

# Universidad Austral de Chile

Centro Trapananda

### **INFORME FINAL PROYECTO FIP 2005-13**

# EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA y TS DE ALFONSINO y ORANGE ROUGHY

INFORME CT 10-006

### CONTRAPARTE TÉCNICA

Consejo de Investigación Pesquera

### PREPARADO POR:

Edwin Niklitschek<sup>1</sup>, David Boyer<sup>2</sup>, Alejandra Lafon<sup>1</sup>, Michael Soule<sup>2</sup>, Jorge Cornejo<sup>1</sup>, Ian Hampton<sup>2</sup>, Eduardo Hernández<sup>1</sup>, Rodrigo Merino<sup>1</sup>, Pamela Toledo<sup>1</sup>, Leonardo Castro<sup>3</sup>, Gustavo Aedo<sup>3</sup> y Mario George Nacimento<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Austral de Chile

<sup>2</sup> Fisheries Resources Survey

<sup>3</sup>Universidad de Concepción

<sup>4</sup>Universidad Católica de la Santísima Concepción

Coyhaique, 16 de Octubre de 2007

## PRESENTACIÓN DE AUTORES POR FUNCIÓN O TEMA DESARROLADO

Nombre	Función
Edwin Niklitschek	Jefe de Proyecto; análisis y post-proceso data acústica, análisis estadístico; jefe de crucero.
David Boyer	Jefe de crucero; análisis y post-proceso data acústica.
Alejandra Lafon	Coordinación y diseño muestreo y análisis biológico; coordinación logística cruceros; estimación TS ex situ.; elaboración de informes.
Michael Soule	Diseño y pruebas sistema hidroacústico de profundidad; análisis de TS in situ.
Jorge Cornejo	Asistente muestreo acústico; análisis data acústica; administrador base de datos; análisis estadístico.
Ian Hampton	Experto hidroacústica; análisis TS in situ.
Eduardo Hernández	Coordinador muestreo biológico a bordo; apoyo base de datos; post- proceso data acústica.
Rodrigo Merino	Asistente y jefe de crucero.
Pamela Toledo	Post proceso data acústica, apoyo base de datos; elaboración de informes, post-proceso datos TS in-situ
Mario George-Nascimento	Análisis fauna parasitaria y dieta
Leonardo Castro	Coordinador componente oceanográfico, análisis zoo e ictioplancton.
Marcus Sobarzo	Análisis datos oceanografía física.
Gustavo Aedo	Análisis fauna concurrente y dieta.
Colaboradores:	
Janine Nelson	Asistente muestreo hidroacústico; post-proceso datos TS in-situ.
Rubén Roa	Asesoría estadística.
Hugo Lagos	Asistente muestreo hidroacústico
Luis Iriarte	Observador biológico; post-proceso datos acústicos.
Mónica Barros	Asistente muestreo hidroacústico.
Adolfo Meza	Asistente muestreo hidroacústico.
Osvaldo Castillo	Observador biológico (IFOP)
Christian Salgado	Observador biológico (IFOP)

### **RESUMEN EJECUTIVO**

Siete cruceros de investigación fueron realizados durante los meses de invierno, entre el 10 de mayo y 20 de septiembre del año 2005, con el fin de estimar la abundancia y biomasa de agregaciones de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) y alfonsino (*Beryx splendens*). Un octavo crucero de investigación se realizó para estimar la fuerza de blanco (TS) de orange roughy y alfonsino, entre el 22 de agosto y 4 de septiembre de 2006. El área de estudio se concentró en los montes submarinos adyacentes al archipiélago de Juan Fernández (específicamente en los montes JF1, JF2, JF3 y JF4), en dos montes del sector Bajo O'Higgins (BO1 y BO2) y en un monte submarino aledaño al sector de Punta Sierra (PSI).

Los cruceros de investigación se desarrollaron a bordo de 2 embarcaciones pesqueras industriales, equipadas para el desarrollo de la investigación. El muestreo hidroacústico fue de carácter semisaleatorio estratificado, basado en transectas perpendiculares a las apolíneas de profundidad en los estratos 500-1.000 m para orange roughy, y 300-600 m para alfonsino.

Del total de prospecciones realizadas 61 fueron aceptadas como válidas para orange roughy y 43 para alfonsino de acuerdo a criterios de calidad establecidos *ex-ante*. La identificación de especies en los ecotrazos se efectuó considerando los resultados de 313 lances de identificación y la aplicación del modelo probabilístico de Niklitschek *et al.*, (2005). En Punta Sierra no se observó agregaciones de orange roughy ni de alfonsino en 6 prospecciones formales y dos días adicionales de exploración, efectuados en fechas enmarcadas dentro de los períodos de máxima captura observada en años anteriores.

La abundancia total estimada de orange roughy utilizando un método equivalente al empleado en los años 2003 y 2004, alcanzó a  $8.0 \times 10^6$  individuos  $\pm 0.12$  (CV), en el Archipiélago de Juan Fernández, y a  $2.2 \times 10^6$  individuos  $\pm 0.30$  (CV) en la zona de Bajo O'Higgins. Estas abundancias permitieron a su vez, estimar biomasas totales de 15.522 toneladas  $\pm 0.12$  (CV) y 4.205 toneladas  $\pm 0.30$  (CV), para las áreas de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, respectivamente.

En el caso del alfonsino, la abundancia total estimada para el conjunto de los montes JF1, JF2 y JF4 alcanzó a los  $23,4 \times 10^6$  individuos  $\pm 0,14$  (CV). La biomasa equivalente fue estimada en 19.989 toneladas  $\pm 0,14$  (CV) Esta evaluación excluye la zona JF5 donde se ha registrado en años recientes un importante porcentaje de las capturas comerciales.

Dependiendo del método de selección de blancos utilizado (selección convencional o trazos individuales) se obtuvo dos ecuaciones alternativas para reflejar la relación entre fuerza de blanco (TS) y longitud estándar en cada una de las especies-objetivo. Por su mayor rigurosidad, se sugiere utilizar aquella derivada del método de identificación de trazos individuales, cuya expresión para orange roughy fue definida como,

$$TS = 18.5 \cdot \log(LE) - 79.4$$

Mientras que para alfonsino se propuso utilizar la relación,

$$TS = 20.0 \cdot \log(LE) - 67.7$$

La talla media de las hembras de orange roughy fue de 44,7 cm, mientras que en machos fue de sólo 41,5 cm. En alfonsino, la talla media de las hembras fue de 34 cm, superando también a los machos cuya talla media fue de 32 cm. La comparación de las estructuras de talla entre montes mostró diferencias significativas dentro de montes y especies, con la excepción de orange roughy entre los montes JF2 y JF4 para ambos sexos y de alfonsino entre los montes JF1 y JF2 en el caso de las hembras.

Durante el estudio se realizó una transecta Este—Oeste desde Juan Fernández 1 a Bajo O'Higgins 2 (16 al 22 de septiembre de 2005), donde se observó una termoclina entre 100 y 180 m; valores máximos de salinidad (>34,5) entre 150 y 380 m; una picnoclina entre 80 y 300 m de profundidad; y una fuerte oxiclina entre los 80 y 200 m. Tanto la termoclina como la haloclina y la oxiclina tendieron a ascender hacia la zona costera desde alrededor de los 200-250 m hasta los 100 m de profundidad. De acuerdo a los diagramas T-S, el orange roughy habitaría preferentemente en Agua Intermedia Antártica (AIA) con valores promedio de temperatura de 5°C y salinidad de 34,3 (psu). El ciclo circadiano del alfonsino, por su parte, implica una distribución que incluiría desde el fondo a la superficie: AIA, AESS (Agua Ecuatorial Sub Superficial) y Agua Subantártica (ASAA).

Durante el invierno, fue posible observar huevos de orange roughy en la mayoría de las estaciones de todos los montes muestreados en la zona de Juan Fernández: JF1, JF2, JF3 y JF4, con las mayores densidades observadas en JF3 (>1.200 h· 1000 m<sup>-3</sup>). En la transecta interzonal (Juan Fernández a Bajo O'Higgins) efectuada en septiembre, las mayores abundancias de huevos, larvas de peces y zooplancton fueron encontradas en las zonas correspondientes a los montes JF1, JF3 y BO2, con predominio de larvas de los mictófidos *Hygophum bruuni* y *Diogenichthys atlanticus*.

En relación a la ictiofauna concurrente, en los 313 lances positivos de identificación y pesca realizados durante el presente estudio, se capturó un total (estimado) de 2,3 toneladas, equivalente al 0,23% de la captura total. La proporción promedio de captura incidental (en peso) alcanzó estimados de 0,14% en orange roughy y 0,64% en alfonsino. En total se identificó 45 especies, 15 de las cuales dieron cuenta del 90 % del total de fauna acompañante. Entre ellas, las especies *Etmopterus granulosus* (tollo lucero o tollo narigón negro) y *Gadella obscurus* sumaron el 45,4%.

La dieta de orange roughy capturado en las áreas de pesca del archipiélago de Juan Fernández durante los años 2004-2005, estuvo compuesta principalmente por peces teleósteos, seguido en importancia por cefalópodos del tipo calamar, siendo ambos taxa de diversidad similar. De menor importancia en la dieta se registró el grupo taxonómico Crustacea, el cual a su vez fue el menos diverso. La dieta de alfonsino estuvo constituida principalmente por peces teleósteos, donde se observó mayor diversidad, seguidos por crustáceos. El grupo Cephalopoda fue de menor importancia en la dieta, presentando una diversidad mayor a crustáceos pero menor a los peces teleósteos.

