13-07-04	Barco 3	3	50	610	659	0	203
2	13-07-04	Barco 3	3	51	611	700	0	163
2	14-07-04	Barco 3	3	57	606	766	0	8.583
2	15-07-04	Barco 3	3	59	595	653	0	15.336
2	23-07-04	Barco 3	3	60	608	666	0	32.219
2	24-07-04	Barco 3	3	61	473	515	1.196	2.197
2	24-07-04	Barco 3	3	62	623	651	0	2.156
2	25-07-04	Barco 3	3	63	620	710	0	122
2	26-07-04	Barco 3	3	65	620	664	0	122
2	31-08-04	Barco 3	3	194	793	825	0	122
2	31-08-04	Barco 3	3	195	763	825	0	1.017
2	02-09-04	Barco 3	3	206	750	816	0	488
2	02-09-04	Barco 3	3	207	411	428	1.378	0
2	02-09-04	Barco 3	3	208	395	420	26	0
2	02-09-04	Barco 3	3	209	396	510	104	0

Tabla 32...continuación

Zona	Fecha	Barco	Marea	Lance	Profundidad		Captura (Kg)	
					Inicial	Final	Alfonsino	Orange roughy
2	03-09-04	Barco 3	3	216	801	827	0	610
2	12-09-04	Barco 3	3	258	790	852	0	41
2	12-09-04	Barco 3	3	259	417	510	1.846	0
2	15-09-04	Barco 3	3	276	717	817	0	81

Tabla 6: Lances de identificación exitosos en monte JF3

Zona	Fecha	Barco	Marea	Lance	Profundidad		Captura (Kg)	
					Inicial	Final	Alfonsino	Orange roughy
3	20-06-04	Barco 1	27	5	743	792	0	1.495
3	11-07-04	Barco 3	3	47	730	860	0	285
3	11-07-04	Barco 3	3	48	684	895	0	773
3	14-07-04	Barco 3	3	54	681	726	0	651
3	28-07-04	Barco 3	3	76	720	743	0	651
3	29-07-04	Barco 3	3	78	726	941	0	203
3	05-08-04	Barco 3	3	100	730	781	0	203
3	05-08-04	Barco 3	3	101	660	668	0	407
3	08-08-04	Barco 3	3	104	756	813	0	1.831
3	08-08-04	Barco 3	3	105	678	716	0	203
3	09-08-04	Barco 3	3	108	731	810	0	163
3	09-08-04	Barco 3	3	109	665	851	0	488
3	09-08-04	Barco 3	3	110	677	780	0	407
3	09-08-04	Barco 3	3	111	678	748	0	773
3	09-08-04	Barco 3	3	112	685	700	0	203
3	17-08-04	Barco 3	3	142	675	687	0	42.877
3	18-08-04	Barco 3	3	147	685	688	0	203
3	18-08-04	Barco 3	3	148	668	688	0	610
3	18-08-04	Barco 3	3	149	672	697	0	38.036
3	19-08-04	Barco 3	3	150	688	691	0	37.304
3	20-08-04	Barco 3	3	151	683	686	0	46.863
3	21-08-04	Barco 3	3	152	685	685	0	8.665

Tabla 33...continuación

Zona	Fecha	Barco	Marea	Lance	Profundidad		Captura (Kg)	
					Inicial	Final	Alfonsino	Orange roughy
3	22-08-04	Barco 3	3	153	670	680	0	25.628
3	22-08-04	Barco 3	3	155	660	690	0	285
3	24-08-04	Barco 3	3	167	676	689	0	25.832
3	24-08-04	Barco 3	3	168	689	742	0	1.058
3	25-08-04	Barco 3	3	171	675	688	0	48.531
3	26-08-04	Barco 3	3	173	676	686	0	325
3	26-08-04	Barco 3	3	174	661	681	0	81
3	27-08-04	Barco 3	3	176	669	687	0	122
3	27-08-04	Barco 3	3	177	674	687	0	1.587
3	27-08-04	Barco 3	3	179	678	688	0	10.943
3	27-08-04	Barco 3	3	181	660	696	0	163
3	27-08-04	Barco 3	3	182	670	700	0	163
3	27-08-04	Barco 3	3	183	670	681	0	1.587
3	28-08-04	Barco 3	3	184	666	710	0	81
3	30-08-04	Barco 3	3	187	688	650	0	13.791
3	31-08-04	Barco 3	3	191	672	684	0	407
3	31-08-04	Barco 3	3	192	685	686	0	976
3	01-09-04	Barco 3	3	199	664	685	0	163
3	02-09-04	Barco 3	3	201	693	708	0	163
3	02-09-04	Barco 3	3	204	655	738	0	1.342
3	02-09-04	Barco 3	3	205	688	893	0	1.017
3	03-09-04	Barco 3	3	210	657	779	0	2.237
3	03-09-04	Barco 3	3	211	671	678	0	81
3	03-09-04	Barco 3	3	212	697	695	0	10.251
3	03-09-04	Barco 3	3	213	696	838	0	1.139
3	03-09-04	Barco 3	3	214	700	753	0	814
3	03-09-04	Barco 3	3	215	736	740	0	81
3	03-09-04	Barco 3	3	217	727	800	0	122
3	04-09-04	Barco 3	3	218	653	693	0	325
3	04-09-04	Barco 3	3	219	711	683	0	41
3	14-09-04	Barco 3	3	269	698	854	0	10.617

Tabla 33...continuación

Zona	Fecha	Barco	Marea	Lance	Profundidad		Captura (Kg)	
					Inicial	Final	Alfonsino	Orange roughy
3	14-09-04	Barco 3	3	270	690	940	0	5.166
3	14-09-04	Barco 3	3	271	692	839	0	610
3	14-09-04	Barco 3	3	272	696	840	0	81
3	15-09-04	Barco 3	3	274	700	811	0	41

Tabla 7: Lances de identificación exitosos en monte JF4

Zona	Fecha	Barco	Marea	Lance	Profundidad		Captura (Kg)	
					Inicial	Final	Alfonsino	Orange roughy
4	06-06-04	Barco 2	21	2	758	844	0	534
4	27-07-04	Barco 3	3	69	737	951	0	1.017
4	27-07-04	Barco 3	3	70	661	761	0	1.587
4	27-07-04	Barco 3	3	72	735	874	0	285
4	28-07-04	Barco 3	3	73	688	846	0	3.539
4	28-07-04	Barco 3	3	75	650	822	0	163
4	29-07-04	Barco 3	3	79	676	866	0	285
4	31-07-04	Barco 3	3	85	720	840	0	10.821
4	31-07-04	Barco 3	3	86	715	800	0	203
4	02-08-04	Barco 3	3	88	768	950	0	407
4	02-08-04	Barco 3	3	89	715	840	0	122
4	04-08-04	Barco 3	3	94	721	780	0	1.790
4	05-08-04	Barco 3	3	99	1.126	1.139	0	81
4	09-08-04	Barco 3	3	113	653	785	0	11.919
4	10-08-04	Barco 3	3	114	780	895	0	15.825
4	10-08-04	Barco 3	3	115	774	862	0	1.546
4	10-08-04	Barco 3	3	116	772	823	0	9.560
4	10-08-04	Barco 3	3	117	741	775	0	8.014
4	11-08-04	Barco 3	3	118	775	880	0	13.302
4	11-08-04	Barco 3	3	120	768	805	0	3.987
4	11-08-04	Barco 3	3	121	655	783	0	41
4	12-08-04	Barco 3	3	122	771	815	0	936
4	12-08-04	Barco 3	3	123	783	820	0	407

Tabla 43...continuación

Zona	Fecha	Barco	Marea	Lance	Profundidad		Captura (Kg)	
					Inicial	Final	Alfonsino	Orange roughy
4	12-08-04	Barco 3	3	124	731	861	0	570
4	12-08-04	Barco 3	3	126	793	831	0	325
4	12-08-04	Barco 3	3	127	677	1.100	0	976
4	13-08-04	Barco 3	3	129	726	875	0	40.355
4	13-08-04	Barco 3	3	130	780	810	0	8.828
4	13-08-04	Barco 3	3	131	758	788	0	488
4	14-08-04	Barco 3	3	132	1.089	1.353	0	45.643
4	15-08-04	Barco 3	3	133	836	893	0	5.858
4	15-08-04	Barco 3	3	134	667	790	0	36.002
4	16-08-04	Barco 3	3	135	1.020	1.161	0	2.726
4	16-08-04	Barco 3	3	136	787	823	0	2.888
4	16-08-04	Barco 3	3	137	877	1.198	0	773
4	16-08-04	Barco 3	3	138	698	794	0	366
4	16-08-04	Barco 3	3	139	821	910	0	163
4	17-08-04	Barco 3	3	140	726	915	0	2.848
4	18-08-04	Barco 3	3	144	633	848	0	1.627
4	23-08-04	Barco 3	3	159	685	833	0	23.432
4	23-08-04	Barco 3	3	160	656	916	0	8.787
4	23-08-04	Barco 3	3	161	630	786	0	11.716
4	23-08-04	Barco 3	3	162	698	863	0	1.017
4	23-08-04	Barco 3	3	163	638	1.050	0	1.993
4	23-08-04	Barco 3	3	164	540	770	0	2.522
4	23-08-04	Barco 3	3	165	595	897	0	407
4	26-08-04	Barco 3	3	175	603	788	0	122
4	30-08-04	Barco 3	3	190	751	810	0	244
4	13-09-04	Barco 3	3	261	593	799	0	41
4	13-09-04	Barco 3	3	262	355	443	1.768	0
4	13-09-04	Barco 3	3	263	634	932	1.482	41
4	13-09-04	Barco 3	3	265	688	829	0	1.709
4	13-09-04	Barco 3	3	266	636	918	0	203
4	13-09-04	Barco 3	3	267	632	913	0	203
4	13-09-04	Barco 3	3	268	630	888	0	81

Tabla 8: Lances de identificación exitosos en monte BO2

Zona	Fecha	Barco	Marea	Lance	Profundidad		Captura (Kg)	
					Inicial	Final	Alfonsino	Orange roughy
102	30-07-04	Barco 3	3	82	756	820	0	203
102	31-07-04	Barco 3	3	83	800	980	0	366
102	31-07-04	Barco 3	3	84	730	910	0	488

**ANEXO V. Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en las áreas y período de estudio.**

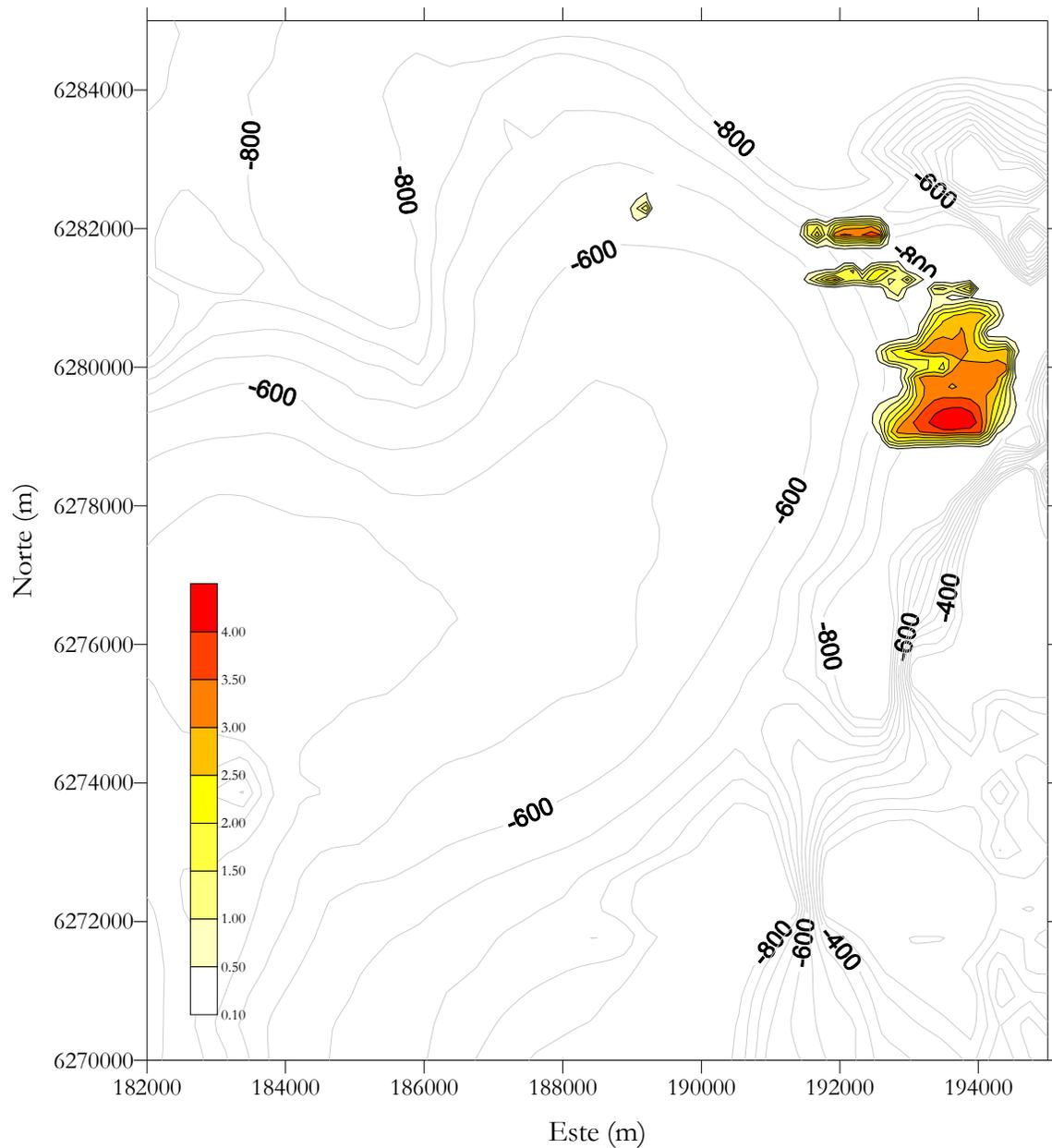


Figura 1: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte JF1, 3-4 de julio de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.

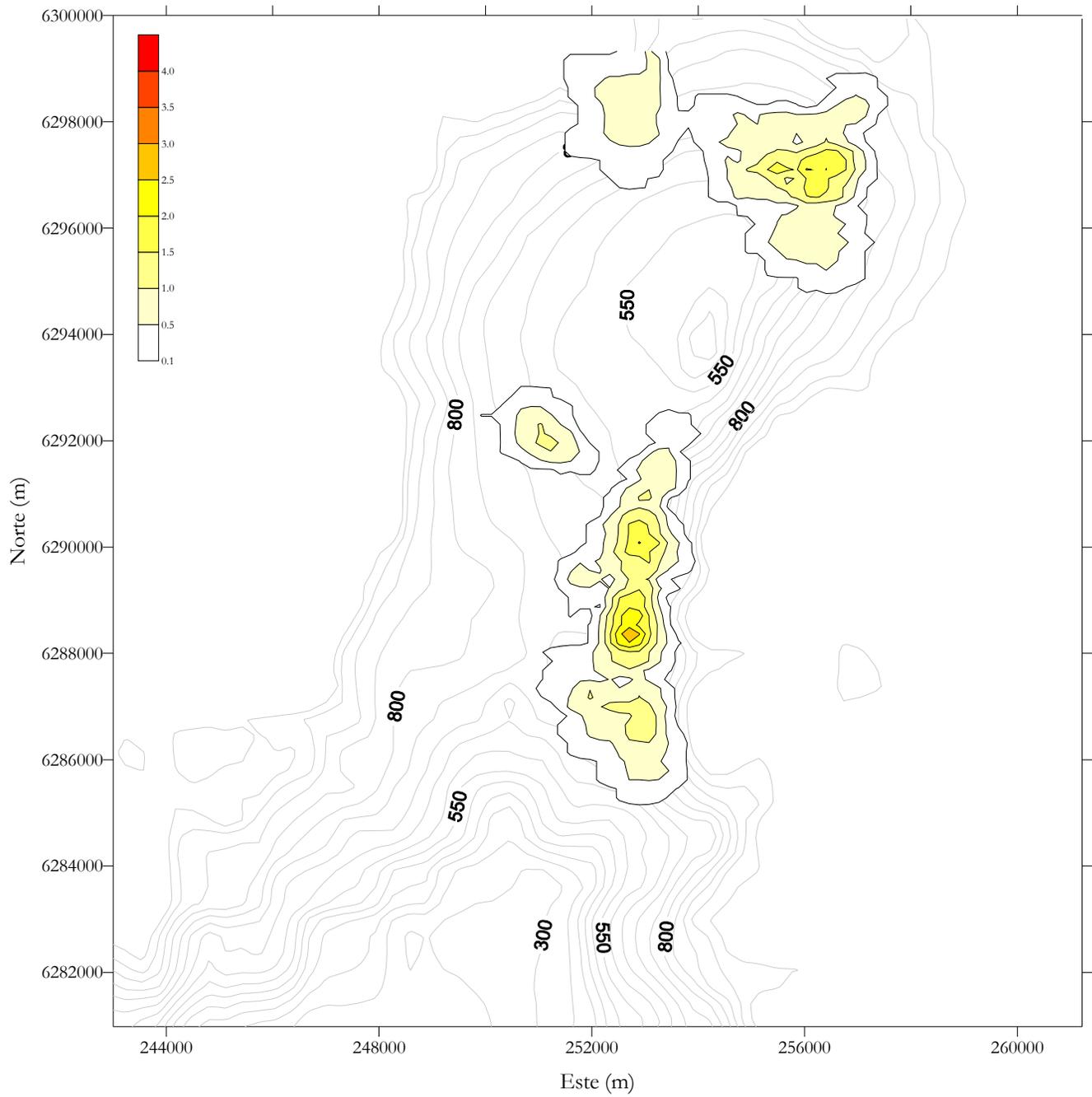


Figura 2: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte JF2, 8-12 de julio de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.