En la fauna parasitaria de orange roughy se encontró 10 taxa, dentro de las cuales los más abundantes y prevalentes son nemátodos. La fauna parasitaria asociada a alfonsino estuvo compuesta por dos taxa ectoparasitarios, dos endoparasitos que maduran en el alfonsino y cinco que lo usan como hospedador intermediario y que maduran en sus depredadores.

Las actividades reportadas fueron realizadas por la Universidad Austral de Chile en cooperación con Fisheries Resources Survey de Ciudad del Cabo, Sudáfrica, el Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción, el Departamento de Ecología Costera de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, el laboratorio de Acústica Pesquera de la Universidad de Washington y el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

### **AGRADECIMIENTOS**

Nuestros 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, y a las empresas participantes, EMDEPES S.A., Pesca Chile S.A, Pesquera Bío-Bío S.A., Pesquera El Golfo S.A. y Pesquera Friosur S.A. por su apoyo económico, operacional y profesional. Nuestro especial reconocimiento a los ejecutivos, patrones, capitanes y tripulantes de las embarcaciones participantes, representadas por los señores Enrique Gutiérrez, Stanley Dennet, Patricio Herrera, Francisco Hidalgo, Enrique Moreira, Rogelio Lama, Francisco Romero, Luis Uribe y Manuel Diaz.

Nuestra gratitud también a los señores Hernán Flores y Arturo Munizaga y, en general, al equipo del Centro de Imagenología del Hospital del Trabajador de Concepción, que hizo posible la obtención de imágenes de alta resolución de orange roughy y alfonsino. Así también al Dr. John Horne y su equipo en la Universidad de Washington, señores Richard Kreisberg y David Barbee, por su invaluable apoyo en el modelamiento *ex-situ* de la fuerza de blanco de ambas especies.

# TABLA DE CONTENIDOS

I.ANTECEDENTES	19
2.OBJETIVO GENERAL	. 20
3.OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
4.METODOLOGIA	. 21
4.1.Áreas y periodo de estudio	. 21
4.2. Equipamiento, montaje, instalación y configuración del sistema acústico	. 22
4.2.1.Embarcaciones y equipamiento hidroacústico	
4.2.2.Instalación y configuración del sistema acústico	22
4.2.3.Calibración	24
4.3.Diseño muestreal y análisis estadístico	. 24
4.4. Procedimiento de asignación de energía acústica dispersada (SA) a especies de interés	. 25
4.4.1.Composición de especies en los ecotrazos.	. 25
4.4.2.Fuerza de blanco (TS) de la especie objetivo	. 27
4.5.Ecointegración	28
4.6.Protocolo de post-proceso.	. 29
4.7.Control y corrección de fuentes conocidas de sesgo	. 30
4.8.Estimación de abundancia	. 34
4.8.1.Densidad por unidad muestreal.	34
4.8.2.Densidad media del área m	35
4.8.3. Abundancia total en el área m	36
4.8.4. Varianza muestreal de la abundancia total en el área m,	. 36
4.8.5.Área ocupada por el recurso-objetivo en el área m	. 36
4.9.Estimación de biomasa	. 37
4.10.Muestreo biológico	37
4.10.1.Composición de tallas, proporción sexual e índice gonádico	.41
4.10.2.Modelo lineal mixto	42
4.10.3.Factor de ponderación.	43
4.11.Parasitofauna.	. 44
4.12.Dieta	. 45
4.12.1.Muestreo a bordo	. 45
4.12.2.Análisis en laboratorio	. 45
4.12.3.Análisis de datos	. 46
4.13.Ictiofauna capturada incidentalmente.	47
4.13.1.Análisis descriptivo	48

4.13.2.Identificación y caracterización espacial de comunidades	48
4.13.3.Potenciales fuentes de variabilidad: tiempo, profundidad, áreas, barcos	49
4.14. Caracterización de la vejiga natatoria de orange roughy y alfonsino	49
4.15.Estimación de fuerza de blanco (TS) in situ	50
4.15.1.Equipamiento	
4.15.2.Calibración	51
4.15.3.Mediciones in situ	52
4.15.4.Post-proceso	58
4.15.5.Procedimiento de selección estadística de blancos válidos	60
4.15.6.Procedimiento de estimación de medias e interceptos de relación TS-longitud	62
4.15.7.Revisión crítica de métodos empleados in-situ y propuesta metodológica	62
4.16.Modelamiento ex situ	62
4.16.1.Adquisición de imágenes y mediciones morfológicas	62
4.16.2.Modelación	65
4.16.3. Velocidad del sonido y densidad del agua de mar y tejidos	66
4.16.4.Propiedades materiales	67
4.16.5.Análisis de datos	68
4.17.Caracterización oceanográfica del área de estudio	69
4.17.1.Caracterización de la columna de agua y patrones de circulación	
4.17.2.Muestreo zooplanctónico y análisis de ictioplancton	70
4.18.Batimetría	74
S.RESULTADOS y DISCUSIÓN	75
5.1.Estimación de biomasa y abundancia de orange roughy y alfonsino	75
5.1.1.Biomasa y abundancia de orange roughy	
5.1.2.Biomasa y abundancia de Alfonsino	
5.1.3.Modelamiento geoestadístico	
5.1.4.Discusión	87
5.2.Composición de tallas y proporción sexual en orange roughy	90
5.2.1.Talla media	
5.2.2.Distribución de tallas	91
5.2.3.Proporción sexual	91
5.3.Composición de tallas y proporción sexual en alfonsino	95
5.3.1.Talla media	
5.3.2.Estructura de tallas	96
5.3.3.Proporción sexual	96
5.4.Relación longitud-peso, según sexo	99
5.5.Caracterización de la fauna parasitaria de orange roughy y alfonsino	
5.5.1.Orange roughy	

5.5.2.Alfonsino	104
5.5.3.Discusión	. 104
5.6.Dieta de orange roughy y alfonsino	105
5.6.1.Orange roughy	106
5.6.2.Alfonsino	106
5.6.3.Descripción general de la dieta por zona y sexo: orange roughy	108
5.6.4.Descripción general de la dieta por zona y sexo: alfonsino	117
5.6.5. Análisis de la dieta respecto de la talla y área geográfica: orange roughy	121
5.6.6.Análisis de la dieta respecto de la talla y área geográfica: alfonsino	124
5.6.7. Análisis del tamaño mínimo de muestra: orange roughy	129
5.6.8. Análisis del tamaño mínimo de muestra: alfonsino	129
5.6.9.Discusión	132
5.7.Caracterización de la ictiofauna capturada incidentalmente	135
5.8.Estimación de las relaciones fuerza de blanco v/s longitud	138
5.8.1.Caracterización de la vejiga natatoria	138
5.8.2.Estimación in situ	143
5.8.3.Revisión crítica de métodos empleados in situ y propuesta metodológica	146
5.8.4.Modelamiento ex situ: orange roughy	147
5.8.5.Modelamiento ex situ: alfonsino	152
5.8.6.Discusión	153
5.9.Caracterización del ambiente físico y biótico de orange roughy y alfonsino	156
5.9.1.Características oceanográficas transecta zonal este - oeste (BO2 a JF1)	
5.9.2.Características oceanográficas monte submarino Punta Sierra	160
5.9.3.Características oceanográficas monte submarino Bajo O'Higgins 2 (8 de Junio de 2005)	
5.9.4. Características oceanográficas monte Bajo O'Higgins 2 (Septiembre 22, 2005)	
5.9.5.Características oceanográficas monte submarino Juan Fernández 4	
5.9.6.Monte submarino JF3; 7 de Agosto de 2005	176
5.9.7.Monte submarino JF3; 1 al 7 de Septiembre de 2005)	177
5.9.8.Monte submarino JF2; 13 al 19 de Julio de 2005	
5.9.9.Monte submarino JF2; 13 al 14 de Septiembre de 2005	
5.9.10.Monte submarino JF2; 13 de Junio al 5 de Julio de 2005	182
5.10.Ictioplancton y biomasa zooplanctónica	183
5.10.1.Transecta zonal este-oeste (Bajo O'Higgins a Juan Fernández 1)	183
5.10.2.Monte submarino Punta Sierra	185
5.10.3.Monte submarino Bajo O'Higgins 2	185
5.10.4.Monte submarino JF4	185
5.10.5.Monte submarino JF3	185
5.10.6.Monte submarino JF2	186

1.1.2.Monte submarino JF1	186
5.11.Batimetría	187
6.CONCLUSIONES	194
7.REFERENCIAS	195
INDICE DE FIGURAS	
Figura 1. Ubicación general de las áreas de estudio. Montes JF1, JF2, JF3 y J Archipiélago de Juan Fernández. Montes Bajo O'Higgins 1 (BO1) y Bajo O' Punta Sierra (PSI)	Higgins 2 (BO2) y
Figura 2. Fotografía de disección (izquierda) e imagen de resonancia magnét mismo individuo de orange roughy, destacando posición de vejiga natatoria	
Figura 3. Longitud y ángulo de la vejiga natatoria, medidos directamente des resonancia magnética. Imagen superior: esquema de ubicación general de vej Imagen central: alfonsino; Imagen inferior: orange roughy	iga y mediciones;
Figura 4. Proporción de tallas (longitud estándar) de orange roughy estimada agregaciones 1 (panel superior) y 2 (panel inferior), sobre las cuales se efectu posibles blancos individuales de esta especie	ió el registro de
Figura 5. Proporción de tallas (longitud estándar) estimada para alfonsino en correspondientes a las agregaciones 1, 2, 3 y 4, sobre las cuales se efectuó el blancos individuales de esta especie.	registro de posibles
Figura 6. Recreación tridimensional en CT Scan viewer del cuerpo y vejiga roughy (pez # 25; macho de 42,4 cm LS). Los controles en la tabla de la izquicortar, ampliar y modificar los contrastes de la imagen	ierda permiten rotar,
Figura 7. Contornos del cuerpo del pez y órganos de interés (vejiga natatoria, y gónadas). Izquierda: vista lateral; Derecha: vista dorsal. (orange roughy, pe cm LS)	z 50: macho de 29
Figura 8. Esquema que muestra los puntos de referencia utilizados para toma cuerpo y órganos del pez (vejiga natatoria en este caso), para convertir los co de los análisis de resonancia magnética a archivos digitales. (Adaptado de Jeden	r las mediciones del ntornos obtenidos ch & Horne, 2002).
Figura 9. Representación esquemática de los contornos del cuerpo y vejiga na (superior) y los correspondientes cilindros utilizados en el modelo KRM. (Ac Jech, 2005)	atatoria del pez laptado de Horne &
Figura 10. Patrón de rayos acústicos incidentes, transmitidos y reflejados a tra modelos de retrodispersión acústica utilizados: a) A la izquierda se representa alfonsino, cuya vejiga natatoria está llena de gases; b) A la derecha un model orange roughy representando, para efectos ilustrativos, sólo la vejiga natatoria completo de orange roughy considera también la influencia de gónadas y colcuyo patrón de rayos acústicos es similar al mostrado por la vejiga natatoria el Modificado de Barr (2001).	avés de dos de los a el modelo de o simplificado de a. El modelo umna vertebral, en la imagen.
Figura 11. Estaciones oceanográficas realizadas en JF2 en julio de 2005 (pan septiembre del mismo año (panel derecho)	72
Figura 12. Estaciones oceanográficas realizadas en BO2 en junio de 2005 (p	anel izquierdo) y

septiembre del mismo año (panel derecho).	72
Figura 13. Estaciones oceanográficas en el sector PSI, Crucero 1-15 de Mayo 2005	73
Figura 14. Ubicación de estaciones en la transecta Este-Oeste, desde el sector Bajo O'Higgins (BO2), hasta Juan Fernández (JF1)	
Figura 15.: Mapa de distribución de densidad relativa (m2*mn-2) de orange roughy en el mor JF1, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84)	
Figura 16.: Mapa de distribución de densidad relativa (m2*mn-2) de orange roughy en el mor JF2, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84)	
Figura 17.: Mapa de distribución de densidad relativa (m2*mn-2) de orange roughy en el mor JF3, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84)	
Figura 18.: Mapa de distribución de densidad relativa (m2*mn-2) de orange roughy en el mor JF4, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84)	
Figura 19.: Mapa de distribución de densidad relativa(m2*mn-2) de orange roughy en el mon BO1, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84)	
Figura 20.: Mapa de distribución de densidad relativa (m2*mn-2) de orange roughy en el mor BO2, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84)	
Figura 21.: Mapa de distribución de densidad relativa (m2*mn-2) de alfonsino en el monte JF año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84)	
Figura 22.: Mapa de distribución de densidad relativa(m2*mn-2) de alfonsino en el monte JF año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84)	
Figura 23. Estructura de tallas de orange roughy por sexo para cada zona de estudio. machos negro) y hembras (en blanco)	
Figura 24. Estructura de talla de orange roughy en JF2, evolución mensual para machos (en negro) y hembras (en blanco)	
Figura 25. Proporción de hembras de orange roughy en lances de identificación y capturas comerciales según monte y mes	
Figura 26. Estructura de tallas de Alfonsino por sexo para zona de estudio, machos (en negro hembras (en blanco)	) y
Figura 27. Proporción de hembras en capturas comerciales y lances de identificación de alfon en el área de estudio	
Figura 28. Relación longitud - peso de hembras y machos de orange roughy y alfonsino, agregadas por zona y por mes. La línea corresponde al modelo ajustado, según PT=exp(bo)*LHb1	. 100
Figura 29. Relación entre el primer gradiente composicional de las infracomunidades de parásitos de Hoplostethus atlanticus (círculo blanco: JF1, triángulo negro: JF2, rombo negro: cuadrado blanco: JF4, rombo blanco: Bajo O'Higgins) expresado en unidades de desviación estándar x 100, y el peso corporal de los huéspedes (gr), según zona de pesca.	
Figura 30. Relación entre el primer gradiente composicional de las infracomunidades de pará de Beryx splendens (Símbolos negros:JF1, símbolos blancos: JF2) expresado en unidades de desviación estándar x 100, y el peso corporal de los huéspedes (gr), según zona de pesca	. 105
,	. 125
Figura 32. Análisis de conglomerados, orange roughy 2005. A : BC sobre IIR, B : BC sobre	IIR,

C: P sobre F%
Figura 33. Análisis de conglomerados alfonsino, 2005. A = BC sobre IIR, B = BC sobre IIR, C = P sobre F%
Figura 34. Curva acumulada de la diversidad de presas en los contenidos estomacales de orange roughy, en términos del número de especies, periodo 2004
Figura 35 Curva acumulada de la diversidad de presas en los contenidos estomacales de orange roughy, en términos del número de especies, periodo 2005
Figura 36 Curva acumulada de la diversidad de presas en los contenidos estomacales de alfonsino, en términos del número de especies, periodo 2005
Figura 37. Imagen superior: vejiga natatoria de alfonsino, se observa pared ventral rota. Imagen central e imagen inferior: vejiga natatoria desprendida de la cavidad corporal
Figura 38. Posición de la vejiga natatoria de alfonsino. La imagen muestra el ángulo con respecto a la horizontal (11º para la muestra)
Figura 39. Disposición de la vejiga natatoria en orange roughy. Imagen superior: resonancia magnética. Imagen central: disección. Imagen inferior: vejiga natatoria (V), gónada (G), hígado (H), corazón (C)
Figura 40. Vejiga natatoria de orange roughy. Izquierda: vista ventral. Derecha: vista lateral 141 Figura 41. Relación entre peso de la vejiga natatoria de orange roughy y volumen desplazado.
Figura 42. Relación entre el peso de la vejiga natatoria de orange roughy y la longitud estándar. (Coeficiente de Spearman= 0,77)
Figura 43. Relación entre el porcentaje del peso de la vejiga (con respecto al peso total sin gónadas) y la longitud estándar (orange roughy). Se incluye la línea de tendencia
Figura 44. Relación entre el porcentaje en peso de la vejiga (con respecto al peso total sin gónadas) y el peso total (orange roughy). Se incluye línea de tendencia143
Figura 45. Distribución de frecuencias relativas de valores de fuerza de blanco de orange roughy según método de selección de blancos individuales
Figura 46. Distribución de frecuencias relativas de valores de fuerza de blanco de alfonsino según método de selección de blancos individuales
Figura 47. Fuerza de blanco (dB) en función de la longitud (mm) de un ejemplar de sexo femenino de 432 mm (LE), IGS=5,54 (insonificado a 38 kHz)
Figura 48. Fuerza de blanco (dB) graficada como función de la longitud estándar de orange roughy. Se representa el valor TS promedio entre los 20 peces modelados
Figura 49. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en el tejido corporal de un ejemplar de sexo femenino de orange roughy de 42,7 cm (LE), a 38 kHz. El triángulo indica los valores de referencia: g0= 1,019 y h0= 1,036
Figura 50. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en la vejiga natatoria de un ejemplar de sexo femenino de 42,7 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo indica los valores de referencia g0= 0,876 y h0= 1,029
Figura 51. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en gónadas de un ejemplar de sexo femenino de 42,7 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo indica los valores de referenciag0= 1,054 y

h0= 0,686
Figura 52. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en la columna vertebral de un ejemplar de sexo femenino de 42,7 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo indica los valores de referencia g0= 1,007 y h0= 0,830
Figura 53. Fuerza de blanco (dB) en función de la longitud(mm) de un alfonsino (ALFO-07) de 315 mm (LE)
Figura 54. Fuerza de blanco (dB) graficada como función de la longitud estándar de alfonsino Se representa el valor TS promedio entre los 14 peces modelados
Figura 55. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en la vejiga natatoria de un alfonsino de 19,0 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo abierto indica los valores de referencia g0= 0,122 y h0= 0,225.
Figura 56. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en el tejido corporal de un alfonsino de 19,0 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo abierto indica los valores de referencia g0= = 1,021 y h0= 0,225
Figura 57. Secciones zonales de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Transecta Este-Oeste; 16 al 22 de Septiembre de 2005. Montes submarinos no están a escala
Figura 58. a) Diagramas T-S. b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos/hora). Transecta Este-Oeste; 16 al 22 de Septiembre de 2005
Figura 59. Panel superior: Anomalía geopotencial (m2/s2). Panel central: Velocidad geostrófica Norte-Sur (en m/s). Panel inferior: Transecta zonal de Sigma-t. Transecta Este-Oeste; 16 al 22 de Septiembre de 2005
Figura 60. Secciones zonales de temperatura, salinidad y sigma potencial. Punta Sierra; 15 de Mayo de 2005
Figura 61. Secciones meridionales de temperatura, salinidad y sigma potencial. Punta Sierra; 15 de Mayo de 2005
Figura 62. a) Diagramas T-S. b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora-1). Punta Sierra; 15 de Mayo de 2005
Figura 63. Superior: anomalía geopotencial (m2 s-2); Medio: velocidad geostrófica Norte-Sur (en m/s); Inferior: transecta zonal de Sigma-t. Punta Sierra; 15 de Mayo de 2005
Figura 64. Perfiles verticales de temperatura, salinidad y sigma-potencial. Bajo O'Higgins; 8 de Junio de 2005
Figura 65. a) Diagramas T-S.; b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora-1). Bajo O'Higgins; 8 de Junio de 2005
Figura 66. Superior: anomalía geopotencial (m2·s-2); Medio: velocidad geostrófica Norte-Sur (en ms-1); Inferior: transecta zonal de Sigma-t. Bajo O'Higgins; 8 de Junio de 2005
Figura 67:. Perfiles verticales de temperatura, salinidad y sigma-potencial. Bajo O'Higgins 2; 22 de Septiembre de 2005
Figura 68. Secciones zonales de temperatura, salinidad y sigma potencial. Bajo O'Higgins 2; 22 de Septiembre de 2005
Figura 69. a) Diagramas T-S; b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora-1) Bajo O'Higgins 2; 22 de Septiembre de 2005