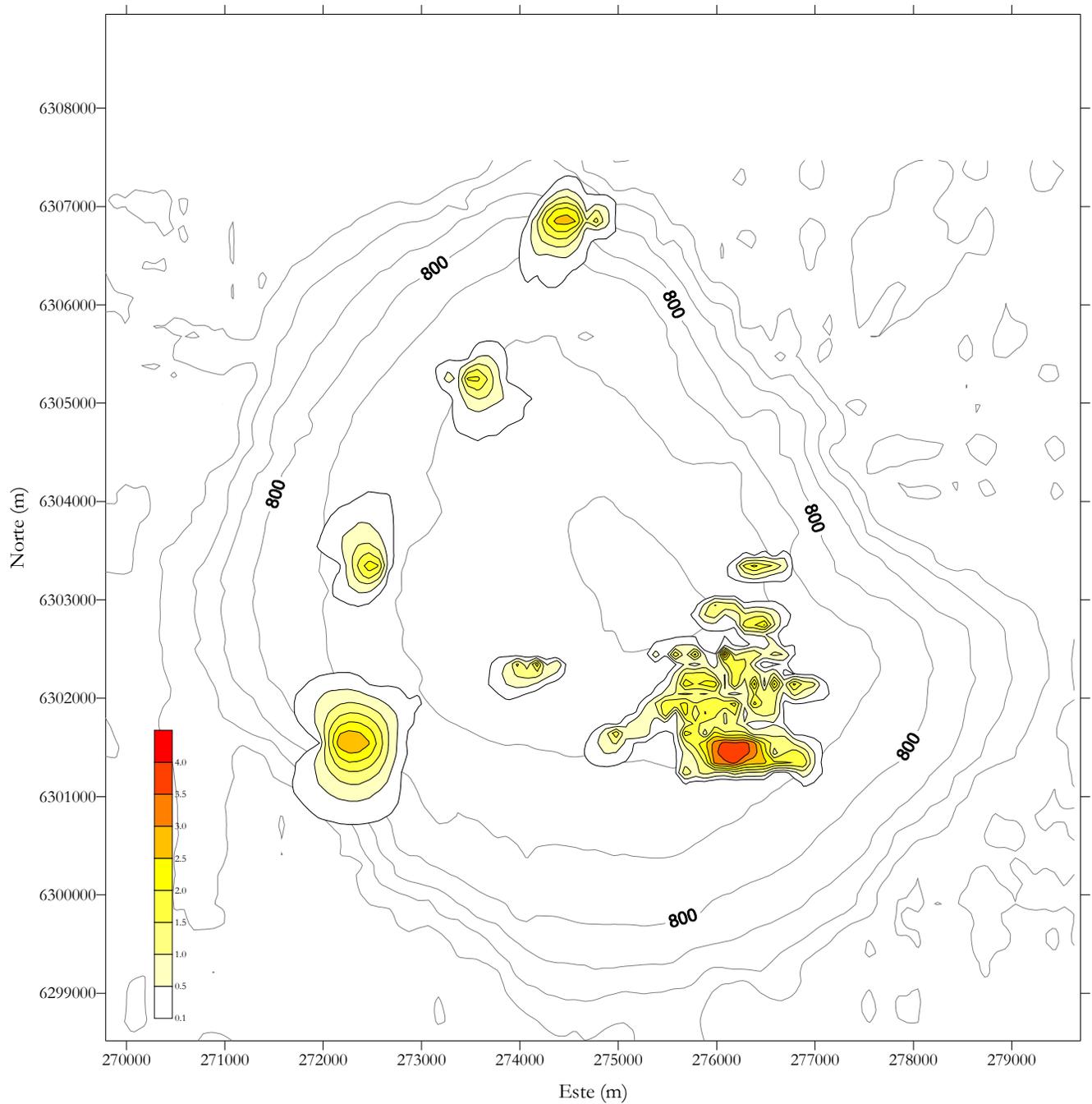


Figura 3: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte JF3, 10-11 de agosto de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.

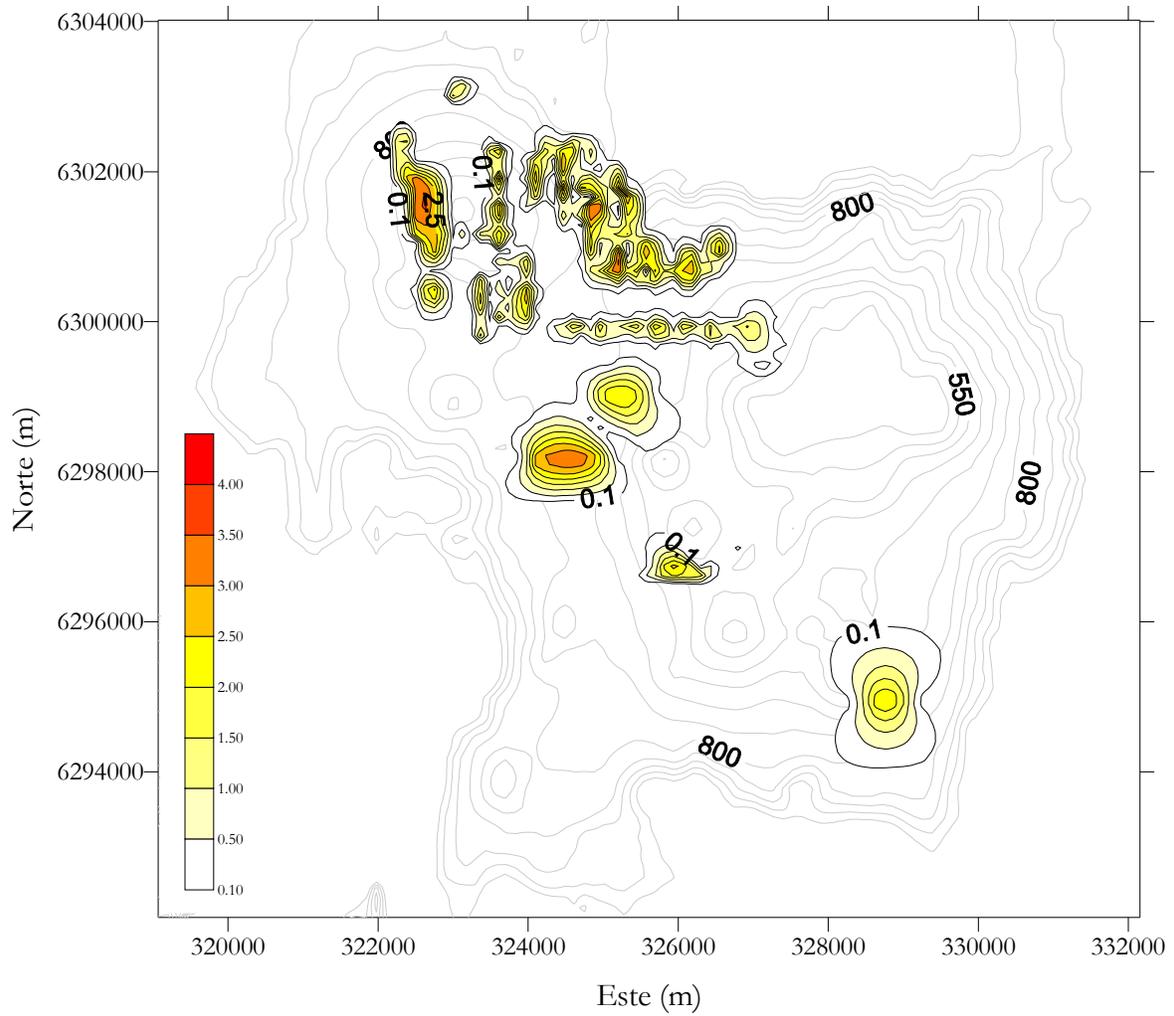


Figura 4: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte JF4, 11-12 de agosto de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.

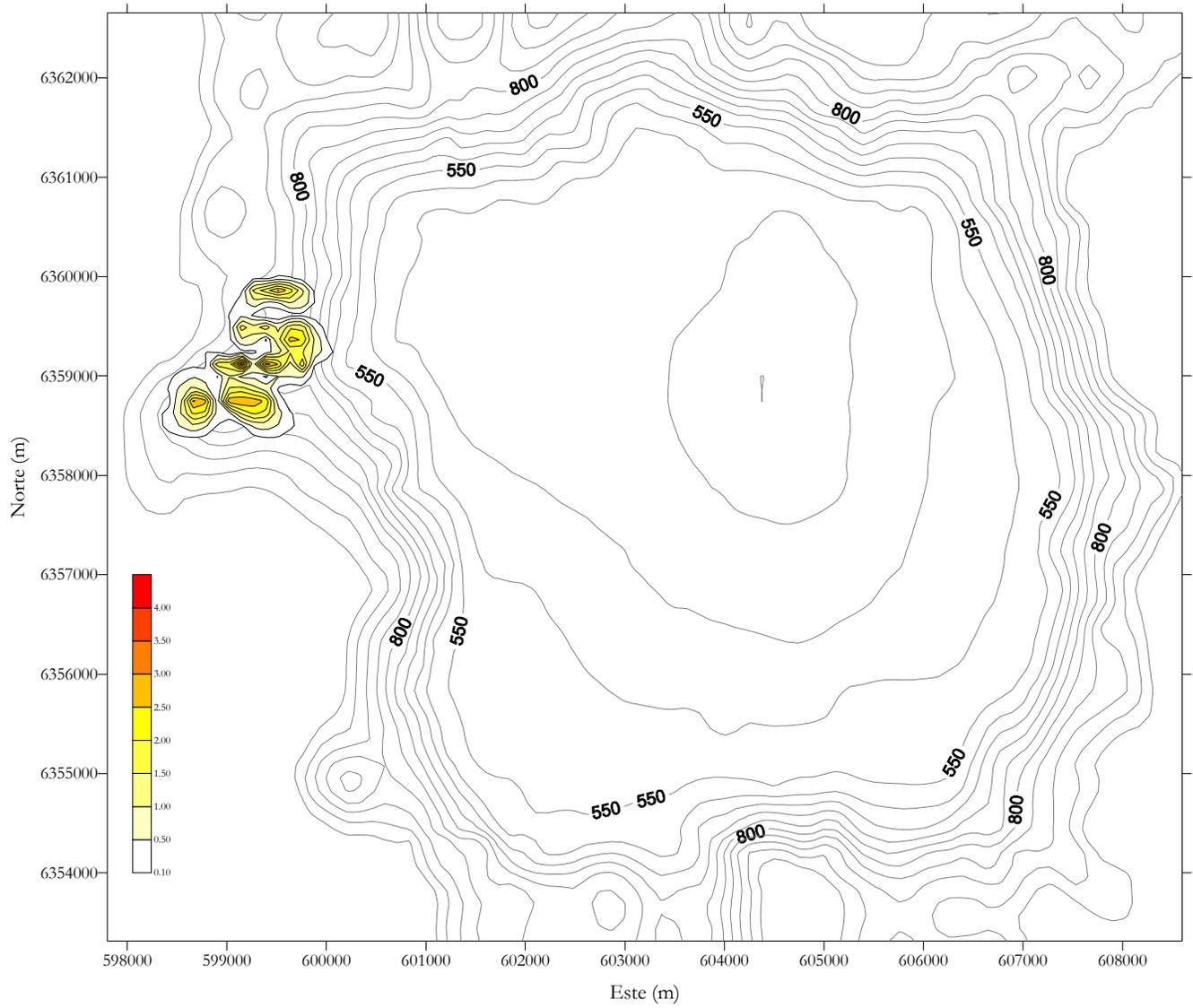


Figura 5: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte BO1 el 9 de agosto de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.

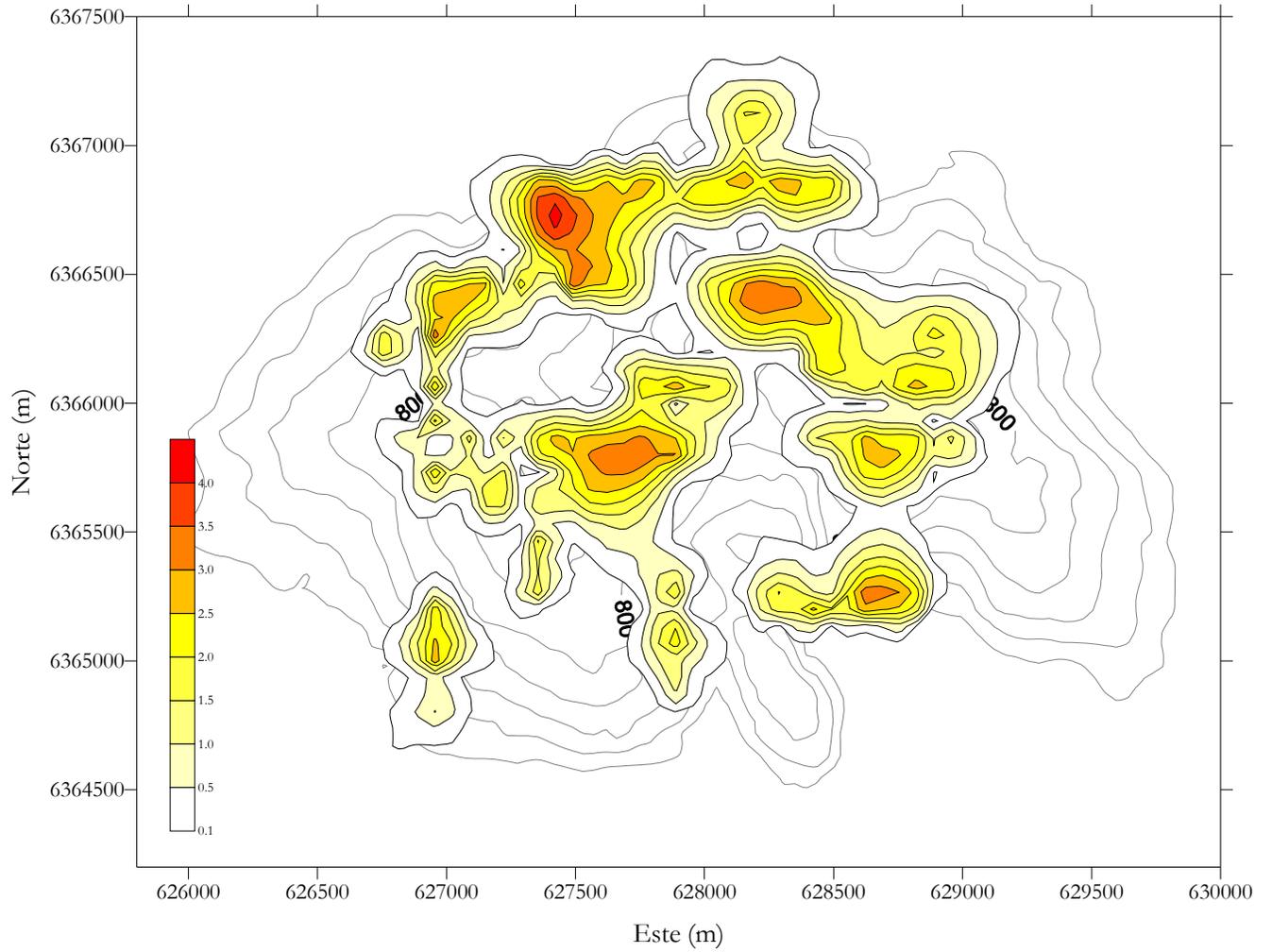


Figura 6: Distribución esperada de la fracción detectable de orange roughy en el monte B02, 1-2 de agosto de 2004. Interpolación (kriging) basada en modelo gaussiano ajustado por máxima verosimilitud.