ms-1); Inferior: transecta zonal de Sigma-t. Bajo O'Higgins 2; 22 de Septiembre de 2005 172 Figura 71. Superior: Anomalía geopotencial (m2/s2); Medio: Velocidad geostrófica Este-Oeste (en m/s); Abajo: Transecta meridional de Sigma-t. Bajo O'Higgins 2; 22 de Septiembre de 2005
Figura 72. Perfiles verticales de temperatura, salinidad, sigma-potencial y oxígeno disuelto.  Monte JF4; 31 de julio al 8 de agosto de 2005
Figura 73. a) Diagramas T-S; b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora-1) Monte JF4; 31 de julio al 8 de agosto de 2005
Figura 74. Perfiles verticales de temperatura, salinidad y sigma-potencial. JF2; 13 al 19 de Julio de 2005.
Figura 75. Secciones meridionales de temperatura, salinidad y sigma potencial. Crucero 2. JF2.
Figura 76. a) Diagramas T-S; b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora-1)
Figura 77. Fotografías de huevos de orange roughy
Figura 78. Mapa batimétrico del monte JF1, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte JF1.La zona blanqueda no fue cubierta en el presente proyecto 187
Figura 79. Mapa batimétrico del monte JF2, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte JF2
Figura 80. Mapa batimétrico del monte JF3, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte JF3
Figura 81. Mapa batimétrico del monte JF4, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto inferior muestra la imagen tridimensional del monte JF4
Figura 82. Mapa batimétrico del monte BO1, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte BO1
Figura 83. Mapa batimétrico del monte BO2, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte BO2
Figura 84. Mapa batimétrico del monte BO1, las isolíneas de profundidad corresponde a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). La figura superior muestra la imagen tridimensional del monte BO1
INDICE DE TABLAS
Tabla 1. Fechas y embarcaciones en las cuales se realizó los cruceros destinados a evaluar la biomasa de orange roughy y de alfonsino (2005) y estimar la fuerza de blanco (2006) de orange roughy y alfonsino

Tabla 2. Áreas prospectadas para orange roughy y alfonsino en 2005	. 22
	.24
Tabla 4. Número de prospecciones exitosas y de transectas utilizadas para la estimación de	
biomasa para cada monte	26
Tabla 5. Lances de identificación por monte según especie-objetivo y composición de la captur	ra . 28
Tabla 6. Número de ecotrazos ajustados y valor promedio de los factores de corrección	
aplicados según fuente de sesgo considerada para orange roughy	.34
Tabla 7. Número de ecotrazos ajustados y valor promedio de los factores de corrección aplicados según fuente de sesgo considerada para alfonsino	. 34
Tabla 8. Objetivo muestreal según tamaño de captura.	.38
Tabla 9. Escala macroscópica para determinar el estadio de madurez sexual de hembras y mach de orange roughy.(Young et al., 2000)	hos .39
Tabla 10. Descripción de estadios de madurez sexual de alfonsino, de acuerdo a escala macroscópica de Lehodey et al. (1997)	.40
Tabla 11. Número de estómagos analizados de orange roughy y alfonsino en áreas de pesca del archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, durante los años 2004 y 2005. Entre paréntesis se indica el número de estómagos con contenido.	l 45
Tabla 12: Ubicación geográfica, profundidad media y número de posibles blancos individuales utilizados para la estimación de fuerza de blanco in situ de orange roughy, según set de datos y	
agregación reproductiva. Celdas en gris corresponden a set descartados por problemas eléctrico	•
Tabla 13: Promedio ± error estándar de la longitud estándar y de su logaritmo base-10 en cada una de las dos agregaciones de orange roughy insonificadas para la obtención de mediciones de TS in-situ.	
Tabla 14. Ubicación geográfica, profundidad media y número de posibles blancos individuales utilizados para la estimación de fuerza de blanco in situ de alfonsino, según set de datos y agregación reproductiva. Celdas en gris corresponden a set descartados por problemas eléctrico y/o ausencia de blancos potenciales	
Tabla 15. Promedio ± error estándar de la longitud estándar y de su logaritmo base-10 en cada una de las cuatro agregaciones de alfonsino insonificadas para la obtención de mediciones de Tin-situ.	
Tabla 16. Parámetros utilizados en la selección de blancos individuales para orange roughy y alfonsino (entre paréntesis valores usados para alfonsino).	. 58
Tabla 17. Criterios de selección utilizados para la identificación automatizada de blancos individuales de orange roughy y alfonsino	
Tabla 18. Parámetros de tolerancia y ponderación de variables utilizados para la identificación	
trazos individuales en ambas especies	
Tabla 19. Valores estimados de velocidad del sonido y densidad del agua de mar según temperatura y salinidad	66
Tabla 20. Valores de densidad y velocidad del sonido en tejidos utilizados en los modelos de	
fuerza de blanco de alfonsino y orange roughy	.uð
Tabla 21. Rango de valores de densidad y velocidad del sonido en tejidos, utilizados en el análisis de sensibilidad del modelo	. 69

Tabla 22. Cruceros, embarcaciones utilizadas, periodos de muestreo y número de estaciones oceanográficas por monte estudiado
Tabla 23. Área prospectada y estimados de la proporción del área ocupada por el stock , p(SA>0), del área efectiva del stock , coeficiente medio de dispersión acústica y abundancia relativa de la fracción desovante de orange roughy presente en el área y período de estudio. Subtotales y total corresponden a sumas o medias ponderadas, según corresponda. El número de dígitos significantes ha sido definido de manera arbitraria para facilitar consistencia numérica 82
Tabla 24. Valores estimados de densidad numérica, , abundancia, , y biomasa, , correspondientes a la fracción desovante de orange roughy presente en el Archipiélago de Juan Fernández durante el presente estudio. Sub-totales y total corresponden a sumas o medias ponderadas, según corresponda. El número de dígitos significantes ha sido definido de manera arbitraria para facilitar consistencia numérica
Tabla 25. Comparación de valores estimados de densidad numérica, , abundancia, , y biomasa, , obtenidos utilizando relaciones alternativas de TS-LE empleadas en Australia y Nueva Zelanda. Valores corresponden a la fracción desovante de orange roughy presente en el Archipiélago de Juan Fernández en 2005
Tabla 26. Área prospectada y estimados de la proporción del área ocupada por el stock , p(SA>0), del área efectiva del stock , del coeficiente medio de dispersión acústica , y de la abundancia relativa de la fracción poblacional de alfonsino presente en el área y período de estudio. Sub-totales y total corresponden a sumas o medias ponderadas, según corresponda. El número de dígitos significantes ha sido definido de manera arbitraria para facilitar consistencia numérica
Tabla 27. Valores estimados de densidad numérica, , abundancia, , y biomasa, , correspondientes a la fracción poblacional de alfonsino presente en el Archipiélago de Juan Fernández durante el presente estudio. Se incluye un segundo estimado de biomasa (referencial) basado en la relación general TS-longitud propuesta por Foote (1987)
Tabla 28. Resultados del modelamiento geoestadístico para el coeficiente de dispersión por unidad de área, , y la probabilidad de presencia del stock, , correspondientes a orange roughy 87 Tabla 29. Resultados del modelamiento geoestadístico para el coeficiente de dispersión por unidad de área, , y la probabilidad de presencia del stock, , correspondientes a alfonsino. n.c.
indica no convergencia del modelo
Tabla 31: Talla media de orange roughy estimada (cm ± EE) para cada monte y sexo del área de estudio. Superíndices distintos indican diferencias significativas entre medias agregadas ( todos los sexos dentro de montes y todos los montes dentro de sexo
Tabla 32: Talla media de orange roughy estimada (cm ± EE) para el monte JF2 por sexo y mes, entre junio y septiembre 2005. Superíndices distintos indican diferencias significativas entre medias agregadas ( todos los sexos dentro de montes y todos los montes dentro de sexo91
Tabla 33: Proporción de tallas en el conjunto de capturas de orange roughy muestreadas durante el período de estudio por monte
Tabla 34. Talla media de alfonsino estimada (cm $\pm$ EE) para cada monte y sexo del área de estudio. Se incluye estimaciones agregadas para todos los sexos dentro de montes y todos los