**ANEXO VI. Analisis discriminante a partir de estadísticos y morfometría de ecotrazos pertenecientes a agregaciones reproductivas de orange roughy.**

**Feasibility of using school characteristics to discriminate between schools of Orange Roughy and Alfonsino detected during acoustic surveys.**

**Preparado por:  
Janet Coetzee**

**Cape Town, Diciembre 2004**

## Introduction

Correct species identification during acoustic surveys remains one of the most important sources of uncertainty and bias. Identification methods most commonly used are based on trawl sampling in close proximity to the acoustic targets and on visual interpretation of the echograms based on previous knowledge of species shoaling patterns. In many cases, however, these techniques have not enabled objective discrimination between co-occurring fish species. Furthermore, the use of acoustic sampling to assess the biomass of fish species from commercial vessels has gained popularity in recent years. While the acoustic data collection is relatively easy, sampling of the acoustic targets is often dependent on the fishing strategy and time budget of the vessel as well as accessibility of the targets to the trawl gear. Furthermore, Orange Roughy and Alfonsino schools are mostly found on or close to the bottom in areas where the slope of the ground is not always conducive to bottom trawling and sampling of the schools is limited by the expertise of the fishing master on the vessel.

In the last decade there has been a notable increase in the development and application of methods to enable remote species identification of targets detected during hydro-acoustic surveys (review in Horne 2000). Two methods in particular have been applied with varying degrees of success, i.e., multi-frequency techniques where the so called “frequency response” is compared between different species and school recognition techniques where schools of different species are identified and characterized using school descriptors based on variables such as shape, size or acoustic energy of schools.

The aim of this study is to determine whether discrimination between schools of Alfonsino and Orange Roughy is possible based on the characteristic schooling patterns of the two species.

## Methods

The schools module<sup>1</sup> of the SonarData Echoview software package was used to detect schools in acoustic data and make measurements of school descriptors. This module was derived from SHAPES (Shoal analysis and patch estimation system; Coetzee (2000)), and is capable of identifying, extracting and statistically characterising fish shoals in an automated and objective manner from acoustic data. Statistics for more than 20 school descriptors are calculated, including size and shape variables (i.e., length, height, area, volume, perimeter, fractal dimension), variables describing internal features and energetic characteristics of the schools (i.e., mean and standard deviation of the acoustic intensity, horizontal and vertical roughness, skewness and kurtosis of the acoustic energy) as well as relational statistics such as depth and position in the water column. Formal definitions of most of these variables were presented by Barange (1994), Coetzee (2000) and Lawson *et. al.* (2001). These definitions as well as those of other variables calculated from the original exported variables and the mathematical derivations for these variables are attached in Annexure 1 (sourced from SonarData Echoview Help File 2004).

The schools module considers acoustic data as sets of data points. Data point dimensions represent the smallest resolution at which the acoustic signal is sampled, and are thereby

---

<sup>1</sup> Developed in collaboration between SonarData Inc. and the Chief Directorate Marine and Coastal Management of the South African Department of Environmental Affairs and Tourism

limited vertically by the sampling frequency and horizontally by vessel speed and ping rate. Schools are detected by first identifying candidates: spatially and energetically contiguous groups of data points exceeding a user-defined processing threshold, and whose combined length and height exceed user-defined minima. In order to allow for discontinuities within the school (e.g., 'vacuoles'; Fréon *et al.*, (1992)), an ellipse of user-defined height and length is moved around the boundary of the candidate, and the latter is linked to any neighbouring candidate whose edge falls within the ellipse. To be considered a 'school' by the software, the linked candidates must also meet minimum length and height criteria (Lawson *et al.* 2001).

The acoustic data used in this study was collected from commercial vessels during dedicated surveys of Orange Roughy off the coast of Chile in August/September 2004. The data was collected via a calibrated Simrad ES60 38 kHz split beam echo sounder system with a hull mounted ES38B transducer. Pre-identified (by trawl) schools of Orange roughy and Alfonsino were detected according to specified criteria based on a minimum school length of 40 m and a minimum school height of 10 m. The processing threshold used to detect Orange Roughy schools was -70 dB and that used to detect Alfonsino schools was -65dB. These thresholds were selected after careful scrutiny of the echo charts in an attempt to minimise the effect of threshold on school boundaries as detected by the software. This was of particular concern when schools were located in close proximity to or within other weak sound scattering layers. In addition, schools suspected of being either Alfonsino or Orange roughy were also detected according to the same criteria above for later use in testing of the discriminatory success based on school descriptors. School descriptor indices as described earlier were then calculated for each school according to the algorithms described by Nero and Magnuson (1989), Reid and Simmonds (1993) and Barange (1994).

Before the calculation of averaging parameters, corrections to school shape variables to account for pulse length effects were performed as described by Reid and Simmonds, 1993 and Barange 1994. In addition, artefacts due to beam width were corrected for according to algorithms developed by Diner (1998) based on the concept of the 'attack angle' ( $\alpha$ ): the angle from the beam's axis to the edge of the school where school detection begins; that is, where measured acoustic energy exceeds the processing threshold. These corrections can, however, only be applied correctly when the uncorrected length of the school, normalized in terms of numbers of beam-widths exceeds 1.5. As the beam width is a function of school depth and beam angle (constant), the depth at which most of the Orange Roughy and Alfonsino schools occurred precluded accurate corrections for school length as most of the schools had an uncorrected length, normalized in terms of beam-widths, of less than 1.5. Nonetheless, all schools (irrespective of length) were included in the analysis due to the limited data set available for positively identified schools.

To determine which variables best discriminated between schools of the two species; school descriptor variables exported by SonarData Echoview's school module were then fed into a Discriminant Function Analysis (DFA), employing forward stepwise selection of variables. For the DFA, schools were grouped into four classes; i.e., DO and DA (definitely Orange Roughy and definitely Alfonsino, as sampled by trawl) and PO and PA (possibly Orange Roughy and Possibly Alfonsino, based on echogram structure and expert opinion). Only the first two classes (DO and DA) were used to train the DFA. Because of the limited data set of definitely identified schools, data from the other two classes (PO and PA) was used to test the discriminant functions. Two separate DFA's were performed; i.e., the first DFA included all available school descriptor variables, while the second excluded certain variables. Mean school

depth and bottom depth showed obvious differences between DO and DA with highest and overshadowing discriminatory power and were therefore eliminated from the second DFA. Also, variables related to mean school energy (mean Sv, mean MVBS and NASC) were excluded from the second DFA as these variables were most likely biased by the different processing thresholds used in detecting the schools. Although some of the variables did not meet the requirement of a multivariate normal distribution, no transformations were performed for this initial study.

## Results

### *Basic descriptive statistics*

Only 19 definitely identified Alfonsino schools were detected and analyzed compared to 27 Orange roughy schools. Although a large number of additional identified Orange roughy schools were available, the data set was kept relatively small so as not to influence the a priori probabilities in the DFA. A similar number of suspected Orange Roughy and Alfonsino schools (19 PA and 20 PO) were selected *ad hoc* with no preference of selection used. From the original set of descriptor variables, 23 were chosen for further analysis and the means and standard deviations of these variables are shown in Table 36 and 37 for each of the identification classes. The variables which were eliminated from further analysis are those which were uncorrected for pulse duration and beam width effects and highly correlated with corrected variables. Box and whisker plots (by group for definitely identified classes, DO and DA) for most variables are also included in annexure) The most significant differences between DO and DA were associated with those variables describing school energy (Sv mean, Sv max and kurtosis), depth (mean school depth and bottom depth) as well as some school shape variables (corrected length, unevenness, fractal dimension and compactness).

Comparison of the means of most school descriptors between PO and PA followed the same trends as those for DO and DA, although the standard deviations tended to be larger for the PA class compared to the DA class. The standard deviations of the PO class, however, were generally smaller than those of the DO class but this could be attributed to the larger sample size of the DO class.

Tabla 9. Means of school descriptor variables used in the DFA. (DA = definitely Alfonsino, DO = Definitely Orange Roughy, PA = Possibly Alfonsino and PO = Possibly Orange Roughy)

School descriptor variable	Classification			
	DA	DO	PA	PO
Sv Mean	-54,82	-65,02	-54,21	-66,02
Nasc	4711,68	460,90	5259,57	200,62
Sv Max	-40,80	-52,33	-40,06	-54,52
Mean Depth	379,24	681,43	379,05	699,83
Std Deviation of Sv	0,0000108	0,0000011	0,0000313	0,0000006
Skewness of Sv	6,25	6,13	6,69	3,69
Kurtosis of Sv	88,55	157,20	89,31	33,19
Corrected Length	241,57	716,63	296,83	545,54
Corrected Height	58,85	78,48	53,94	59,35
Elongation	4,61	9,63	6,82	9,32
Unevenness	22,42	96,53	36,69	71,93
Rectangularity	3,15	3,69	3,26	4,35
Corrected Perimeter	2.278,49	14.207,21	2.719,87	7.323,20
Corrected Area	5.370,29	18.398,29	5.254,55	9.395,50
Fractal Dimension	1,48	1,65	1,53	1,67
Compactness	85,13	962,47	127,99	524,99
Corrected Amplitude	0,0000048	0,0000005	0,0000079	0,0000003
Corrected MVBS	-54,73	-65,00	-54,01	-66,01
Coefficient of variation of mean Sv	212,15	156,03	211,56	136,03
Horizontal roughness	0,0000260	0,0000069	0,0002914	0,0000039
Vertical roughness	0,0000120	0,0000020	0,0001038	0,0000006
Bottom depth	399,68	705,63	434,92	714,22
Altitude (distance from bottom)	20,44	24,21	55,88	14,4
Valid N	19	27	19	20

Tabla 10. Standard deviations of the means of school descriptor variables used in the DFA. (DA = definitely Alfonsino, DO = Definitely Orange Roughy, PA = Possibly Alfonsino and PO = Possibly Orange Roughy)

School descriptor variable	Classification			
	DA	DO	PA	PO
Sv_Mean	3,796	3,082	4,038	2,530
Nasc	6.510,028	713,641	9.401,553	169,948
Sv_Max	6,387	6,354	6,736	4,890
Mean Depth	72,188	93,328	62,308	89,590
Std Deviation of Sv	0,0000113	0,0000023	0,0000951	0,0000013
Skewness of Sv	5,117	7,933	4,755	2,282
Kurtosis of Sv	151,105	392,480	134,538	44,765
Corrected Length	130,688	398,883	274,440	378,464
Corrected Height	32,528	36,670	30,727	31,314
Elongation	2,487	4,342	6,281	4,987
Unevenness	11,348	63,459	27,027	35,238
Rectangularity	1,144	1,225	1,164	1,554
Corrected Perimeter	1.872,359	13.115,022	2.714,171	6.047,556
Corrected Area	4.365,826	15.957,285	6.074,079	8.787,380
Fractal Dimension	77	94	83	0,079
Compactness	74,174	941,185	115,883	430,983
Corrected Amplitude	0,00000475	0,00000083	0,00001477	0,00000031
Corrected MVBS	3,813	3,131	4,289	2,620
Coefficient of variation of mean Sv	132,320	163,205	132,098	80,067
Horizontal roughness	0,0000314	0,0000242	0,0011459	0,0000105
Vertical roughness	0,0000207	0,0000064	0,0004155	0,0000019
Bottom depth	75,248	95,136	117,748	88,014
Altitude (distance from bottom)	9,603	13,069	87,965	5,578
Valid N	19	27	19	20

### *Discriminant Function Analysis including all variables*

The first discriminant function analysis performed using all the school descriptor variables (DFA\_1) for class DO and DA, indicated that one discriminant function (root) with a subset of 6 variables significantly contributed to the model's ability to discriminate between schools of DO and DA (Table 38). The variables included (in order of significance) were mean school depth, Max Sv, Kurtosis, Corrected school length, horizontal roughness and Corrected amplitude. This function explained 91 % of the variance and was able to correctly discriminate between identified schools of the two species with an accuracy of 97.8% (Table 39). All schools used in the input (DO and DA) were correctly classified except for one DO school which was classified as DA.

Classification functions computed by Statistica were used to calculate classification scores to test the discriminatory power of the first discriminant function on the other two classes of schools (PO and PA). The classification functions and subsequent classification matrix of the PO and PA classes is shown in Table 40. The classification functions of the first DFA allowed successful discrimination between schools of PO and PA with an overall accuracy of 92.3 %. All PO schools were classified as DO and all PA schools (except for 3) were classified as DA.

### *Discriminant Function Analysis excluding some depth and energy variables*

The second discriminant function analysis performed excluding some of the depth and energy related school descriptor variables (DFA\_2) for class DO and DA, indicated that one discriminant function (root) with a subset of 9 variables significantly contributed to the model's ability to discriminate between schools of DO and DA (Table 41). The variables included (in order of significance) were Max Sv, Kurtosis, horizontal roughness, Corrected height, Elongation, corrected perimeter, unevenness, altitude and fractal dimension. This function explained 87.7 % of the variance and was also able to correctly discriminate between schools of the two species with an accuracy of 97.8% (Table 42). Once again, all schools used in the input (DO and DA) were correctly classified except for one DO school which was classified as DA.

Tabla 11. Discriminant Function Analysis summary showing the discriminatory power of each of the variables in the model (Partial Lambda) as well as the combined discriminatory power (Wilks' Lambda).

Wilks' Lambda: 0,16725 approx. F (6,39)=32.364 p< .0000, canonical R=0.91						
Variable	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (1,39)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
Mean Depth	0,292	0,573	29,071	0,000	0,793	0,207
Max Sv	0,218	0,769	11,747	0,001	0,310	0,690
Kurtosis	0,179	0,932	2,855	0,099	0,451	0,549
Corrected Length	0,173	0,964	1,442	0,237	0,947	0,05
Horizontal roughness	0,173	0,969	1,259	0,269	0,490	0,510
Corrected Amplitude	0,172	0,974	1,047	0,313	0,502	0,498

Tabla 12. Classification matrix indicating classification success of known schools (DO & DA)

Classification Matrix

Rows: Observed classifications

Columns: Predicted classifications

	Percent Correct	DA	DO
DA	100	19	0
DO	96,29	1	26
Total	97,83	20	26

Tabla 13. Classification functions calculated by Statistica based on input variables for schools belonging to DO and DA. Also shown is the classification success when these functions are used to discriminate between PO and PA.

---

Classification Functions; grouping: CLASS

	DA	DO
	P=0,41304	P=0,58696
Mean Depth	0,06966	0,11145
Max Sv	-3,66493	-4,32403
Corrected Amplitude	3.204.340	3.561.531
Kurtosis	0,03973	0,04570
Corrected Length	-0,000791	0,002173
Horizontal roughness	258.709,80	303.545,50
Constant	-101,5843	-157,9190

---

Classification Matrix

Rows: Observed classifications

Columns: Predicted classifications

---

	Percent		D O
	Correct	DA	
PA	84,21	16	3
PO	100	0	20
Total	92,31	16	23

---

Tabla 14. Discriminant Function Analysis summary showing the discriminatory power of each of the variables in the model (Partial Lambda) as well as the combined discriminatory power (Wilks' Lambda).

Wilks' Lambda: 0.23054 approx. F (9,36)=13.351 p< .0000, canonical R=0.877						
Variable	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (1,39)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
Sv Max	0,316	0,730	13,329	0,001	0,196	0,804
Kurtosis	0,293	0,786	9,783	0,003	0,463	0,537
Horizontal roughness	0,269	0,857	6,013	0,019	0,525	0,475
Corrected height	0,266	0,867	5,544	0,020	0,258	0,742
Elongation	0,264	0,873	5,235	0,028	0,510	0,490
Corrected perimeter	0,251	0,920	3,127	0,085	0,107	0,893
Unevenness	0,242	0,951	1,846	0,183	0,121	0,879
Altitude	0,241	0,957	1,611	0,212	0,644	0,356
Fractal Dimension	0,234	0,984	0,577	0,453	0,500	0,500

Tabla 15. Classification matrix indicating classification success of known schools (DO & DA)

Classification Matrix			
Rows: Observed classifications			
Columns: Predicted classifications			
	Percent Correct	DA p=0,41304	DO p=0,58696
DA	100	19	0
DO	96,29	1	26
Total	97,83	20	26

Classification functions computed by Statistica were once again used to calculate classification scores to test the discriminatory power of the first discriminant function on the other two classes of schools (PO and PA). The classification functions and subsequent classification matrix of the PO and PA classes is shown in table 43. The classification functions of the second DFA allowed successful discrimination between schools of PO and PA with an overall accuracy of 79,5 %. Five PA schools were incorrectly classified as DO and three PO schools were incorrectly classified as DA.

Tabla 16. Classification functions calculated by Statistica based on input variables for schools belonging to DO and DA. Also shown is the classification success when these functions are used to discriminate between PO and PA.

Classification Functions; grouping: CLASS		
	DA	DO
	P=0,41304	P=0,58696
Fractal Dimension	302,85310	311,25680
Elongation	0,00000	0,55774
Kurtosis	0,041942	0,05081
Sv Max	-3,16708	-3,92896
Horizontal roughness	661.130,0	740.081,4
Corrected height	0,365186	0,450145
Altitude	-0,338150	-0,428770
Corrected perimeter	0,000212	-0,000140
Unevenness	-0,450580	-0,397370
Constant	-302,358	-361,053

#### Classification Matrix

Rows: Observed classifications

Columns: Predicted classifications

	Percent		D	
	Correct	DA		O
PA	73,7		14	5
PO	85		3	17
Total	79,5		17	22

## Discussion

This study indicates that schools of Orange Roughy and Alfonsino which are detected acoustically can be correctly identified to species in up to 97.8% of cases, depending on which variables are used for discrimination and on which data set the DFA is tested. The success of the classification based on school descriptor variables was in the first case due largely to significant differences in the depth distribution of these two species, but also due to differences in the energetic features of the schools. Still it is noteworthy that without these

important variables included in the second DFA analysis, discriminatory success remains very impressive.

The decrease overall in accurate classification on the schools which were not positively identified is expected and cannot be expected to match that obtained with schools used to train the DFA. Also, the unidentified schools were chosen to test the DFA, with the assumption that they might have been either Orange roughy or Alfonsino and not with the understanding that they were indeed. The fact that successful discrimination of these unidentified schools with the first DFA was so accurate possibly indicates that the expert opinion of experienced acousticians who took part in this survey can be trusted, or that the obvious difference in the depth distribution and reflected energy between the two species is enough to differentiate between them.

Discrimination based on the second DFA is surprisingly accurate, given that the strongest discriminatory variables were excluded, and indicates that these two species differ in many aspects of schooling behaviour, including school shape and size as well as the more obvious depth and energetic differences.

Further analysis of this and other data will be important; firstly to check that the discriminatory functions remain unchanged over time and secondly to enable the discriminatory functions to be tested on ground-truthed schools. Also the small data set has not enabled comparisons between different areas, seasons and times of day. For successful discrimination on a long-term basis, it will be important that school characteristics remain relatively stable.

Further suggestions include the re-analysis of a larger data-set (when available) to test the effect of different processing thresholds on school descriptor variables such as size and energy. For Orange Roughy in particular, because of the relatively low Target Strength and therefore weak back-scatter, it is difficult to define the edge of an aggregation when the aggregation is within another sound scattering layer. The use of a lower processing threshold to detect schools of Orange Roughy relative to that of Alfonsino in this study may have led to overestimation of school shape and size descriptors and underestimation of energetic school descriptors. Also corrections made to compensate for beam-edge effects were probably not very accurate given the small number of schools that had uncorrected school lengths larger than 1.5 beam widths and a larger data set would allow for careful screening of schools before input into a DFA. Finally assumptions of normality in the distributions of all variables were not met, mainly due to time constraints. Although violations of these assumptions in the case of a DFA are normally not “fatal” and the resultant significance tests are still trustworthy, transformation of most variables should be performed if this study is to be expanded.

In conclusion, this study has shown tremendous promise for future remote classification of Orange Roughy and Alfonsino schools based on schooling characteristics inherent to each of the species. This can be of particular importance in areas where trawling to identify schools is not practical or impossible.

## References

- 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.
- Coetzee, J. 2000. Use of a shoal analysis and patch estimation system (SHAPES) to characterise sardine schools. *Aquatic Living Resources* 13(1): 1-10.
- Diner, N. 1998. Correction on school geometry and density. In ICES C.M. 1998/B:1.
- Fréon, P., Gerlotto, F., and Soria, M. 1992. Changes in school structure according to external stimuli: description and influence on acoustic assessment. *Fisheries Research*, 15: 45-66.
- Horne, J.K. 2000. Acoustic approaches to remote species identification: a review. *Fish. Oceanogr.* 9(4):356-371
- Lawson, G.L., Barange, M. and Fréon, P. 2001. Species identification of pelagic fish schools on the South African continental shelf using acoustic descriptors and ancillary information. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 275-287.
- Nero, R.W., and Magnuson, J.J. 1989. Characterization of patches along transects using high-resolution 70-kHz integrated acoustic data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 2056-2064.
- Reid, D.G., and Simmonds, E.J. 1993. Image analysis techniques for the study of fish school structure from acoustic survey data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50: 886-893.
- Scalabrin, C., and Massé, J. 1993. Acoustic detection of the spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. *Aquatic Living Resources*, 6: 269-283.
- SonarData Echoview Help File 2004
- Weill, A., Scalabrin, C., and Diner, N. 1993. MOVIES-B: an acoustic detection description software. Application to shoal species' classification. *Aquatic Living Resources*, 6: 255-267.

## Formulae for calculating region variables using *SHAPES* corrections

Parameters used in the following equations

t - Pulse length (ms).

mSV - minimum integration threshold (dB re 1 m<sup>-1</sup>) at time of processing.

MSV - maximum integration threshold (dB re 1 m<sup>-1</sup>) at time of processing.

SV - Observed Mean Energy of the region (dB re 1 m<sup>-1</sup>).

E<sub>n</sub> - Observed Mean Energy of the region in linear units (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>).

D - Mean range of the region (m) - Echoview does not use Target\_true\_depth.

j - Nominal beam angle in the direction of travel (degrees).

**Note:** j is calculated in Echoview using the 3dB minor-axis angle, the 3dB major-axis angle, and the defined transducer geometry.

For a region the following variables can be calculated:

Uncorrected\_length

$$L = \text{Distance}(pe) - \text{Distance}(ps) + (\text{Distance}(pe) - \text{Distance}(pe-1))$$

where Pe and Ps are the ping numbers of the first and last pings of the school.

Distance(pi) is the distance (in meters) from the Grid distance reference to the i'th ping, pi, as determined from the selected distance source (GPS or vessel log). Uncorrected length is the length of the bounding rectangle of the region.

We assume that the last ping in the region has the same width as the second last ping. If there is only one ping in the data file then uncorrected length cannot be calculated.

Uncorrected\_thickness

$$H = DM - Dm$$

where DM and Dm are the maximum and minimum ranges of the bounding rectangle of the region.

Sv\_mean [Uncorrected mean energy]

$S_v$  = Mean  $S_v$  of all good data samples in the region (dB re 1m-1) (average calculated in linear domain - see Sv mean for algorithm)

Sv\_mean is the name of the Echoview analysis variable, although the symbol  $S_v$  is used in these equations.

"Good" data samples are samples that are not included in any Echoview bad data region. Original SHAPES algorithms did not include the concept of bad data.

Uncorrected\_perimeter [Uncorrected 2D Image Perimeter]

$$P = \sum l_i$$

Where  $l_i$  is the length of side I of the polygon defining the region.  $l_i$  is calculated for each  $i$  from the range, distance co-ordinates of the two nodes defining it.

Uncorrected\_area [Uncorrected 2D Image Area]

$$P = \sum a_i$$

where summation is over all data samples in the region

and  $a_i = r_i * w_i$  for ping  $p_i$ .

where:

$r_i$  = sample spacing (in meters) of ping  $i$ .

$w_i$  = width of ping  $i$  in meters

*Intermediate computations (not available for export)*

Observed difference between mean energy and threshold

$$dRS = S_v - mS_v \quad (\text{subtraction in dB domain, namely division in the linear domain})$$

First detection angle

$$B = 0,44 \cdot j \cdot (\text{dRS})^{0,45} \text{ if } \text{dRS} > 0; 0 \text{ if } \text{dRS} < 0$$

Normalized length in terms of beam width number

$$N_B = L / (2 \cdot D \cdot \tan(B_i/2)) \text{ if } D > 0 \text{ and } B > 0; 0 \text{ if } D=0 \text{ or } B=0$$

Raw correction for the image reverberation index

$$\text{dR}_v = 2,56 \cdot (N_B - 1) \text{ if } N_B > 1; 0 \text{ if } N_B = 1$$

Temporary index

$$R_{vp} = S_v + \text{dR}_v$$

Proper difference between mean energy and threshold

$$\text{dRS}_p = R_{vp} - mS_v \text{ [or } \text{dRS}_p = \text{dRS} + \text{dR}_v] \text{ (subtraction/addition in dB domain, namely division/multiplication in the linear domain)}$$

Normalized school length in beam widths

$$\text{NBC} = L_c / (2 \cdot D \cdot \tan(\theta/2)) \text{ if } \theta > 0; 0 \text{ if } \theta = 0$$

New correction for the reverberation angle

$$\text{dRVC} = 4,09 / (\text{NBC})^{0,88} \text{ if } \text{NBC} > 0; 0 \text{ if } \text{NBC} = 0$$

*Corrected variables -*

In the following calculations:

- summations are over all samples in region not classified as bad data (unless otherwise indicated)
- E is the amplitude energy ( $10^{R/10}$ ) for a sample with  $S_v$  of R dB re 1m-1,
- E is set to 0 for any sample where  $E < mS_v$  or  $E > MSV$
- n is the number of samples included in the summation.

Attack\_angle

$$f = j \cdot (1,04 \cdot dRSp^{0,33} - 1,52) \text{ if } dRSp > 0; \text{ or } 0 \text{ if } dRSp < 0$$

Corrected\_length

$$Lc = (L - 2 \cdot D \cdot \tan f/2)$$

Corrected\_thickness

$$Hc = Hi - C/2 \cdot t/1000$$

where C = speed of sound (m/s) - fixed at 1500 m/s for this calculation

Corrected\_image\_area

$$A2D = A \cdot (Lc \cdot Hc) / (L \cdot H) \text{ if } L \cdot H > 0; \text{ or } 0 \text{ if } L \cdot H = 0$$

Corrected\_image\_perimeter

$$Pc = P - (2 \cdot [(L - Lc) + (H - Hc)])$$

Image\_compactness

$$IC = P^2 / (4 \cdot p \cdot A2D) \text{ if } A2D > 0; \text{ or } 0 \text{ if } A2D = 0$$

Corrected\_mean\_amplitude

$$Ec = En \cdot (A2D / A) \cdot 10^{(dRvc/10)} \text{ if } A > 0; \text{ or } 0 \text{ if } A = 0$$

Corrected\_MVBS [Corrected mean energy (MVBS)]

$$Rc = 10 \cdot \log(Ec) \text{ if } Ec > 0; -999 \text{ if } Ec = 0$$

Coefficient\_of\_variation [Coefficient of variation of the Amplitude Energy]

$$E_{CV} = E_{SD} \cdot 100 / E_c \text{ if } E_c > 0; \text{ or } 0 \text{ if } E_c = 0$$

Where  $E_{SD}$  is the standard deviation

Horizontal\_roughness

$$Rh^2 / En$$

Where  $Rh^2 = \sum_i [(E_i - E_{i+1})^2 / (n_i - 1)]$

i indicates pings

summation is over all horizontal pairs of samples in the region

n is the number of pairs of samples within the region

Vertical\_roughness

$$Rv^2 / En$$

$$\text{where } Rv^2 = S_j [(E_j - E_{j+1})^2 / (nv-1)]$$

j indicates rows

summation is over all vertical pairs of samples in the region

nv is the number of vertical pairs of samples within the region

Skewness

$$K3 / (ESD)^3$$

where:

$$K3 = [n \cdot \sum_i (E_i - E_n)^3] / [(n-1) \cdot (n-2)] \text{ if } n \geq 3; 0 \text{ if } n < 3$$

summation is over all samples i in the region.

Kurtosis

$$K4 / (ESD)^4$$

$$\text{where } K4 = [ \sum_i [(n^3+n) \cdot E_i^4] - [ 4 \cdot (n^2+n) \cdot \sum_i E_i^3 \cdot \sum_i E_i ] - [ 3 \cdot (n^2-n) \cdot (\sum_i E_i^2)^2 ] + [ (12 \cdot n) \cdot \sum_i E_i^2 \cdot (\sum_i E_i)^2 - [ 6 \cdot (\sum_i E_i^4) ] ] ] / [n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3)] \text{ if } n \geq 4; 0 \text{ if } n < 4$$

Variables not available in Echoview, but which can be calculated from variables available in the schools module:

- Fractal dimension (Nero and Magnuson, 1989):

$$[\ln(P/4) \times 2] / \ln A.$$

An index of shape complexity, where a value of 1 represents a smooth or square outline and 2 a highly complex outline.

- Elongation (Weill et al., 1993):

$$L/H.$$

An index of the length to thickness (height) relationship.

- Unevenness1 (Weill et al., 1993):

$$[P - 2(L+H)]/N.$$

An index of school shape unevenness, calculated as the difference between the observed perimeter and the perimeter of the rectangle that would be formed by the observed school thickness (height) and length, normalized to the number of pings in the school.

- Unevenness2 (Weill et al., 1993):

$$P/[2(L+H)].$$

An index of the relationship between school perimeter and the perimeter of the rectangle that would be formed by the observed school thickness (height) and length.

- Rectangularity (Scalabrin and Massé, 1993):  $(L.H)/A.$

An index of the ratio between the area of the rectangle that would be formed by the observed school thickness (height) and length, to the school's observed area.

**Pontificia Universidad Católica de Valparaíso**

Facultad de Recursos Naturales

Escuela de Ciencias del Mar

Valparaíso – Chile

**Anexo VII: Métodos filmográficos para la identificación y determinación de la composición de especies presentes en las eco-agregaciones identificadas en el área de estudio.**

MÉTODO ALTERNATIVO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES  
EN LA PESQUERÍA DE ORANGE ROUGHY,  
MEDIANTE EL USO DE FILMACIONES SUBMARINAS

ESTUDIOS Y DOCUMENTOS N° 14 / 2004

Teófilo Melo

Eric Gaete

Valparaíso, septiembre de 2004

## INTRODUCCIÓN

La posibilidad de observar directamente el comportamiento de los organismos en el mar ha permitido mejorar sustancialmente el conocimiento y avances en el desarrollo de la investigación biológica y pesquera de recursos. En la década de los 80 se evidenció que la observación directa a través de buzos estaba restringida a profundidades someras, mientras que las nuevas tecnologías de fotografía y filmación permitían llegar a profundidades mayores, aumentando el tiempo de inmersión y la filmación efectiva total (Urquhart & Stewart, 1993).

A profundidades someras, la filmación dada la penetración de luz no resulta un problema mayor, ya que la iluminación natural es suficiente para registrar el comportamiento de los recursos. Sin embargo, en profundidades superiores a 30 m se requiere el uso de luz artificial, lo que tiende a complejizar el sistema de grabación, y a aumentar el tamaño y peso de los equipos, a demás de necesitar una mayor cantidad de energía para obtener una autonomía de funcionamiento apropiada (Isaksen & Lokkeborg, 1993).

Esta limitación en la visualización de los objetivos genera un desafío mayor, debido al estrecho rango visual en ausencia de luz, obteniéndose una buena calidad de imagen sólo en el momento que la cámara se aproxima al objetivo (Ermolchev & Zaferman, 2003). Sin embargo, y a pesar de las limitaciones en el campo visual submarino, las técnicas de video y fotografía han sido utilizadas continuamente en investigaciones marinas, particularmente en cruceros de recursos megabentónicos (Haedrich & Rowe, 1977; Ohta, 1983; Hecker, 1990) y en pesquerías (Graves, 1977; Aoki et al., 1986).

Los equipos sumergibles de filmación autónoma son más numerosos hoy en día que los equipos tripulados o guiados por buzos, teniendo un campo mayor de aplicaciones en las investigaciones pesqueras, principalmente en aquellos estratos en que el hombre no puede acceder por limitaciones de presión. En la actualidad existen diversos trabajos de investigación científica en los cuales se utiliza como herramienta de apoyo la observación submarina con el fin de complementar estudios de abundancia, validar los TS utilizados en la evaluación directa, a través de la hidroacústica, o simplemente para analizar y comprender de una mejor manera el comportamiento de las especies en su ambiente natural y analizar las respuestas de los individuos frente a estímulos generados por los distintos artes de pesca utilizados. Trabajos en especies como orange roughy a través del uso de filmaciones submarinas son escasos, debido principalmente a la profundidad en la que se encuentra este recurso y a su comportamiento gregario y migratorio, características que precisan de tecnología adecuada a altas presiones y en consecuencia aumentan el costo asociado que encarece de sobremanera la investigación.

Para esta temática el equipamiento disponible actualmente corresponde principalmente al Vehículos submarinos autónomos (AUV -Autonomous Underwater Vehicles), Vehículos sumergibles operados remotamente (ROV-Remotely Operated Vehicles) y cámaras submarinas sumergibles a grandes profundidades, como la cámara submarina con la que cuenta la Universidad Católica de Valparaíso (Bergstad *et al*, 2003; Koslow *et al*, 1995). Estas tecnologías poseen diferentes características de operación, registro, autonomía, y costo, siendo la principal desventaja de las dos primeras su elevado costo de adquisición y mantención (Tabla 17, Figura 7).