montes dentro de sexo9	6
Tabla 35. Proporción de tallas en el conjunto de capturas de alfonsino muestreadas durante el período de estudio por monte	7
Tabla 36. Prevalencia (P%) y abundancia (A) de 10 taxa de parásitos encontrados en 194 ejemplares de orange roughy (Hoplostethus atlanticus) provenientes de cinco zonas de pesca alrededor del Archipiélago de Juan Fernández	2
Tabla 37. Número de parásitos totales (N) encontrados en 194 ejemplares de orange roughy (Hoplostethus atlanticus) provenientes de cinco zonas de pesca alrededor del Archipiélago de Juan Fernández	3
Tabla 38. Clasificación de los ejemplares de orange roughy de 5 zonas de pesca según análisis discriminante simple de la composición de los ensambles de 10 taxa parasitarios encontrados en los 194 individuos hospedadores examinados	
Tabla 39. Prevalencia (P%) y abundancia (A) de 8 taxa de parásitos encontrados en 60 ejemplares de alfonsino Beryx splendens provenientes de dos zonas de pesca alrededor del Archipiélago Juan Fernández.	4
Tabla 40. Número de estómagos analizados de orange roughy y alfonsino en áreas de pesca del archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, durante los años 2004 y 2005. Entre paréntesis se indica el número de estómagos con contenido	6
Tabla 41. Itemes presa identificados en los contenidos estomacales de orange roughy capturado en el Archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins (2004 y 2005)	
Tabla 42. Itemes presa identificados en los contenidos estomacales de alfonsino capturado en el Archipiélago de Juan Fernández, año 2005	
Tabla 43. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF1, año 2005	
Tabla 44. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF2, año 2004 11	
Tabla 45. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF2, año 2005	
Tabla 46. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF3, año 2004 11	
Tabla 47. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF3, año 2005	
Tabla 48. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF4, año 2004 11	
Tabla 49. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF4, año 2005	
Tabla 50. Composición alimentaria de alfonsino capturado en JF1, año 200511	
Tabla 51. Composición alimentaria de alfonsino capturado en JF2, año 200512	
Tabla 52. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2004, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Relativa (IIR)	2
Tabla 53. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2004, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Numérica (IIN)	2
Tabla 54. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2004, utilizando el Índice de Similitud de Pianka (P), sobre la base de la Frecuencia de Ocurrencia (F)	3
Tabla 55. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2005, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Relativa (IIR)	3
Tabla 56. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2005, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Numérica (IIN)	3
Tabla 57. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2005, utilizando el Índice de Similitud de Pianka (P), sobre la base de la Frecuencia de Ocurrencia (F)	

Tabla 58. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, Alfonsino 2005, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Relativa (IIR)	127
Tabla 59. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, Alfonsino 2005, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Numérica (IIN)	
Tabla 60. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, Alfonsino 2005, utilizando el Índice de Similitud de Pianka (P), sobre la base de la Frecuencia de Ocurrencia (F)	
Tabla 61. Distribución por zona de los distintos lances de pesca donde se obtuvo fauna acompañante.	135
Tabla 62. Distribución por profundidad de los distintos lances de pesca para el total de las áre donde se obtuvo fauna acompañante.	
Tabla 63. Listado de especies, porcentaje de abundancia y porcentaje acumulativos	S
Tabla 65: Fuerza de blanco estimada para un pez de 40,7 cm de longitud según el modelo KRI distintas relaciones TS-LS aplicadas a orange roughy	-
Tabla 66. Fuerza de blanco(dB) estimada para un pez de 350 mm, modelada por la aproximación Kirchhoff ray mode.	
Tabla 67. Áreas de muestreo, crucero, número de estaciones con muestras de zooplancton, estaciones con huevos y larvas de peces y estaciones con huevos de orange roughy, colectados durante el periodo de estudio. Promedio y desviación estándar de huevos de orange roughy corresponden sólo a estaciones positivas.	
Tabla 68. Larvas de peces. Número de estaciones positivas en que se presentó cada taxón en estadio larval en el área y periodo de estudio. En paréntesis se indica el número total de estaciones en que se hizo muestreo zooplanctónico en cada zona.	
INDICE DE ANEXOS FÍSICOS	
Revisión ex-post de métodos empleados y propuesta metodológica para futuros estudios de TS situ (Soule et al.)	
Configuración ecosondas empleados en las estimaciones de abundancia y biomasaAnex	o II
Lances de identificación efectuados en el desarrollo del proyecto	Ш
Estaciones oceanográficas	ıV
Personal Participante por actividad y objetivo específico	o V

### LISTADO DE DOCUMENTOS EN LINEA

http://www.trapananda.uach.cl/BIMAC/FIP2005-13.html

Castro, L., Sobarzo, M. & S. Vásquez. Caracterización del ambiente físico (columna de agua), ictioplancton y biomasa zooplanctónica en las principales zonas de abundancia del orange roughy y alfonsino frente a Chile Central.

Aedo, G., Veas R., Ibañez, C. & R. Chong. Caracterización de la fauna acompañante y alimentación de orange roughy y alfonsino.

George-Nascimento, M. & K. González. Caracterización de la parasitofauna de alfonsino y orange roughy frente a Chile Central.

### 1. ANTECEDENTES

El orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) y el alfonsino (*Beryx splendens*) son especies demersales de aguas profundas. El primero se distribuye principalmente entre los 500 y 1.500 m, generalmente asociado a montes y cañones submarinos (Branch, 2001; Boyer *et al.*, 2001). El alfonsino en cambio, posee una distribución más superficial, siendo frecuente encontrarlo entre los 200 y 800 m (Lehodey *et al.*, 1997); en los caladeros chilenos se ha observado en profundidades inferiores a los 600 m (Boyer *et al.*, 2003; Niklitschek *et al.*, 2005).

Existen registros de actividad comercial y/o presencia de ambas especies tanto en el Pacífico Norte y Sur, como en el Atlántico Norte e Índico. Sus características biológicas sugieren gran vulnerabilidad a la sobre-explotación, especialmente orange roughy, cuya edad de primera madurez bordea los 33 años y se estima alcanza una longevidad de 150 años (Gili *et al.*, 2002). En los países en los que se desarrolla esta pesquería existen fuertes regulaciones y evaluaciones de stock periódicas para procurar la sustentabilidad de la explotación del recurso.

La historia mundial de estas pesquerías no sobrepasa las tres décadas, por lo que su estudio biológico y pesquero se ha desarrollado principalmente en los últimos 20 años. Actualmente existe preocupación por la respuesta al esfuerzo pesquero, considerando la aparente fragilidad del hábitat y el desconocimiento del efecto de las perturbaciones sobre el reclutamiento. En Chile las capturas comerciales de orange roughy se iniciaron en 1999. El alfonsino, por su parte, era extraído principalmente como fauna acompañante de otras especies-objetivo hasta el año 2004, en que se le declaró recurso en estado y régimen de plena explotación. Hasta la fecha, el esfuerzo pesquero y las capturas de orange roughy se han concentrado en 4 montes submarinos aledaños al archipiélago de Juan Fernández (JF1, JF2, JF3 y JF4), en el monte Bajo O'Higgins 2 (BO2) y un monte aledaño a Punta Sierra (PSI), focalizando la actividad de la flota sobre las agregaciones reproductivas que se reúnen para el desove en los meses de otoño e invierno. El esfuerzo y captura de alfonsino se ha concentrado fundamentalmente en 3 montes aledaños al archipiélago Juan Fernández (JF1, JF2 y JF5-JF6), sin evidencia de asociación entre captura y desove.

El conocimiento nacional necesario para la explotación sustentable de estos recursos, se ha desarrollado, principalmente, en el marco de un convenio de investigación cooperativa en el que participan la Subsecretaría de Pesca, la industria propietaria de licencias de pesca, el Instituto de Fomento Pesquero y la Universidad Austral de Chile. Como resultado de esta iniciativa, se han logrado importantes avances en relación a la estimación de biomasa en las principales áreas de operación de la pesquería, dentro de los cuales se incluye el inicio de un sistema de monitoreo acústico de bajo costo de las operaciones de la flota desde el año 2002, evaluación hidroacústica de abundancia de orange roughy en las principales agregaciones reproductivas de los montes submarinos aledaños al Archipiélago de Juan Fernández (2003 y 2004) y en dos montes de Bajo O'Higgins (2004) (Boyer et al., 2003, Niklitschek et al., 2005), evaluación hidroacústica preliminar de la abundancia de alfonsino (2004), obtención de información relacionada con los montes submarinos que, en general, han sido pobremente estudiados.

Los montes submarinos pueden sustentar alta productividad y biodiversidad conformando sectores de alimentación para peces, mamíferos y aves. Diversos autores han llamado la atención sobre los efectos que provocaría la remoción de grandes niveles de biomasa, ocasionados por la actividad pesquera, sobre la estructura de los ecosistemas marinos (Botsford *et al.*, 1997; Reid *et al.*, 2000). La explotación selectiva de predadores tope representa una perturbación del tipo "top-down", que puede tener efectos en los ecosistemas pelágicos disminuyendo la presión que ejercen los predadores sobre niveles tróficos inferiores (Essington *et al.*, 2002; Olson & Galván-Magaña, 2002).

Los antecedentes de ecología trófica de orange roughy y alfonsino son escasos en aguas del Pacífico Sur Oriental, el primero es considerado como un predador mesopelágico y bentónico cuya dieta está conformada principalmente por peces, crustáceos y cefalópodos (Lillo *et al.*, 1999; Labbé & Arana, 2001). Por otra parte, Labbé & Arana (2001) señalan que la dieta de alfonsino está constituida por peces y crustáceos. El establecimiento de las relaciones tróficas en los peces es uno de los tópicos más importantes en ecología de comunidades ya que permite no sólo conocer las posibles interacciones con los otros organismos de cuya comunidad es parte, sino que también, permite determinar el nivel trófico que ocupa la especie en la trama trófica en que participa.

Ante la falta de un estimador de fuerza de blanco para los stocks chilenos de orange roughy y alfonsino, parte del esfuerzo de este estudio estuvo orientado a obtener una primera estimación de dicho valor. Este informe presenta la primera aproximación de valores de TS para los cardúmenes chilenos de orange roughy y alfonsino.

El presente estudio tuvo como objetivo principal estimar la distribución y composición de la abundancia y biomasa de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) y alfonsino (*Beryx splendens*) en sus principales áreas de concentración en los más importantes caladeros del Archipiélago de Juan Fernández, Bajo O'Higgins y Punta Sierra, mediante el método hidroacústico. También dedicó esfuerzos a estimar la fuerza de blanco de las especies objetivo y caracterizar el ambiente físico y el entorno biológico del hábitat de estas especies, considerando en este último punto tanto la composición de la dieta como la fauna parasitaria y fauna acompañante de ambas.

### 2. OBJETIVO GENERAL

Estimar la distribución y composición de la abundancia y biomasa de orange roughy (Hoplostethus atlanticus) y alfonsino (Beryx splendens) en sus principales áreas de concentración en aguas nacionales mediante métodos hidroacústicos.

## 3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estimar la abundancia (en número) y biomasa desovante (en peso) de orange roughy en cuatro áreas de pesca del Archipiélago de Juan Fernández, las dos de Bajo O"Higgins y el área de Punta Sierra.
- 2. Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de alfonsino, en sus principales áreas de pesca.
- 3. Estimar la composición de tallas, relación longitud-peso y proporción sexual de los efectivos de orange roughy y alfonsino presentes en cada una de las áreas o caladeros estudiados, durante el periodo de evaluación acústica.
- 4. Estimar mediante métodos in situ, la fuerza de blanco (TS) para orange y alfonsino.
- 5. Caracterizar el entorno biológico (fauna acompañante, parasitofauna, alimentación) y el ambiente físico (T°, S‰, O<sub>2</sub>, etc.) del hábitat de ambas especies, asociando las variables a una cartografía de sus respectivos fondos de pesca.

### 4. METODOLOGIA

## 4.1. Áreas y periodo de estudio

Entre el 10 de mayo y el 4 de septiembre de 2006 se realizó ocho cruceros de investigación sobre las principales áreas de concentración de orange roughy y alfonsino en Juan Fernández, Bajo O'Higgins y Punta Sierra (Figura 1, Tabla 1). En cada monte se definió entre 1 y 6 estratos para cada especie, considerando la batimetría del terreno y la distribución histórica de observaciones pesqueras y acústicas (Young et al. 2000, Boyer et al. 2003, Niklitschek et al. 2005, Niklitschek et al. datos no publicados).

Las observaciones hidroacústicas y sus respectivos lances de identificación se concentraron en los estratos batimétricos 300-600 m de los montes Juan Fernández 1, 2 y 4 (JF1, JF2, JF4) para el alfonsino, y en los 500-1000 m en el caso del orange roughy, montes Juan Fernández 1, 2, 3, 4 (JF1, JF2, JF3 y JF4), Bajo O'Higgins 1 y 2 (BO1 y BO2) y Punta Sierra (PSI).

La programación original de los cruceros definió periodos prioritarios de estudio de acuerdo a las fechas esperadas de desove en cada monte, que fueron definidos en base a los antecedentes reportados por Young et al. (2000, 2004), Boyer et al. (2003) y Niklitschek et al. (2003). La realización efectiva de los cruceros siguió estrechamente el patrón señalado, ajustándose a las limitaciones operacionales e imprevistos propios de la navegación (Tabla 2, Figura 1). Cinco de los ocho cruceros fueron efectuados en el buque hielero "Bonn", abarcando 41 días en el año 2005 y 13 días el año 2006. En el buque factoría "Betanzos" se realizó los tres restantes en el año 2005 (56 días de prospección en total). Las actividades destinadas a estimar la fuerza de blanco de orange roughy y alfonsino se desarrollaron entre el 22 de agosto y 4 de septiembre de 2006.

Tabla 1. Fechas y embarcaciones en las cuales se realizó los cruceros destinados a evaluar la biomasa de orange roughy y de alfonsino (2005) y estimar la fuerza de blanco (2006) de orange roughy y alfonsino.

Crucero	Buque	Año	Fecha Área objetivo		Otras áreas evaluadas
I	Bonn	2005	Mayo 10-16	PSI	
II	Betanzos	2005	Junio 5-Julio 25	JF1, JF2, BO1, BO2	
III	Bonn	2005	Julio 2- 10	JF2	
IV	Bonn	2005	Julio 12- 28	BO1, BO2	
V	Betanzos	2005	Julio 27-Agosto 10	JF4	JF3
VI	Bonn	2005	Agosto 14- 25	JF3	JF4
VII	Betanzos	2005	Agosto 29-Septiembre 20	JF3	
VIII <sup>1</sup>	Bonn	2006	Agosto 22-Septiembre 4	JF1, JF3	

<sup>1</sup> Crucero para determinación de TS de orange roughy y alfonsino.

Tabla 2. Áreas prospectadas para orange roughy y alfonsino en 2005.

Monte	Latitud	Latitud	Longitud	Longitud	Área prospectada (km²)	
	mínima	máxima	máxima	mínima	Orange roughy	Alfonsino
JF1	33,49	33,69	78,45	78,24	186	261
JF2	33,41	33,7	77,85	77,58	167	280
JF3	33,35	33,42	77,46	77,37	51	0
JF4	33,39	33,49	76,94	76,82	96	96
BO1	32,86	32,96	73,95	73,84	64	0
BO2	32,86	32,86	73,65	73,61	7	0
PSI	31,18	31,24	71,80	71,88	104	0

### 4.2. Equipamiento, montaje, instalación y configuración del sistema acústico

### 4.2.1. Embarcaciones y equipamiento hidroacústico

Los cruceros de evaluación hidroacústica se realizaron en 2 embarcaciones industriales, PAM Bonn y BF Betanzos, debidamente equipadas para el desarrollo de la investigación. Ambas reunieron las características técnicas y operativas definidas para el estudio: ecosondas SIMRAD EK60 y/o ES60, transductores de 38 kHz (Tabla 3); ambas embarcaciones trabajaron con una potencia de 2000W y un largo de pulso de 2,048 ms; sensores magnéticos de inclinación vertical y horizontal; eslora >48 m; artes de pesca adecuados para la captura de orange roughy y alfonsino hasta 1.000 m de profundidad, sensores de profundidad, temperatura y posición de las redes de pesca y aparejos para la operación de un transductor remolcable.

#### 4.2.2. Instalación y configuración del sistema acústico

En ambos barcos se utilizó transductores SIMRAD ES38B. En el BF Betanzos, el transceptor correspondió a un modelo Simrad EK60 (software EK60 versión 1.4.4.66), que por una falla en la tarjeta madre fue reemplazado en forma temporal por un ES60 (software ES60 versión 1.5.0.74). En el PAM Bonn se utilizó un transductor modelo Simrad EK60 (software EK60 versión 1.4.4.66). Los sistemas ES60/EK60 (de talles de configuración en Anexo II) fueron conectados al GPS principal de la embarcación y a una red de área local, que contó con los computadores y discos duros requeridos para almacenar y post-procesar los datos acústicos. La información acústica fue registrada y post-procesada utilizando los programas computacionales Echolog© (versión 3.00.23.0) y Echoview© (versión 3.30.60.07).

Las pruebas de interferencia en el equipamiento acústico causadas por la operación de otros equipos eléctricos y mecánicos de la nave, establecieron una velocidad óptima de muestreo de 5,5 a 8 nudos, que fue ajustada de acuerdo a las condiciones climáticas imperantes en cada prospección. Dadas las óptimas condiciones ambientales, presentes durante la mayor parte del período de estudio, no fue necesario utilizar el transductor remolcado, manteniendo un promedio de atenuación por movimiento del transductor montado en la quilla del barco, bajo el 10%.

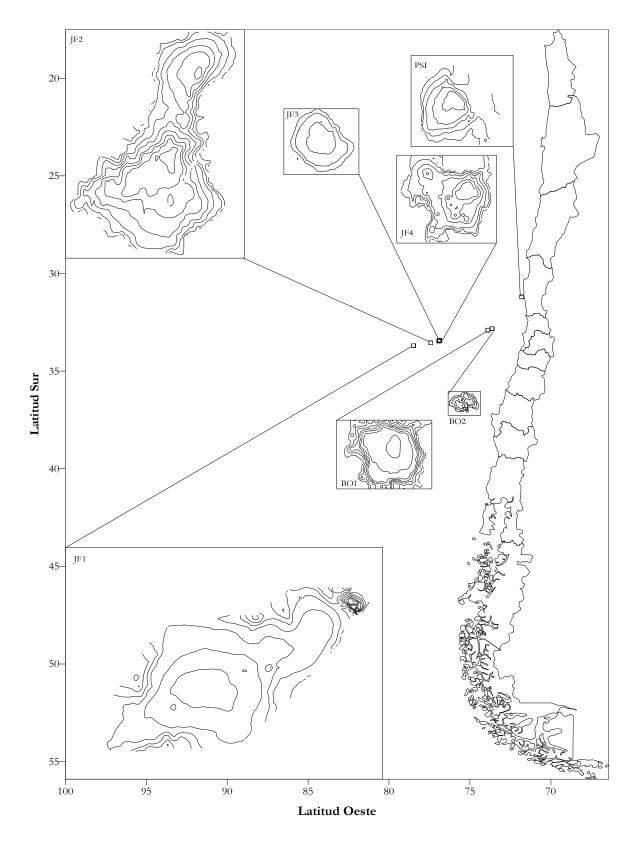


Figura 1. Ubicación general de las áreas de estudio. Montes JF1, JF2, JF3 y JF4 en el Archipiélago de Juan Fernández. Montes Bajo O'Higgins 1 (BO1) y Bajo O'Higgins 2 (BO2) y Punta Sierra (PSI).