**AUV (Autonomous Underwater Vehicles):** Este equipo tiene la particularidad de ser operado autónomamente y es capaz de realizar diversas tareas, de acuerdo a la implementación que se requiera en cada caso. El control de sus desplazamientos, orientación de las filmaciones

y control de todo el equipamiento puede ser programado o implementado a distancia, desde la embarcación y por medio de señales acústicas. Además tiene la particularidad de implementarse con una variedad de equipos anexos como ecosondas, sonares y cámaras de filmación entre otros. Todo lo anterior está directamente relacionado con las necesidades o requerimientos de cada investigación en particular. Una de las únicas experiencias documentadas en el uso de este equipo para la identificación de especies de peces, fue realizada por el Institute Marine Research de Bergen, Noruega. En este caso específico del AUV utilizado, este contaba con un echosounder (actualmente con sólo una frecuencia, de 120 khz) y una cámara de video.

**ROV (*Remotely operated underwater vehicle*):** Es un vehículo diseñado para operar en la actualidad hasta los 600 metros de profundidad aproximadamente. Este ROV, de tecnología digital avanzada, proporciona al usuario un desempeño único en cuanto a carga y sistema de propulsión además de tener la posibilidad de portar cámaras de TV, y cámara fotográfica. Posee además piloto automático de rumbo y profundidad, como características standard, que son operadas en forma on line al igual que la información registrada por las cámaras filmadoras.

**Cámaras submarinas (UCV):** Este tipo de cámara submarina permite filmar con programas de protocolos definidos al inicio del calado de la cámara. Por tratarse de un cámara que no genera un servicio on-line de la información grabada y además de no poseer un sistema de propulsión, este equipamiento debe operarse fijado a estructuras rígidas, pudiendo generar una grabación sólo en un sentido, sin poder efectuar cambios on-line en el sentido de grabación de las filaciones

Tabla 17. Alternativas tecnológicas para filmaciones submarinas de profundidad.

	AUV	ROV	Cámara(UCV)
Maniobrabilidad	Presenta la mejor maniobrabilidad al ser inalámbrica el control desde la superficie	Presenta un nivel medio, debido a que tiene un límite dado por la longitud del cable de conexión	Presenta un nivel bajo de maniobrabilidad, ya que no cuenta con sistema de propulsión
Sistema de propulsión	Posee	Posee	No posee
Ajuste de imagen	On-line	On-line	Bajo un protocolo preestablecido
Registro información	On-line	On-line	Se puede visualizar una vez finalizada la actividad
Autonomía	Limitada a las baterías en uso	Ilimitada	Duración de batería de las luces.
Costo	mayor de US\$ 500.000	Entre US\$ 100.00-200.000	Entre US\$ 15.000-25.000
Profundidad	Hasta 1000 m	Hasta 600 m	Hasta 600 m
Disponibilidad	Sólo en extranjero	En Chile sólo hasta 300 m (Mariscope chilena)	En Chile (sólo PUCV)

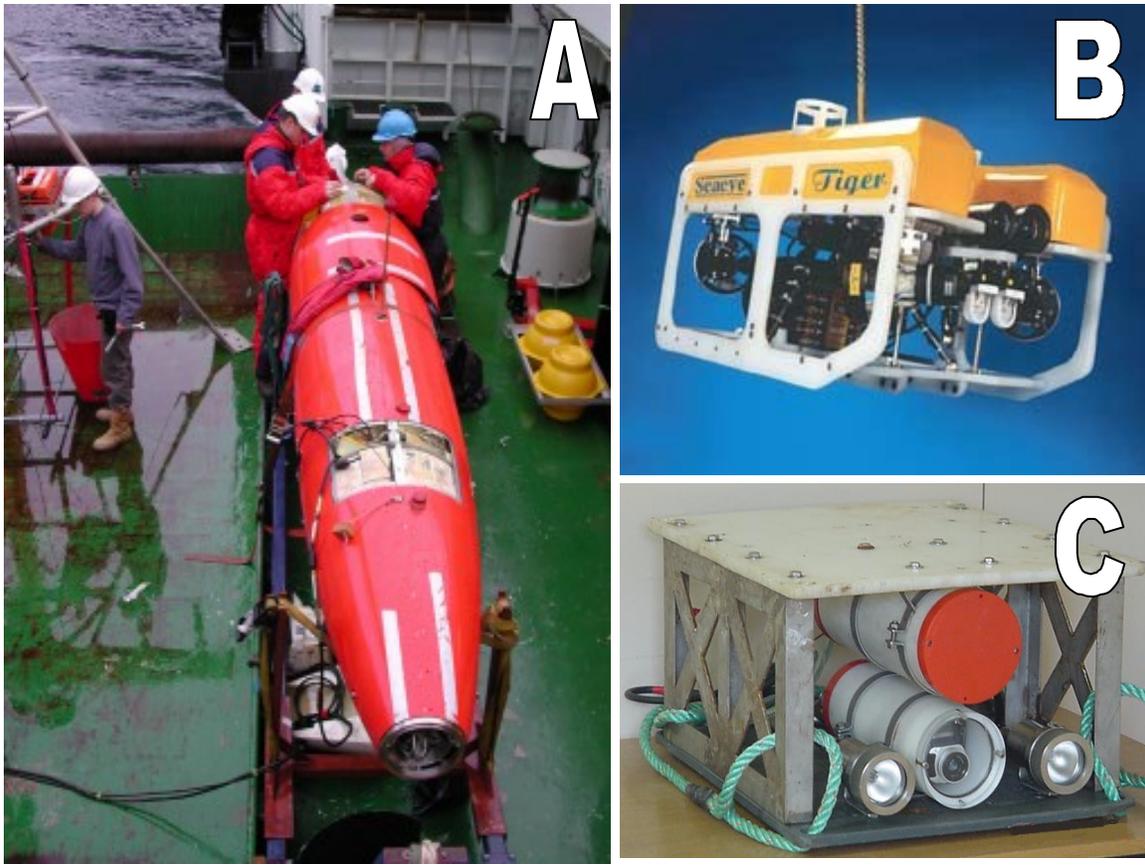


Figura 7. Tecnologías filmográficas actualmente utilizadas en la investigación submarina. A) *Hugin*, AUV de IMR (Bergen, Noruega); B) ROV; C) cámara submarina – TECPES/PUCV.

La Universidad Católica de Valparaíso es la única alternativa existente en Chile, con capacidad de realizar filmaciones submarinas a profundidades mayores a 300 m. Su equipamiento permite obtener registros de hasta 600 m, en los cuales se puede encontrar agregaciones de orange roughy y alfonsino .

En este contexto, el Proyecto FIP N° 2004-13 adjudicado a la Universidad Austral de Chile, denominado “Estimación de la biomasa reproductiva de orange roughy en sus principales zonas de concentración, 2004”, tiene entre sus objetivos el desarrollar, aplicar y evaluar diferentes métodos alternativos para la identificación de especies en las eco-agregaciones observadas. Para ello se subcontrata a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, institución que posee el equipamiento necesario para realizar filmaciones hasta 600 m de profundidad, apoyando de este modo las actividades tendientes a dar cumplimiento a este objetivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cámara submarina

El equipo utilizado con la finalidad de identificar y filmar *in situ* agregaciones de orange roughy y alfonsino en el estrato de 450 a 600 metros, corresponde a una cámara submarina programable, con una capacidad de inmersión diseñada para estas profundidades. Este equipo está compuesto por tres módulos (Figura 59), los cuales corresponden a:

- Cámara (Sony Handycam DCR-TRV17)
- Baterías (plomo-niquel)
- Iluminación (2 focos con luz Xenophot de 50 watts cada uno)

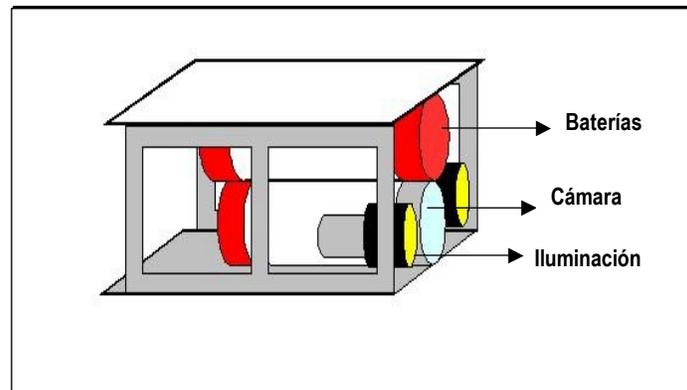


Figura 8: Esquema del equipo de filmación submarina autónoma.

### *Embarcación participante*

La embarcación utilizada para realizar la prospección acústica de este proyecto corresponde a la nave Betanzos, embarcación factoría con una eslora de 70 m, perteneciente a la empresa Pesca Chile S.A

### *Área y período de estudio*

Entre el 29 de junio y el 5 de julio se realizaron las experiencias de filmación en los diferentes montes submarinos, ubicados en las cercanías del archipiélago de Juan Fernández. En este período se realizaron un total de cinco grabaciones para identificar agregaciones de peces, todas ellas dirigidas principalmente a agregaciones de alfonsino, dada la escasa presencia de orange roughy detectada por la embarcación en este período.

### *Metodología de filmaciones*

Con el propósito de obtener un registro visual para la identificación de especies en eco-agregaciones de orange roughy y alfonsino, se llevaron a cabo una serie de filmaciones

submarinas a bordo de la nave Betanzos. Para ello se utilizó un cabo torcido de polipropileno de 800 metros de longitud, el equipo de filmación fue bajado por la banda de estribor mediante el uso de una pluma; posteriormente el cabo se pasó por una pasteca y se usó el toma fuerza (cabezal) del winche del cable de cala para el virado. La embarcación se ubicó sin propulsión activa (a la deriva), por el riesgo de enredar el cabo que une la cámara con la hélice de la embarcación y producir un corte en este cabo de polipropileno.

De esta forma, considerando que como objetivos se tienen diseñar y evaluar métodos y técnicas para la identificación y determinación de la composición de especies presentes en las eco-agregaciones de orange roughy, se usaron diferentes tiempos de grabación, intensidad de luces y configuración de la cámara en las diferentes secuencias de grabación realizadas, las cuales se detallan a continuación:

#### *Filmación 1:*

Esta filmación fue dirigida para identificar una marca de una posible agregación de alfonsino, ubicada en la zona JF4. La cámara unida al cabo de PP, se posicionó con su enfoque dirigido al fondo (Figura 60). Para esta filmación se utilizó una programación del equipo con un tiempo de espera inicial de 14,5 minutos y una secuencia de grabación de 60 minutos continuos. La cantidad de cabo que se usó fue de 400 metros. Para las luces se empleó la batería con carga completa (máxima capacidad), y una potencia de 50 watts en cada foco.

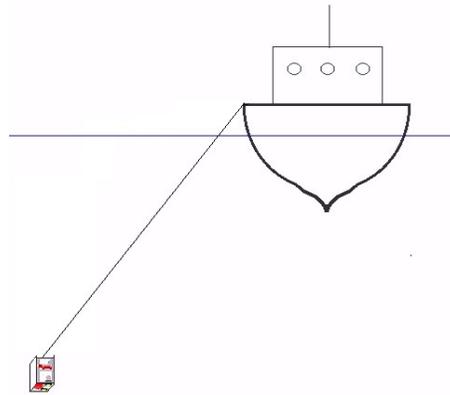


Figura 9: Disposición de la cámara con la embarcación.

#### *Filmación 2:*

Similar a la experiencia anterior se trató de identificar una posible agregación de alfonsino en la zona JF4. El equipo de filmación submarina se posicionó también con una orientación vertical dirigida al fondo. La cantidad de cabo que se usó fue de 700 metros y la programación de encendido-apagado no fue modificada. La principal diferencia radica en que se empleó una carga menor en la batería de las luces, reflejada en una reducción estimada del 25% en la intensidad de las luminarias, con el fin de disminuir la probabilidad de incidencia de este factor en una posible reacción de escape de los peces. Se continuó utilizando 50 watts de potencia nominal en cada uno de los focos del equipo.

### *Filmación 3:*

Al igual que en las filmaciones anteriores, se trató de confirmar una agregación de alfonsino en JF1, el monte mas cercano al archipiélago de Juan Fernández. La ubicación del equipo en cuanto a la dirección de la filmación se mantuvo en el plano vertical hacia el fondo, la programación de encendido y apagado fue cambiada, quedando una secuencia de 13,5 minutos de espera inicial, seguida por intervalos de 30 segundos de grabación y de 2,5 minutos de espera, secuencia repetida 25 veces. Las baterías de las luces se usaron con máxima carga (100% de intensidad luminaria) y ambos focos con una potencia de 50 watts en la iluminación.

La longitud del cabo utilizada en esta filmación fue de 750 m. Además, a los 650 m se fijaron al cabo 4 flotadores que permanecen en la superficie, con el objeto de disminuir las tensiones verticales generadas por la embarcación y su movimiento. También se colocó un peso amarrado en la parte inferior del equipo para disminuir el efecto de las corrientes y desplazamientos verticales, aproximadamente 15 kilogramos a 5 metros del lente.

### *Filmación 4:*

Se trató de identificar una marca de una posible agregación de alfonsino en la zona denominada JF2. Para esta filmación la cámara fue dispuesta en un eje horizontal (Figura 61). Esta secuencia de filmación fue modificada con el objeto de disminuir el tiempo de espera en las iteraciones a 2 minutos, de este modo la espera inicial fue de 13,5 minutos, graba 30 segundos y espera 2 minutos, iterando 30 veces los tiempos de grabado y espera.

La longitud del cabo usado fue de 750 m y también se usaron flotadores en la superficie para disminuir el efecto de las tensiones generadas por el movimiento de la embarcación.

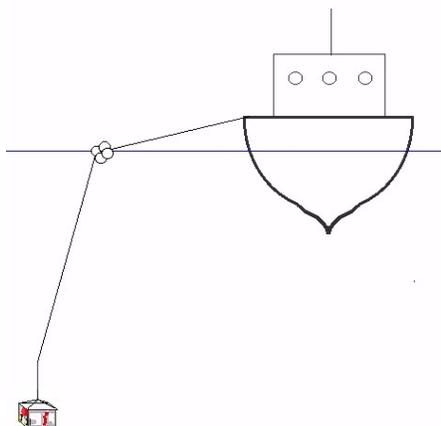


Figura 10: Disposición de la cámara con el uso de flotadores y la embarcación.

### *Filmación 5:*

Con el objeto de revisar la influencia de la intensidad de iluminación en posibles reacciones de escape, esta secuencia se grabó con las baterías de las luces a mitad de carga, equivalente a una disminución aproximada del 50% en la intensidad de iluminación de los focos. La secuencia de espera inicial, grabado-espera e iteraciones se conservaron sin modificaciones con respecto a la

experiencia anterior. Además, se mantuvo la configuración de los 4 flotadores en superficie para disminuir el efecto de tensiones generados por la embarcación y el oleaje.

En cada una de las filmaciones, se incluyó en el equipo de grabación un sensor (DST Star-Oddi®) para registro semicontinuo de temperatura y profundidad, el cual se programó para obtener registros cada 30 segundos.

## RESULTADOS

Cada una de las filmaciones fue dirigida a posibles agregaciones de alfonsino y no a orange roughy, dada la nula presencia de esta especie en la fecha en que se realizaron las filmaciones. Las posibles agregaciones de alfonsino, sin ser abundantes, marcaron presencia suficiente en algunos sectores para la realización de las experiencias de prueba. De este modo, en base a los objetivos propuestos y metodología utilizada se presentan los resultados detallados para cada una de las filmaciones realizadas:

### *Filmación 1:*

Esta filmación se llevó a cabo en el cuarto día de la salida de pesca en la zona denominada JF4. Se trató de identificar una posible marca de alfonsino, ubicada a una profundidad de 250 m. El tiempo de filmación fue de 30 minutos. Con respecto a las imágenes que fueron captadas en esta secuencia de grabación se puede mencionar que los avistamientos de especies fueron muy escasos, circunscritas a pequeños peces y crustáceos, además del fondo de la embarcación en el lento izado a pulso (Figuras 62 y 63).

En esta experiencia la embarcación no fue posicionada correctamente, respecto al viento y corrientes presentes en el lugar, por lo tanto se bajó la cámara con 350 m de cabo, para posteriormente ser izada a la embarcación. El tiempo de grabación fue de 30 minutos continuos, después de una espera de 14,5 minutos; en este tiempo se registró principalmente desde la profundidad máxima que alcanzó hasta la superficie, en un lento izado a pulso del equipo por la tripulación (por peligro de enredo, trabas o corte del cabo).



Figura 11: Registro de peces pequeños



Figura 12: Filmación del casco en izado de la cámara..

### Filmación 2:

Esta filmación fue realizada el mismo día que la filmación 1, en la misma zona (JF4) y se trató de identificar una posible marca de alfonsino (Figura 64). En esta experiencia se grabaron 37 minutos en forma continua, con un tiempo de espera inicial de 14,5 minutos. El equipo de filmación alcanzó aproximadamente 400 m de profundidad (Figura 65). En las grabaciones se registraron 8 avistamientos de jibias nadando (Figura 66), junto con numerosos ejemplares de pequeños peces, crustáceos y organismos planctónicos no identificados pertenecientes a la flora y fauna de esta zona. De la posible agregación de alfonsino a la cual se dirigió la experiencia, no se apreció ningún ejemplar, aún cuando se estaba en la profundidad de la agregación.

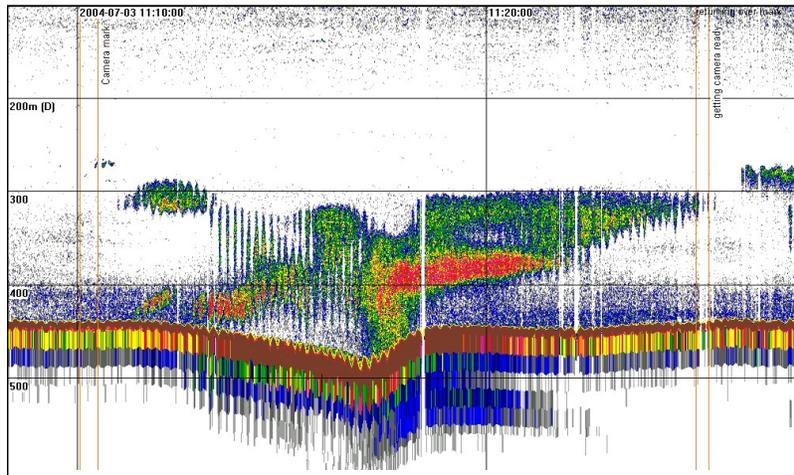


Figura 13: Ecograma de la posible marca de alfonsino estudiada durante Filmación 2 (JF4).

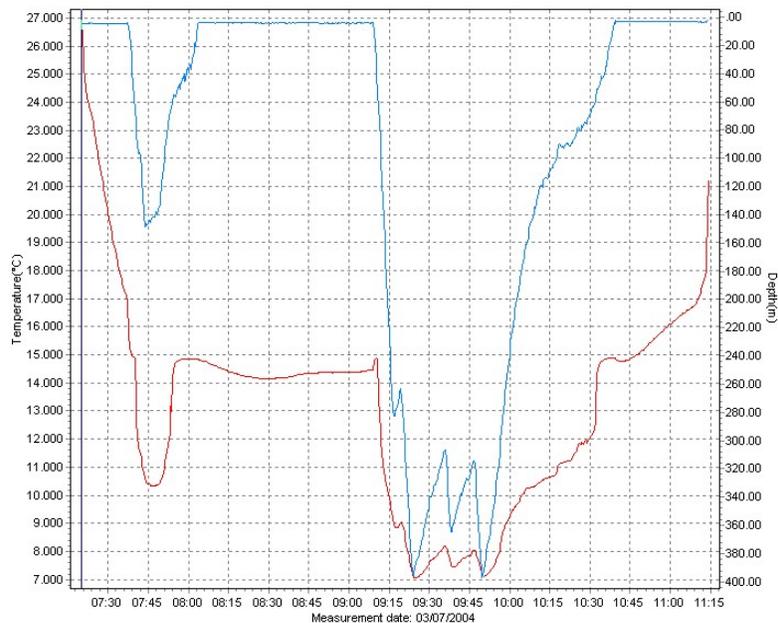


Figura 14: Perfil de temperatura y profundidad durante la filmación 2 (Zona JF4).

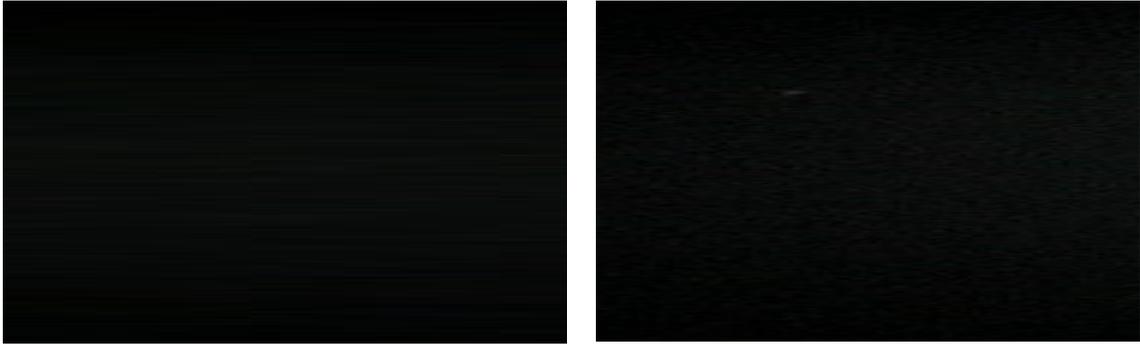


Figura 15: Registro de jibias nadando

*Filmación 3:*

Esta experiencia se llevó a cabo en la zona mas cercana a la Isla Robinson Crusoe, denominada JF1. Al igual que en las filmaciones anteriores se trato de identificar una eco-agregación bastante densa, probablemente de alfonsino (Figura 67). Se obtuvieron 10 minutos de grabación, 20 secuencias de 30 segundos grabando por 2,5 minutos de espera, alcanzando una profundidad de 340 m (Figura 68). La observación de alfonsino o de su fauna acompañante fue nula, aún cuando se alteró el programa de grabación con iteraciones por la eventual existencia de una reacción de escape a la luz de los focos, experiencia que no tuvo el efecto que se buscaba. Se registraron nuevamente en las filmaciones pequeños peces y crustáceos no identificados presentes en el lugar.

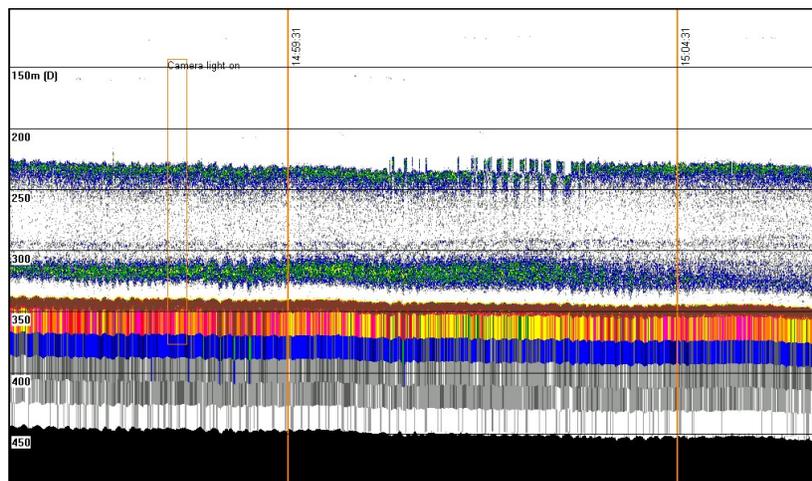


Figura 16: Ecograma del área estudiada durante la filmación 3 (Zona JF1)

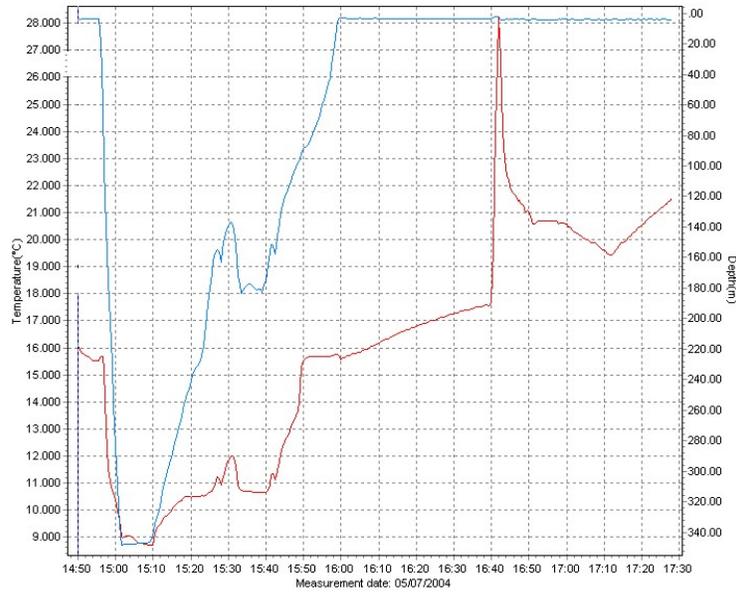


Figura 17: Gráfico de temperatura y profundidad durante la filmación 3 (Zona JF1).

#### Filmación 4:

Al igual que en las filmaciones anteriores, se trató de identificar una marca de alfonsino (Figura 69), localizada en la zona denominada JF2. Como resultado de esta experiencia, al reducir el tiempo de espera usado en la filmación 3, de 2,5 a 2 minutos, no se obtuvo ningún efecto positivo en el registro de agregaciones de alfonsino o de la fauna acompañante que las componen, se visualizaron pequeños crustáceos y plancton no identificado (Figura 70). Los flotadores lograron el efecto de disminuir las tensiones generadas por los movimientos de la embarcación y la profundidad alcanzada fue de 360 m aproximadamente (Figura 71).

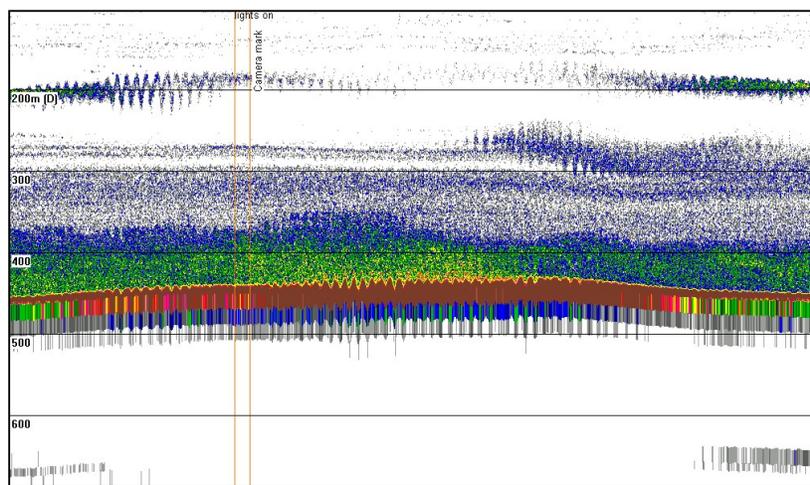


Figura 18: Ecograma de la posible marca de alfonsino que se trató de identificar. Zona JF2.



Figura 19: Imagen representativa de Filmación 4.

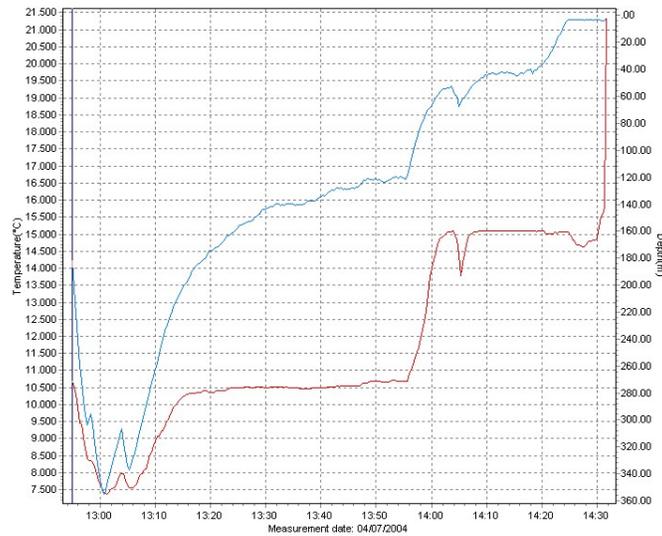


Figura 20: Temperatura y profundidad de la filmación 3. Zona JF2.

*Filmación 5:*

Al disminuir la intensidad de las luces, debido a la posible reacción de escape que podría generarse, no se obtuvo ninguna diferencia significativa con respecto a las otras experiencias. La cámara se lanzó al agua con 780 m de cabo y con cuatro flotadores en la superficie, maximizando la profundidad a la cual se grabó (sobre 450 m). La particularidad de esta secuencia es que la cámara se posó en el fondo, permitiendo registrar así la dureza e

irregularidad de este (Figura 72), pudiéndose observar las rocas que componen el sustrato de los caladeros de alfonsino y orange roughy.



Figura 21: Fondo de caladeros en montes Archipiélago de Juan Fernández.

## DISCUSIÓN

En el uso de futuras filmaciones submarinas para diferenciar agregaciones de orange roughy y alfonsino, se debe tener en cuenta aspectos propios de la especie como el comportamiento ante la luz artificial, inestabilidad de las agregaciones ante estímulos acústicos, tamaño de las agregaciones, disponibilidad y abundancia del recurso cuando se realizan las experiencias. Este conocimiento encierra diversas incógnitas sobre aspectos biológicos y de comportamiento de estas especies, que serían deseables de conocer para el logro de filmaciones exitosas. Paradójicamente este conocimiento puede ser adquirido a través de este mismo medio (filmaciones), retroalimentando la escasa información y literatura que se tiene al respecto.

Según Koslow *et al.* (1995), el uso de técnicas fotográficas y filmicas en el estudio de densidad y estructura espacial de organismos, parte de la base que estos sistemas no afectan significativamente su comportamiento y distribución, sin embargo indican que deberían evaluarse sus efectos en forma previa. Evaluando este potencial efecto, estos autores estimaron que la respuesta de orange roughy al descenso de una cámara submarina sería percibida a más de 100 m de distancia, lo cual indicaría su alta sensibilidad a alteraciones en su ambiente por objetos pequeños. La rápida dispersión de orange roughy observada por dichos autores difiere con la baja reacción de otras especies de aguas profundas, tal como *Sebastolobus altivelis* (Smith & Brown, 1983).

Se ha demostrado entonces que los recursos presentan reacciones variables frente a fuente externas de luminosidad. En Chile se ha documentado que la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y la merluza austral (*Merluccius australis*) son especies que no evidencian reacciones de escape evasivas (Melo *et al.*, 2002; Melo *et al.*, 2004). Sin embargo, y con objeto de disminuir el potencial efecto del sistema de filmación, Kornstein & Wetzstein (1968) proponen la idea de trabajar con un sistema de televisión láser submarino (LTV), el cual fue utilizado por

Ermolchev & Zaferman (2003) con resultados auspiciosos, no obstante señalan la necesidad de profundizar en la materia.

En cuanto a las experiencias realizadas en el marco de la investigación, la principal dificultad técnica que se presentó, y que incidió en su éxito, esta asociada a la dificultad de posicionar la cámara en las agregaciones de peces, tanto en el plano vertical como en el horizontal, debido a la influencia de variables ambientales (vientos y corrientes) presentes en la zona. El efecto “vela” de la embarcación al estar a la deriva, impidió un correcto posicionamiento en el plano horizontal, ya que la embarcación arrastra la cámara en la dirección que lleva el viento.

Un ejemplo del efecto mencionado anteriormente esta dado en la Filmación 1 donde, al quedar el barco mal posicionado con respecto a la dirección del viento, el cabo de sujeción quedó trabajando forzado y rozando la quilla, con el consecuente riesgo que esto significa para el equipo. La incidencia negativa de las corrientes se hace efectiva en ambos planos, ya que al arrastrar la cámara y el cabo se dificulta el control de la profundidad y su ubicación precisa. Ambos efectos se verían notablemente disminuidos al cambiar el sistema pasivo (a la deriva), por un sistema remolcado o arrastrado por la embarcación.

En términos generales, durante las filmaciones realizadas fue posible observar pequeños crustáceos y peces, los que por su distribución batimétrica podría formar parte de los ítems alimentarios de estas especies de aguas profundas. Además, se obtuvo diversos registros de jibias (*Dosidicus gigas*), lo cual demuestra su amplia distribución en el pacífico sur-oriental, que por su batimetría explicaría su presencia en lances comerciales orientados al recurso alfonsino.

Dada la experiencia adquirida, debe considerarse que en los fondos de los caladeros de alfonsino, compuestos en su mayoría por montes rocosos, la probabilidad de acceder con redes de arrastre en diversas ocasiones se torna inviable, principalmente por el riesgo de un daño parcial o total del arte. En su defecto, y como forma alternativa para la identificación de especies en dichos fondos, el uso de equipos de filmación empleados en forma individual, también presenta un elevado riesgo, aún cuando la probabilidad de algún siniestro podría ser menor, dado el tamaño de estos sistemas. En base a ello, la utilización de equipos con un grado mayor de maniobrabilidad podría ser la alternativa de apoyo en la identificación de agregaciones en la pesquería de orange roughy.