Tabla 3. Especificaciones técnicas de las embarcaciones utilizadas.

Embarcación	Bonn	Betanzos
Compañía	Bío-Bío	PescaChile
Eslora (m)	54,20	72,10
Manga (m)	11,00	12,50
Calado (m)	4,00	6,00
TRG (ton)	945	1.438
Potencia HP	2.400	2.700
Propulsor	Hélice de inclinación variable	Hélice de inclinación variable
Ecosonda	Simrad EK60 38kHz	Simrad ES60 38kHz

#### 4.2.3. Calibración

Cada sistema fue cuidadosamente configurado y calibrado al menos una vez durante el periodo de estudio, siguiendo la metodología descrita por Foote (1982) y los procedimientos indicados por el fabricante. Este método se basa en la determinación de los ajustes a la ganancia y a la señal de ecointegración (NASC), necesarios para igualar las intensidades observadas y esperadas del eco producido por un blanco estándar de fuerza de blanco conocida (esfera de cobre de 60 mm, TS≈-33,6 dB). Este blanco fue posicionado 15 a 20 m bajo el transductor de la embarcación por medio de tres líneas de monofilamento, controladas por un sistema de carretes electrónicos. Los carretes electrónicos fueron montados sobre una base extensible en la borda del barco y comandados desde el puente de la embarcación. Para evitar interferencia en la recepción del eco, todos los sistemas eléctricos no esenciales de la embarcación fueron apagados durante la calibración.

### 4.3. Diseño muestreal y análisis estadístico

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 concentración de orange roughy (500-1.000 m) y alfonsino (300-600 m) en el área de estudio.

Para la generalidad del área de estudio se definió una distancia promedio nominal entre transectas de 930 m (0,5 mn), lo que corresponde a aproximadamente 1,5 veces el rango promedio estimado en los variogramas de orange roughy en el año 2004 por Niklitschek *et al* (2005). En los estratos de mayor concentración de orange roughy la separación media se redujo a 620 m (0,33 mn grilla fina). Considerando el pequeño tamaño de los montes JF3, BO2 y PSI, y la mayor incerteza obtenida en los estimados previos de biomasa en éstos sectores, se utilizó una grilla más fina de 460 m (0,25 mn). En todos los casos la aleatorización se limitó a una

distancia mínima de 180 m entre transectas. Aprovechando la flexibilidad de análisis entregada por la aproximación geoestadística, se incorporó en las estimaciones de densidad media, en número y biomasa, las observaciones hidroacústicas entre transectas obtenidas por la aplicación de este método.

La meta de muestreo fue alcanzar coeficientes de variación muestreal inferiores al 20% en orange roughy y a 25% en alfonsino. Para estimar el número de prospecciones necesarias para alcanzar estos valores, se realizó un re-muestreo aleatorio de la evaluación realizada en 2004 (Niklitschek *et al.*, 2005), cuyos resultados indicaron que para ello se requería obtener 9 prospecciones exitosas repetidas en los estratos de alta concentración y tres en los de baja concentración. Los criterios para definir coberturas exitosas fueron los siguientes:

- Presencia evidente de agregaciones (ecotrazos) de orange roughy en al menos un 3% del área de estudio de orange roughy; y 10% del área de estudio de alfonsino².
- Proporción de hembras<sup>3</sup> en EMS IV+V>25%
- Cuociente hembras<sup>4</sup> EMS IV/V>0,1
- Índice de corrección por pérdida de ecos <25%</li>
- Índice de corrección por movimiento del transductor <35%</li>

Del total de prospecciones realizadas para orange roughy, 61 fueron aceptadas como exitosas superando los criterios de calidad antes señalados, generando un total de 73.807 unidades básicas de muestreo. Para alfonsino, 43 prospecciones cumplieron los criterios de calidad indicados y fueron aceptadas para análisis, correspondiendo a 61.379 unidades básicas de muestreo (Tabla 4). En general, fue posible alcanzar y superar la meta de incerteza muestreal en ambas especies. Sin embargo, se debe destacar las dificultades encontradas en Punta Sierra. En el primer caso, después de tres prospecciones y un total de dos días adicionales de exploración dirigida a las zonas y en fechas históricas de captura, no fue posible observar agregaciones de ninguna de las dos especies-objetivo del presente estudio. En Bajo O'Higgins, sólo se observó un reducido número de agregaciones, pequeñas y dispersas, con características gonádicas de post-desove.

# 4.4. Procedimiento de asignación de energía acústica dispersada (S<sub>A</sub>) a especies de interés.

### 4.4.1. Composición de especies en los ecotrazos.

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 & 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.

<sup>2</sup> No aplicado en JF4, donde la presencia de alfonsino no superó el 2% del área de estudio, en este caso se usaron todas las prospecciones.

<sup>3</sup> No aplicado a Bajo O'Higgins y Punta Sierra donde, históricamente, no se ha observado grandes concentraciones de hembras desovantes.

<sup>4</sup> No aplicable para alfonsino

Tabla 4. Número de prospecciones exitosas y de transectas utilizadas para la estimación de biomasa para cada monte.

Monte	Orange	roughy	Alfonsino		
	N° de prospecciones exitosas	N° de unidades muestreales	N° de prospecciones exitosas	N° de unidades muestreales	
JF1	17	20.131	28	43.247	
JF2	16	23.516	12	15.683	
JF3	9	10.903	0	0	
JF4	13	14.784	3	2.449	
BO1	1	1.721	0	0	
BO2	5	2.752	0	0	
PSI	0	0	0	0	
Total	61	73.807	43	61.379	

Los lances de identificación se ajustaron a la capacidad operacional del barco (captura y proceso), 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 262 lances de identificación positivos para orange roughy y 51 lances de identificación positivos para alfonsino. En ambos casos, la mayoría de los lances fueron prácticamente mono-específicos (Tabla 5). Se consideró positiva mente identificados aquellos ecotrazos ubicados a una distancia menor a 500 m de la línea de arrastre de un lance de identificación efectuado 24 horas 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 (códigos):

- 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 la especie objetivo p(OR) (probabilidad de ser orange roughy o probabilidad de ser alfonsino respectivamente), estimada a partir del modelo probabilístico de Niklitschek *et al.* (2005), definido 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 ±0,034 (EE)

 $\beta_1$  : 5,196 ± 0,0081 (EE)

### 4.4.2. Fuerza de blanco (TS) de la especie objetivo

### a) Orange roughy

De acuerdo a los resultados del presente estudio (Sección 5.7) se utilizó la relación de fuerza de blanco surgida de la combinación de análisis *in-situ* y *ex-situ*, definida por la ecuación,

$$TS = 18.5 \cdot log(LE) - 79.4 \text{ (dB)}$$

Por consistencia con estudios anteriores, se reporta también resultados obtenidos utilizando las relaciones longitud estándar (LE)- fuerza de blanco empleadas en años anteriores para Chile, Nueva Zelanda y Australia:

$$TS = 16,15 log(LE) - 76,15 (dB)$$
 Hampton & Soule (2002)

### b) Alfonsino

Se utilizó la relación derivada como resultado del presente estudio (sección 5.7), reflejada en la relación,

$$TS = 20 \cdot log(LE) - 67,7 \text{ (dB)}$$

Para fines comparativos también se estimó la biomasa utilizando la generalización de Foote (1987) para peces fisoclistos, en la cual,

$$TS = 20 \cdot log(LE) - 67.4 \text{ (dB)}$$

Se efectuó un análisis de varianza para comparar la talla media [log(LE)] y el peso medio, entre semanas dentro de montes, sin encontrar diferencias significativas. Por ello, se procedió a obtener un estimado único de talla y peso medio para cada monte y especie.

Tabla 5. Lances de identificación por monte según especie-objetivo y composición de la captura

Especie objetivo	Monte	Número de lances	Orange	Alfonsino	Otras especies
	JF1	25	0.00%	99.17%	0.83%
A16	JF2	22	0.00%	99.84%	0.16%
Alfonsino	JF4	4	0.00%	99.66%	0.34%
	Sub-total	51	0.00%	99.36%	0.64%
	JF1	67	99.90%	0.00%	0.10%
	JF2	68	99.68%	0.00%	0.32%
	JF3	29	99.90%	0.00%	0.10%
0	JF4	93	99.85%	0.00%	0.15%
Orange roughy	BO1	0			
	BO2	5	97.64%	0.00%	2.36%
	PSI	0			
	Sub-total	262	99.86%	0.00%	0.14%
Total	Total		82.86%	16.91%	0,23%

## 4.5. Ecointegración

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

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

$$S_{v} = P_{r} + 20 \cdot \log r + 2\alpha \cdot r - 10 \cdot \log \left( \frac{P_{t} \cdot G_{0}^{2} \cdot r_{0}^{2} \cdot \lambda^{2} \cdot c \cdot \tau \cdot \Psi}{32 \cdot \pi^{2}} \right) - 2CF \text{ dB re 1 m}^{-1}$$

donde,

P<sub>r</sub>: potencia recibida (dB re 1 W)

r: rango (m)

α : coeficiente de absorción (dB m<sup>-1</sup>)

P<sub>t</sub>: Potencia transmitida (W)

G<sub>0</sub>: constante del ecosonda (sin dimensión)

 $\lambda$ : longitud de onda (m)

c : velocidad del sonido (m ·s<sup>-1</sup>)

τ : duración del pulso (s)

 $\psi$ : ángulo equivalente dos vías (esteradianes)

CF: factor de corrección (dB re 1 m<sup>-1</sup>)

b) Coeficiente de dispersión por unidad de área náutica  $(S_{A_k})$  en la región k:

$$S_{A_{K}} = \sum_{p=1}^{m} \delta \sum_{d=1}^{\frac{h}{\delta}} 10^{\frac{S_{V_{dp}}}{10}} \cdot \pi \cdot 1.852^{2} \cdot fce_{bt} \cdot fcm_{l} \cdot fcp_{k} \cdot fci_{k} \cdot fcs_{k} \cdot fdz_{k}$$
donde,

(m² mn²)

m: número de pulsos (p) en el intervalo k

 $\delta$ : altura de los quanta digitalizados (*d*)

h: altura de la eco-región.