## CONCLUSIONES

La principal dificultad para el éxito de las filmaciones, en cuanto al registro filmográfico de individuos de orange roughy y alfonsino, radica en el correcto posicionamiento del equipo de filmación a la deriva, con respecto a las agregaciones. Bajo la actual configuración de este equipo, no es factible identificar las especies objetivo ni sus agregaciones.

En el caso particular del recurso orange roughy, no se pudo realizar experiencias dirigidas a este recurso, dado que no se encontró presencia y/o agregaciones en el periodo y zona de estudio en que fueron realizadas las filmaciones submarinas. Como observación importante se debe mencionar el hecho de que sólo el 1,8% de todas las agregaciones de orange roughy encontradas en el crucero de investigación se encontraban entre los 500 y 600 metros de profundidad, que es el límite operacional del equipo de filmación.

Dada la situación anterior, se tomó como especie objetivo para las filmaciones el recurso alfonsino, cuya presencia fue observada en el período y zona en que se realizaron las

filmaciones. En las agregaciones definidas como objetivo y en las que se realizaron experiencias de filmaciones, la limitante principal radicó en las dificultades para posicionar la cámara con respecto a las agregaciones en el plano vertical (profundidad) y horizontal (desplazamientos por corrientes y efecto vela de la embarcación). Todo lo anterior originado en la naturaleza del equipo que se utilizó. En la batimetría de distribución del recurso alfonsino se logró identificar ejemplares de jibia, observándose además en las grabaciones la presencia de pequeños peces y crustáceos.

Las variaciones respecto a las distintas secuencias de grabación y encendido, junto con las diferentes intensidades de iluminación utilizadas, no presentaron un efecto positivo en el éxito de las experiencias para registrar especies de orange roughy o alfonsino. En síntesis estas variables son un problema secundario respecto a la dificultad de posicionar correctamente el equipo de grabación frente a la agregación.

## REFERENCIAS

- Aoki, I. T. Inagaki & L. van Long. 1986. Measurements of the three-dimensional structure of free-swimming pelagic fish schools in a natural environment. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 52: 2069-2077.
- Ermolchev, V.A. & M.L. Zaferman. 2003. Results of experiments on the video-acoustic estimation of fish target strength *in situ*. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 544-547.
- Graves, J. 1977. Photographic method for measuring spacing and density within pelagic fish schools at sea. *U.S. Fish. Bull.*, 75: 230-234.
- Haedrich, R.L. & G.T. Rowe. 1977. Megafaunal biomass in the deep sea. *Nature*, 268: 141-142.
- Hecker, B. 1990. Variation in megafaunal assemblages on the continental margin south of New England. *Deep-Sea Research*, 37: 37-57.
- Isaksen, B. and S. Lokkeborg. 1993. Escape of fish from cod ends during fishing.
- Kornstein, E. & H. Wetzstein. 1968. Blue-green high-powered laser extends underwater visibility. *Electronics*, 41: 140-150.
- Koslow, J.A., R. Kloser & C.A. Stanley. 1995. Avoidance of a camera system by a deepwater fish, the orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). *Deep-Sea Research*, 42: 233-244.
- Melo, T., C. Hurtado, D. Cerda, D. Queirolo & I. Montenegro. 2002. Análisis del comportamiento de escape de ejemplares juveniles de merluza de cola a través de dispositivos de escape, mediante el uso de filmaciones submarinas. Informe Final. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso, 15/2002: 45 pp.
- Melo, T., P. Pavez, C. Hurtado, D. Queirolo, P. Rojas, E. Gaete, I. Montenegro, D. Cerda & R. Escobar. 2004. Selectividad de aparejos de pesca utilizados por la flota artesanal en la pesquería de merluza del sur (Proyecto FIP N° 2002-08). Informe Final. Estud. Doc., Pont. Univ. Católica Valparaíso, 07/2004: 157 pp.
- Ohta, S. 1983. Photographic census of large-sized benthic organisms in the bathyal zone of Suruga Bay, central Japan. *Bulletin of the Oceanographic Research Institute of the University of Tokyo*, 15: 1-244.

- Smith, K.L. & N.O. Brown. 1983. Oxygen consumption of pelagic juveniles and demersal adults of the deep-sea fish *Sebastolobus altivelis*, measured at depth. *Mar. Biol.*, 76: 325-332.
- Urquhart, G.G. and P.A.M. Stewart. 1993. A review of techniques for the observation of fish behaviour in the sea. *ICES Mar. Sci. Symp.*, 196: 135-139.

**ANEXO VIII. Fauna concurrente: Listado General de especies y distribución de abundancia.**

Tabla 18. Listado General de Especies

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	HL2003	B2003	B2004	Bt2004
Chimaeridae	<i>Hydrolagus macrophthalmus</i>	1	1	1	1
Scyliorhinidae	<i>Apristurus brunneus</i>	1	0	1	1
Scyliorhinidae	<i>Apristurus nasutus</i>	0	0	1	1
Squalidae	<i>Aculeola nigra</i>	1	1	1	0
Squalidae	<i>Centroscyllum</i> sp.	1	1	0	0
Squalidae	<i>Centroscymnus</i> aff <i>macracanthus</i>	0	0	1	0
Squalidae	<i>Etmopterus granulosus</i>	0	0	0	1
Torpedinidae	<i>Torpedo tremens</i>	0	0	0	1
Urolophidae	<i>Urotrygon</i> sp.	1	1	0	0
Alepocephalidae	<i>Alepocephalus tenebrosus</i>	0	0	1	1
Alepocephalidae	<i>Bajacalifornia megalops</i>	1	1	1	1
Alepocephalidae	<i>Rouleina maderensis</i>	0	0	0	1
Berycidae	<i>Beryx splendens</i>	1	1	0	1
Carangidae	<i>Trachurus symmetricus</i>	1	1	0	0
Caristiidae	<i>Caristius japonicus</i>	1	1	1	1
Centrolophidae	<i>Schedophilus</i> sp.	0	0	0	1
Congridae	<i>Pseudoxenomystax albescens</i>	1	0	0	1
Chauliodontidae	<i>Chauliodus sloani</i>	1	0	0	1
Emmelichthyidae	<i>Emmelichthys</i> sp.	0	0	0	1
Emmelichthyidae	<i>Emmelichthys nitidus</i>	1	1	0	1
Emmelichthyidae	<i>Plagiogeneion</i> sp.	0	0	0	1
Epigonidae	<i>Epigonus crassicaudus</i>	1	1	0	1
Gempylidae	<i>Gempylus</i> sp.	1	0	0	0
Gempylidae	<i>Ruvettus pretiosus</i>	0	0	0	1
Gempylidae	<i>Thyrsites atun</i>	1	1	0	0
Macrouridae	<i>Caelorinchus aconcagua</i>	1	0	0	1
Macrouridae	<i>Caelorinchus canus</i>	0	0	0	1
Macrouridae	<i>Caelorinchus chilensis</i>	1	1	1	1
Macrouridae	<i>Coelorinchus faciatus</i>	1	0	0	0
Macrouridae	<i>Coelorinchus kaiyomaru</i>	0	0	1	1

Tabla 45...continuación

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	HL2003	B2003	B2004	Bt2004
Macrouridae	<i>Coryphaenoides subserrulatus</i>	1	0	1	1
Macrouridae	<i>Macrourus carinatus</i>	1	1	0	0
Macrouridae	<i>Macrourus holotrachys</i>	1	1	1	1
Macrouridae	<i>Melanonus aff gracilis</i>	0	0	1	0
Macrouridae	<i>Nezumia pndens</i>	1	1	1	1
Macrouridae	<i>Nezumia stelsidolepis</i>	0	0	1	1
Macruronidae	<i>Macruronus magellanicus</i>	1	1	0	1
Merluccidae	<i>Merluccius gayi</i>	1	1	0	0
Molidae	<i>Mola mola</i>	0	0	0	1
Moridae	<i>Antimora rostrata</i>	0	0	0	1
Moridae	<i>Gadella obscurus</i>	0	0	0	1
Moridae	<i>Halargyreus johnsonii</i>	0	0	0	1
Moridae	<i>Lepidion ensiferus</i>	0	0	1	1
Moridae	<i>Lepidion</i> sp.	1	1	1	1
Moridae	<i>Lotella fernandeziana</i>	1	1	0	0
Moridae	<i>Mora mora</i>	1	1	0	1
Moridae	<i>Tripteryphycis svetovidovi</i>	1	0	0	0
Myctophidae	Myctophidae	1	0	0	1
Nemichthyidae	<i>Nemichthys scolopaceus</i>	1	0	0	0
Nomeidae	<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	1	0	0	0
Notacanthidae	<i>Notacanthus sexspinis</i>	1	0	0	1
Ophidiidae	<i>Genypterus blacodes</i>	1	1	0	0
Oreosomatidae	<i>Alloctytus niger</i>	1	0	1	1
Oreosomatidae	<i>Alloctytus verrucosus</i>	1	1	0	0
Oreosomatidae	<i>Pseudocyttus maculatus</i>	1	0	1	1
Paralepididae	<i>Macroparalepis macrogeneion</i>	0	0	1	0
Paralepididae	<i>Magnisudis atlantica</i>	0	0	1	0
Paralepididae	<i>Paralepsis atlantica</i>	1	0	0	0
Pentacerotidae	<i>Pentaceros</i>	1	0	0	0
Pinguipedidae	<i>Prolatilus jugularis</i>	1	1	0	0
Sciaenidae	<i>Umbrina reedi</i>	1	1	0	0
Scopelosauridae	<i>Scopelosaurus lepidus</i>	0	0	0	1
Scorpaenidae	<i>Helicolenus lengerichi</i>	1	1	0	1

Tabla 45...continuación

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	HL2003	B2003	B2004	Bt2004
Scorpaenidae	<i>Sebastes capensis</i>	0	0	0	1
Serrivomeridae	<i>Serrivomer aff beanii</i>	0	0	1	1
Stomiidae	<i>Astronesthes boulengeri</i>	1	0	1	0
Stomiidae	<i>Astronesthes</i> sp.	1	0	0	0
Stomiidae	<i>Borostomias antarcticus</i>	0	0	1	1
Stomiidae	<i>Idiacanthus antarcticus</i>	0	0	0	1
Stomiidae	<i>Opostomias micripnus</i>	0	0	1	1
Stomiidae	<i>Photonectes</i> sp.	0	1	1	0
Stomiidae	<i>Stomias affinis</i>	0	0	0	1
Stomiidae	<i>Stomias</i> sp.	1	0	0	0
Trichiuridae	<i>Lepidopus fitchi</i>	0	1	0	1
?	? (congrío plomo)	1	0	0	0
?	? (mocho)	1	0	0	0
Triakidae	<i>Mustelus mento</i> (tollo fino)	1	0	0	0

Tabla 19. Distribución de la abundancia de las especies por zona, de los distintos lances de pesca utilizados para el análisis de diversidad y de conglomerados.

Especies	Zonas de Pesca						
	JF1	JF2	JF3	JF4	JF5	BO1	BO2
<i>Etmopterus granulosus</i>	0	71	103	97	0	0	4
<i>Gadella obscurus</i>	20	201	19	40	0	0	0
<i>Helicolenus legerichi</i>	21	16	0	0	15	0	0
<i>Caelorinchus canus</i>	18	13	0	2	11	1	0
<i>Coryphaenoides subserrulatus</i>	1	36	1	7	0	0	0
<i>Macruronus magellanicus</i>	6	19	0	8	0	1	0
<i>Hydrolagus macrophthalmus</i>	0	1	3	8	0	14	0
<i>Plagiogeneion sp.</i>	0	0	0	0	22	0	0
<i>Mora moro</i>	6	9	1	2	0	1	1
<i>Nezumia pudens</i>	12	2	1	5	0	0	0
<i>Beryx splendens</i>	0	3	4	11	0	0	0
<i>Emmelichthys nitidus</i>	0	16	0	0	1	0	0
<i>Sebastes capensis</i>	15	0	0	0	1	0	0
<i>Caelorinchus chilensis</i>	3	7	0	0	0	3	0
<i>Apristurus brunneus</i>	0	1	6	4	0	0	0
<i>Macrourus holotrachys</i>	2	6	0	3	0	0	0
<i>Serrivomer beanii</i>	0	3	3	2	0	0	1
<i>Chauliodus sloani</i>	1	4	2	0	0	0	0
<i>Lepidion sp</i>	3	3	0	1	0	0	0
<i>Caelorinchus kaiyomaru</i>	0	1	1	5	0	0	0
<i>Caelorinchus aconcagua</i>	6	0	0	0	0	0	1
<i>Idiacanthus atlanticus</i>	5	0	1	1	0	0	0
<i>Bajacalifornia megalops</i>	0	4	2	0	0	0	0
<i>Nezumia stelgidolepis</i>	0	0	2	4	0	0	0
<i>Stomias affinis</i>	1	4	1	0	0	0	0
<i>Alloctytus niger</i>	0	0	2	1	0	0	0
<i>Apristurus nasutus</i>	0	2	0	0	0	0	2
<i>Opostomias micripnus</i>	0	0	0	3	0	0	0

Tabla 46...continuación

Especies	Zonas de Pesca						
	JF1	JF2	JF3	JF4	JF5	BO1	BO2
<i>Emmelichthyidae</i>	1	2	0	0	0	0	0
<i>Caristius japonicus</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pseudocyttus maculatus</i>	0	0	2	1	0	0	0
<i>Lepidion ensiferus</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Antimora rostrata</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Schelophilus sp</i>	0	1	0	0	1	0	0
<i>Epigonus crassicaudus</i>	0	2	0	0	0	0	0
<i>Ruvettus pretiosus</i>	0	2	0	0	0	0	0
<i>Pseudoxenomystax albescens</i>	1	0	0	0	1	0	0
<i>Borostomias antarcticus</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Myctophidae</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Notacanthus seppinis</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Alepocephalidae</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Alepocephalus tenebrosus</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Rouleina maderensis</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Lepidopus fitchi</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Scopelosaurus lepidus</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>torpedo tremens</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Mola mola</i>	0	0	0	0	1	0	0

Tabla 20. Distribución de la abundancia de las especies por profundidades, de los distintos lances de pesca utilizados para el análisis de diversidad y de conglomerados.

Especies	Estrato de Profundidad					
	<500	500-599	600-699	700-799	800-899	≥500
<i>Etmopterus granulosus</i>	0	1	40	124	109	0
<i>Gadella obscurus</i>	0	0	71	62	144	2
<i>Helicolenus lengerichi</i>	46	6	0	0	0	0
<i>Caelorinchus canus</i>	37	3	3	1	1	0
<i>Coryphaenoides subserrulatus</i>	0	0	0	22	21	2
<i>Macruronus magellanicus</i>	0	7	24	2	1	0
<i>Hydrolagus macrophthalmus</i>	0	14	0	9	3	0
<i>Plagiogeneion sp</i>	22	0	0	0	0	0
<i>Mora moro</i>	2	1	11	3	2	1
<i>Nezumia pudens</i>	12	0	4	4	0	0
<i>Beryx splendens</i>	0	0	8	7	3	0
<i>Emmelichthis nitidus</i>	16	0	0	0	1	0
<i>Sebastes capensis</i>	16	0	0	0	0	0
<i>Caelorinchus chilensis</i>	0	5	0	0	8	0
<i>Apristurus brunneus</i>	0	0	1	7	3	0
<i>Macrourus holotrachys</i>	0	0	1	3	4	2
<i>Serrivomer beanii</i>	0	0	2	3	3	1
<i>Chauliodus sloani</i>	0	0	1	3	2	1
<i>Lepidion sp</i>	0	0	1	1	5	0
<i>Caelorinchus kaiyomaru</i>	0	0	1	4	2	0
<i>Caelorinchus aconcagua</i>	0	0	0	0	7	0
<i>Idiacanthus atlanticus</i>	0	0	1	3	0	3
<i>Bajacalifornia megalops</i>	0	0	0	4	2	0
<i>Nezumia stelgidolepis</i>	0	0	1	4	1	0
<i>Stomias affinis</i>	0	0	0	3	0	3
<i>Alloctytus niger</i>	0	0	2	1	0	0
<i>Apristurus nasutus</i>	0	0	0	0	4	0
<i>Opostomias micripnus</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Emmelichthyidae</i>	3	0	0	0	0	0
<i>Caristius japonicus</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Pseudocyttus maculatus</i>	0	0	0	3	0	0

Tabla 47...continuación

	Estrato de Profundidad					
<i>Lepidion ensiferus</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Antimora rostrata</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Schelophilus sp</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Epigonus crassicaudus</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Ruvettus pretiosus</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Pseudoxenomystax albescens</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Borostomias antarcticus</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Mictophidae</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Notacanthus seppinis</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Alepocephalidae</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Alepocephalus tenebrosus</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Rouleina maderensis</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Lepidopus fitchi</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Scopelosaurus lepidus</i>	0	0	1	0	0	0
<i>torpedo tremens</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Mola mola</i>	0	1	0	0	0	0

**ANEXO IX: Taller de difusión y discusión de resultados.**



**PROYECTO FIP 2004-13**

**“Estimación de la biomasa reproductiva de orange roughy en sus principales zonas de concentración, 2004”  
Taller de difusión y discusión de resultados**

Fecha:

29 de Diciembre de 2004

Lugar:

Aula “Ximena Reyes de Elton”  
Universidad Católica de Valparaíso



Fisheries Research Services



Universidad de Concepción



Universidad Católica de Valparaíso

## PROGRAMA DE TALLER

Taller de difusión y discusión de resultados  
PROYECTO FIP 2004-13

”Estimación de la biomasa reproductiva de Orange Roughy en sus principales zonas de concentración, 2004”

Aula “Ximena Reyes de Elton”  
Universidad Católica de Valparaíso  
Valparaíso 29 de Diciembre 2004

### Programa de Presentaciones

- 10:00 - 10:30 Introducción al taller: Descripción metodológica  
EDWIN NIKLITSCHK, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
- 10:30 - 10:55 Composición de tallas y proporción sexual de las principales agregaciones reproductivas de orange roughy en las áreas y períodos de estudio, referido principalmente a su distribución espacial (caladeros) y batimétrica.  
*Estimación de la relación longitud-peso, según sexo y estadio de madurez en las principales agregaciones reproductivas de orange roughy en las áreas y períodos de estudio.*  
JORGE CORNEJO, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
- 11:00 - 11:25 Análisis espacial y batimétrico de la composición de especies presentes en las eco-agregaciones identificadas durante la ejecución del proyecto.  
EDWIN NIKLITSCHK (en representación del Dr. CIRO OYARZUN, UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN).
- 11:30 - 11:55 Técnicas empleadas y resultados obtenidos en el desarrollo de nuevas aproximaciones orientadas a la identificación de especies en áreas no susceptibles al arrastre de fondo.  
*I. Factibilidad del uso de características del cardumen, para discriminar entre agregaciones de Orange Roughy y Alfonsino, durante un crucero de investigación acústica*  
RODRIGO MERINO, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

12:00 - 12:45 Café, receso

12:50 - 13:10 Técnicas empleadas y resultados obtenidos en el desarrollo de nuevas aproximaciones orientadas a la identificación de especies en áreas no susceptibles al arrastre de fondo.

II. *Filmaciones* Submarinas

FELIPE HURTADO, UNIV. CATÓLICA DE VALPARAÍSO

13:10 - 13:40 Estimación de la biomasa (en peso) y abundancia (en número) de las principales agregaciones reproductivas de orange roughy en cada una de las áreas y periodos contempladas en el estudio.

EDWIN NIKLITSCHK, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

13:40 – 14:10 Discusión y sugerencias 2004

Tabla 21 .Lista de Participantes del Taller de difusión y discusión de resultados 2004.

<b>Nombres</b>	<b>e-mail</b>	<b>Institución</b>
Raúl Bustos Yañez	bentopem@ucv.cl	P.Universidad Católica de Valparaíso
Enrique Gutierrez	enrique.gutierrez@pescachile.cl	Pesca Chile S.A.
Marcel Moenne	M_moenne@elgolfo.cl	Pesquera El Golfo S.A.
Felipe hurtado	Felipe.hurtado@ucv.cl	P.Universidad Católica de Valparaíso
Patricio Herrera U.	pherrera@pesbio.cl	Pesquera Bio Bio S.A.
José Cordova	jcordova@ifop.cl	Instituto de Fomento Pesquero
Rubén Pinochet P.	rpinochet@subpesca.cl	Fondo de Investigación Pesquera
Patricio Arana E.	parana@ucv.cl	P.Universidad Católica de Valparaíso
Raúl Gili	raulgili@uach.cl	Universidad Austral
Sergio Lillo	slillo@ifop.cl	Instituto de Fomento Pesquero
Andrés Franco	afranco@friosur.cl	Friosur S.A.
Rodrigo Wiff	rwiff@ifop.cl	Instituto de Fomento Pesquero
Billy Ernst	biernst@udec.cl	Universidad de Concepción
Edwin Niklitschek H.	eniklits@uach.cl	Universidad Austral
C. Rodrigo Merino G.	rodrigomerino@uach.cl	Universidad Austral

### *Descripción de la Actividad*

El taller de difusión y discusión de los resultados del proyecto, se realizó en Valparaíso (Aula “Ximena Reyes de Elton” de la Universidad Católica de Valparaíso). Contó con la participación de representantes del Fondo de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero, Universidad de Concepción, Universidad Católica de Valparaíso, Friosur S.A., Pesquera Bio Bio S.A., Pesca Chile S.A., Pesquera El Golfo S.A.y Universidad Austral de Chile.

### *Comentarios generales de los participantes*

Se sugirió incluir en la evaluación hidroacústica a realizar durante la temporada 2005, los siguientes aspectos

- Análisis de estructura de edad a través de la lectura de incrementos marginales de otolitos, como parte del procedimiento de rutina. Este objetivo, definido con fines de manejo, deberá considerar un tamaño muestral adecuado.

- Formar un comité técnico para definir los criterios utilizados en la selección del sub-set de prospecciones consideradas en el cálculo de biomasa y, a la luz de éstos, comparar los datos de las evaluaciones hidroacústicas realizadas en los años 2003 y 2004.

*Comentarios específicos sobre el informe y manera en que estos comentarios fueron considerados (en cursiva)*

- a) Definir formalmente el sujeto de estudio, según el objetivo específico de la evaluación.

*Se utilizó la definición: "Estimación de biomasa de la fracción reproductiva de orange roughy presente en los monte submarinos, Bajo O'higgins 1 y 2, Juan Fernández 1, 2, 3 y 4 del archipiélago de Juan Fernández, entre el 21 de mayo y 15 de septiembre del 2004"*

- b) Realizar análisis de la fauna acompañante existente por estrato de profundidad y relacionarla con factores oceanográficos.

*El análisis por estrato de profundidad fue desarrollado e incluido en el presente informe. Sin embargo se consideró adecuado posponer la exploración de relaciones entre fauna y oceanografía hasta contar con datos oceanográficos obtenidos directamente en el área de distribución, según se ha definido en el proyecto FIP 2005.*

- c) Obtener índices de diversidad y porcentaje de endemismo de las diferentes especies acompañantes a las agregaciones de orange roughy.

*El presente informe considera un análisis de diversidad para cada monte estudiado. El porcentaje de endemismo esta aún siendo discutido por el equipo científico del proyecto.*

- d) Estimar el área barrida por el arrastre comercial de orange roughy en el área de estudio y la proporción del área de distribución del recurso afectada por el arrastre.

*Se generó información referente a la superficie de arrastre en proporción a la superficie total de cada monte, destacando diferentes sub-zonas de arrastre en cada uno de ellos.*

- e) Validar la capacidad predictiva de la función discriminante desarrollada por FRS, utilizando un set de datos independiente al empleado para la construcción del modelo.

*La capacidad predictiva del modelo fue evaluada utilizando ecotrazos confirmados durante el año 2003.*

- f) Considerar la capacidad predictiva de la variable "distancia desde el fondo al cardumen" en el desarrollo de la función discriminante.

*La distancia desde el fondo al cardumen fue considerada como una de las 23 variables con las cuales se analizan inicialmente cada una de las agregaciones clasificadas, antes de someterlas al análisis de función discriminante. Esta variable se describe con mas detalle en el Anexo III del informe final de este estudio.*

g) Recalcular los valores de biomasa utilizando una tercera relación longitud - fuerza de blanco. Esta tomará un punto medio de las relaciones de Doonan ( $TS = 16,15 \log(SL) - 74,34$  (dB)) y Kloser ( $TS = 16,15 \log(SL) - 76,15$  (dB)) utilizadas anteriormente.

*Se utilizó una tercera relación longitud – fuerza de blanco (Modelo III), según lo solicitado.*

$$TS=16,15*\log(SL)-75.25 \text{ (dB)}.$$

*Este valor fue usado para recalcular los nuevos valores de biomasa y coeficientes de variación para los años 2003 y 2004.*

## Anexo X. Personal participante por actividad.

Tabla 22. Personal científico que participó en los diferentes cruceros:

Nombre	Rol en el crucero	Institución
<b>Crucero I: Friosur IX, 21 al 28 Mayo</b>		
Edwin Niklitschek	Jefe de Proyecto	Universidad Austral de Chile
Ian Hampton	Soporte Acústico	Fisheries Resource Surveys
Mike Soule	Soporte Acústico	Fisheries Resource Surveys
Christian Valero	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
<b>Crucero II: Bonn, 2 al 7 Junio</b>		
Dave Boyer	Líder de crucero	Fisheries Resource Surveys
Janine Nelson	Soporte Acústico	Fisheries Resource Surveys
Daniel Segura	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Luis Iriarte	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
<b>Crucero III: Friosur IX, 13 al 17 Junio</b>		
Dave Boyer	Líder de crucero	Fisheries Resource Surveys
Janine Nelson	Soporte Acústico	Fisheries Resource Surveys
Daniel Segura	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Christian Valero	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
<b>Crucero IV: Pelagos II, 17 al 22 Junio</b>		
Dave Boyer	Líder de crucero	Fisheries Resource Surveys
Janine Nelson	Soporte Acústico	Fisheries Resource Surveys
Daniel Segura	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Eduardo Hernández	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
<b>Crucero Va: Betanzos, 29 Junio al 15 Agosto</b>		
Dave Boyer	Líder de crucero	Fisheries Resource Surveys
Janine Nelson	Análisis, soporte acústico, etc.	Fisheries Resource Surveys
Rodrigo Merino	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Hugo Lagos	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Eduardo Hernández	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
Iván Miranda	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
<b>Crucero Vb: Betanzos, 15 Agosto al 15 Septiembre</b>		
Rodrigo Merino	Líder Crucero	Universidad Austral de Chile
Hugo Lagos	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Jorge Cornejo	Soporte Acústico	Universidad austral de Chile
Eduardo Hernández	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
Iván Miranda	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile

## CRONOGRAMA MENSUAL DE LA ASIGNACION DE HORAS HOMBRE POR ACTIVIDAD DE CADA MIEMBRO DEL EQUIPO DE TRABAJO

**Nombre:** Edwin Niklitschek

**Institución:** Universidad Austral de Chile

Actividad	MESES									Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.	44	16	16	16	16	16	8	10		142
Calibración y adquisición equipos	44									44
Crucero de investigación. Prospección y muestreo	44	44	44							132
Análisis de laboratorio										0
Generación Base de datos				22						22
Post proceso datos acústicos				22						22
Análisis de Información				88	132	108	64			392
Informes (I. de avance, Pre-informe final, Informe final)				44	44	68	44	20	96	316
Taller de difusión y discusión metodológica								54		54
<b>Total</b>	132	60	60	192	192	192	152	70	96	1.124

**Nombre:** Alejandra Lafon

**Institución:** Universidad Austral de Chile

Actividad	MESES									Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.	10									10
Calibración de ecosonda y adquisición equipamiento										0
Crucero de investigación. Prospección y muestreo										0
Análisis de laboratorio										0
Generación Base de datos	44	44	44	88						220
Post proceso datos acústicos										0
Análisis de Información				44	44	44				132
Informes (I. de avance, Pre-informe final, Informe final)				60	44	44			96	244
Taller de difusión y discusión metodológica.								44		44
<b>Total</b>	54	44	44	192	88	88	44	44	96	650

**Nombre:** Rodrigo Merino

**Institución:** Universidad Austral de Chile

Actividad	MESES									Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.										0
Calibración de ecosonda y adquisición equipamiento										0
Crucero de investigación. Prospección y muestreo		88	192	192	64					368
Análisis de laboratorio										0
Generación Base de datos						96				82
Post proceso datos acústicos										0
Análisis de Información						48	20			176
Informes (I. de avance, Pre-informe final, Informe final)					128	48	68		60	304
Taller de difusión y discusión metodológica.								44		44
<b>Total</b>	0	88	192	192	192	192	88	44	60	974

**Nombre:** Alejandro Zuleta

**Institución:** Universidad Austral de Chile

Actividad	Meses								Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV		
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.									
Calibración de ecosonda y adquisición equipamiento									0
Crucero de investigación. Prospección y muestreo									0
Análisis de laboratorio									0
Generación Base de datos									0
Post proceso datos acústicos									0
Análisis de Información				44	44	88			176
Informes (Avance, Pre-informe final, Informe final)									0
Taller de difusión y discusión metodológica.							16		16
<b>Total</b>	0	0	0	44	44	88	16		192

**Nombre:** Daniel Segura\*

**Institución:** Universidad Austral de Chile

Actividad	Meses							Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.								0
Calibración de ecosonda y adquisición equipamiento								0
Crucero de investigación. Prospección y muestreo	88	192						280
Análisis de laboratorio								0
Generación Base de datos								0
Post proceso datos acústicos								0
Análisis de Información								0
Informes (Avance, Pre-final, final)								0
Taller de difusión y discusión metodológica.								0
<b>Total</b>	88	192	0	0	0	0	0	280

\*Se realizó cambio de asistente desde 15 de agosto (se describe a continuación)

**Nombre:** Jorge Cornejo Donoso(asistente reemplazo)

**Institución:** Universidad Austral de Chile

Actividad	Meses									Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.										0
Calibración y adquisición equipamiento										0
Crucero , Prospección y muestreo				96	134					230
Análisis de laboratorio										0
Generación Base de datos					58	96				154
Post proceso datos acústicos										0
Análisis de Información						48	84			132
Informes (Avance, Pre-final, Informe final)						48	24	20	96	188
Taller de difusión y discusión metodológica.								44		44
<b>Total</b>	0	0	0	96	192	192	108	60		748

**Nombre:**    Ciro Oyarzún

**Institución:**  Universidad Austral de Chile

Actividad	Meses							Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.	44							44
Calibración de y adquisición equipamiento								0
Crucero de investigación. Prospección y muestreo								0
Análisis de laboratorio		44		44				88
Generación Base de datos				44				44
Post proceso datos acústicos								0
Análisis de Información					88			88
Informes (Avance, Pre-informe final, Informe final)						22		22
Taller de difusión y discusión metodológica.								0
<b>Total</b>	44	44	0	88	88	22	0	286

**Nombre:**    Ian Hampton

**Institución:**  Fisheries Resource Surveys

Actividad	Meses							Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.	8							8
Calibración de y adquisición equipamiento								0
Crucero de investigación. Prospección y muestreo								0
Análisis de laboratorio								0
Generación Base de datos								0
Post proceso datos acústicos								0
Análisis de Información					40			40
Informes (Avance, Pre-informe final, Informe final)					56			56
Taller de difusión y discusión metodológica.							32	32
<b>Total</b>	8	0	0	0	96	0	32	136

**Nombre:** Michael Soule

**Institución:** Fisheries Resource Surveys

Actividad	Meses							Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.	40							40
Calibración de y adquisición equipamiento	56							56
Crucero de investigación. Prospección y muestreo								0
Análisis de laboratorio								0
Generación Base de datos								0
Post proceso datos acústicos								0
Análisis de Información					40			40
Informes (Avance, Pre-informe final, Informe final)								0
Taller de difusión y discusión metodológica.								0
<b>Total</b>	96	0	0	0	40	0	0	136

**Nombre:** David Boyer

**Institución:** Fisheries Resource Surveys

Actividad	Meses							Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.								0
Calibración de y adquisición equipamiento	44							44
Crucero de investigación. Prospección y muestreo	88	192	192	96				568
Análisis de laboratorio								0
Generación Base de datos								0
Post proceso datos acústicos				80				80
Análisis de Información								0
Informes (Avance, Pre-informe final, Informe final)								0
Taller de difusión y discusión metodológica.								0
<b>Total</b>	132	192	192	176	0	0	0	692

**Nombre:** Janine Nelson

**Institución:** Universidad Austral de Chile

Actividad	Meses							Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.								0
Calibración de y adquisición equipamiento								0
Crucero de investigación. Prospección y muestreo		88	192	96				376
Análisis de laboratorio								0
Generación Base de datos								0
Post proceso datos acústicos				80				80
Análisis de Información								0
Informes (Avance, Pre-informe final, Informe final)								0
Taller de difusión y discusión metodológica.								0
<b>Total</b>	0	88	192	176	0	0	0	456

**Nombre:** Observadores biológicos a bordo

**Institución:** Universidad Austral de Chile

Actividad	Meses							Total
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
Inicio de Proyecto, permisos, coordinación, diseño.								0
Calibración de y adquisición equipamiento								0
Crucero de investigación. Prospección y muestreo	360	720	720	688	360			2848
Análisis de laboratorio								0
Generación Base de datos								0
Post proceso datos acústicos								0
Análisis de Información								0
Informes (Avance, Pre-informe final, Informe final)								0
Taller de difusión y discusión metodológica.								0
<b>Total</b>	360	720	720	688	360	0	0	2848