Sv<sub>dp</sub>: intensidad del eco por unidad de volumen del quanta d en el pulso p.

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

fcm<sub>1</sub>: factor de corrección por la atenuación del eco causada por el movimiento oscilatorio del transductor en la transecta l.

fcp<sub>k</sub>: factor de corrección por pulsos perdidos y defectuosos en la región k.

fci<sub>k</sub>: factor de corrección para el eco incidental asociado a la región

fcs<sub>k</sub>: 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.

## 4.6. Protocolo de post-proceso

El post-proceso se ajustó al siguiente protocolo de trabajo para orange roughy:

- Estrato batimétrico de análisis: 500 a 1.000 m
- Intervalo básico de muestreo: 50 m
- Delineación de ecotrazos: semi-automática con ayuda del módulo SHAPES de Sonardata Inc.
  - Longitud mínima total: 40 m

- Altura mínima total: 10 m
- Longitud mínima del ecotrazo candidato: 5 m
- Altura mínima del ecotrazo candidato: 2 m
- Máxima distancia de enlace vertical: 5 m
- Máxima distancia de enlace horizontal: 20 m
- Filtro Sv para delineación de ecotrazos: -70 ó -72 dB
- Filtro Sv para ecointegración: -75 dB

Para alfonsino el post-proceso se ajustó al siguiente protocolo de trabajo:

- Estrato batimétrico de análisis: 200 a 600 m
- Intervalo básico de muestreo: 50 m
- Delineación de ecotrazos: semi-automática con ayuda del módulo SHAPES de Sonardata Inc.
  - Longitud mínima total: 40 m
  - Altura mínima total: 10 m
  - Longitud mínima del ecotrazo candidato: 5 m
  - Altura mínima del ecotrazo candidato: 2 m
  - Máxima distancia de enlace vertical: 5 m
  - Máxima distancia de enlace horizontal: 20 m
- Filtro Sv para delineación de ecotrazos: -70 ó -72 dB
- Filtro Sv para ecointegración: -75 dB

### 4.7. Control y corrección de fuentes conocidas de sesgo

Siguiendo un proceso equivalente al empleado por Boyer et al. (2003) y Niklitschek et al. (2005), se aplicaron los siguientes factores de corrección (Tablas 6 y 7) en orange roughy y alfonsino :

a) Calibración de los equipos

Según procedimiento descrito en 4.2.

b) Atenuación de la señal como consecuencia del movimiento del transductor:

Para estimar la pérdida de energía de la señal acústica como resultado del cambio en la orientación del transductor entre las fases de emisión y recepción (Simmonds & MacLennan, 2005), se montó en el puente de cada embarcación un compás digital Honeywell HMR3000, cuya señal fue registrada de manera semi-continua a una tasa de 180 muestras por minuto (software PC Demo Interface, versión 2.03).

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):

$$\Psi_{D} = \int \int \left( \frac{2J(ka \cdot \sin Y_{t})}{ka \cdot \sin Y_{t}} \right)^{2} \cdot \left( \frac{2J(ka \cdot \sin Y_{r})}{ka \cdot \sin Y_{r}} \right)^{2} \cdot d\Omega$$

donde,

*J* : Función de Bessel

k : número de onda acústica

a : radio del transductor

 $\Omega$  : dirección de integración

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

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

 $\theta_0$  : separación angular entre transmisión y recepción

 $\theta$  : ángulo polar del haz acústico

ángulo azimutal del haz acústico

El ángulo normalizado ( $\theta_N$ ) para cada par *i* de registros de "roleo"  $\theta_{X_i}$ , "cabeceo"  $\theta_{Y_i}$ , fue calculado siguiendo la ecuación:

$$\theta_N = tg^{-1} \sqrt{tg^2(\theta_X) + tg^2(\theta_Y)}$$

La secuencia de datos de  $\theta_{N_t}$  correspondiente a cada ecotrazo fue interpolada hasta alcanzar una resolución de 0,1 s, procediéndose luego a calcular la separación angular media entre emisión y recepción de la señal, para cada ecotrazo, utilizando la relación:

$$\bar{\theta}_0 = \frac{\sum_{t=1}^{t=e} \left| \theta_{N_t} - \theta_{N_{t-\Delta t}} \right|}{t/\Delta T}$$

donde  $\Delta t$  es el tiempo estimado entre emisión y recepción (en décimas de segundo), calculado utilizando la relación

 $\Delta t$  :  $\Delta t = \frac{20 \cdot \overline{r}}{c}$ 

 $\overline{r}$ : rango promedio entre emisor y blanco (m)

c : velocidad del sonido (m · s<sup>-1</sup>)

### c) 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:

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

donde,

 $n_k$ : total de pulsos emitidos sobre la región k

 $bp_k$ : número de pulsos no recepcionados o defectuosos

### d) 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 y alfonsino, integrando el eco retro-dispersado por una celda inmediatamente contigua, de igual altura al ecotrazo de orange roughy o alfonsino 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,

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

donde,

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

 $S_{{\it A}_{\it l,k}}$  : intensidad promedio del eco retrodispersado por la celda de referencia, adyacente a la región  $\it k$ .

## e) Absorción del sonido

Esta corrección fue aplicada para reducir el sesgo originado por la diferencia entre el coeficiente de absorción nominal del ecointegrador  $(\alpha_{set})$  y el coeficiente estimado  $\alpha_t$  a partir de la temperatura y salinidad medidas *in situ* y la profundidad de la marca<sup>6</sup>  $(z_l)$ , siguiendo la expresión:

$$fca_l = 10^{(\alpha_t - \alpha_{set}) \cdot 2z_l}$$

donde (Doonan et al. 2003),

$$\alpha_{t} = \frac{A_{2} \cdot P_{2} \cdot f_{2} \cdot f^{2}}{c(f_{2}^{2} + f^{2})} + A_{3} \cdot P_{3} \cdot f^{2}$$

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

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

f: frecuencia (Hz)  $A_2 = 22, 19 \cdot S (1 + 0,017 \cdot T)$ S: salinidad (psu) T: temperatura (°C)  $f_2 = 1,8 \cdot 10^7 \cdot e^{\frac{-1518}{(T + 273,1)}}$   $P_2 = e^{-1,76 \cdot 10^{-4} \cdot z_I}$   $A_3 = 4,937 \cdot 10^{-4} - 2,59 \cdot 10^{-5} \cdot T + 9,11 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 - 1,5 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$   $P_3 = 1 - 3,83 \cdot 10^{-5} \cdot z_I + 4,9 \cdot 10^{-10} \cdot z_I^2$ 

Para estos efectos se utilizó la información generada por los lances de perfilador CTD efectuados al final de cada ciclo de prospecciones.

### f) Zona ciega

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

$$h_{eq} \rightarrow (1,2+0,16 \,\alpha^2) \, d \, x \, 10^{-3} \, + c \, \tau/4$$
 donde, 
$$\alpha \qquad : \text{ ángulo de choque entre haz acústico y fondo (grados)}$$
 
$$d \qquad : \text{ profundidad (m)}$$
 
$$c \qquad : \text{ velocidad del sonido (m s-1)}$$
 
$$\tau \qquad : \text{ duración del pulso (s)}$$

La densidad de orange roughy o alfonsino 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 para orange roughy.

Zona	Número de	Factor de corrección				
	ecotrazos utilizados	Movimiento del transductor	Zona Ciega	Coeficiente de absorción	Eco incidental	
JF1	63	1,03	1,22	0,77	0,73	
JF2	36	1,05	1,20	0,78	0,85	
JF3	35	1,06	1,13	0,88	0,91	
JF4	16	1,08	1,38	0,75	0,92	
BO1	4	1,03	1,48	0,78	0,89	
BO2	12	1,04	1,48	0,76	0,91	

Tabla 7. Número de ecotrazos ajustados y valor promedio de los factores de corrección aplicados según fuente de sesgo considerada para alfonsino.

Zona	Número de	Factor de corrección			
	ecotrazos utilizados	Movimiento del transductor	Zona Ciega	Coeficiente de absorción	Eco incidental
JF1	47	1,02	1,06	0,84	0,92
JF2	38	1,02	1,07	0,87	0,94
JF4	5	1,03	1,14	0,83	0,95

### 4.8. Estimación de abundancia

### 4.8.1. Densidad por unidad muestreal

Las transectas hidroacústicas fueron divididas en intervalos o unidades elementales de muestreo (UEM) de 50 m de largo, identificadas por su ubicación geográfica media x,y. Dentro de cada prospección, la densidad media de la especie objetivo en cada UEM  $\left[Z_{(x,y)}\right]$ , fue calculada como:

$$Z_{(x,y)} = S_{A_{(x,y)}}^{-} \cdot \frac{F_{obj}}{\sum_{sp=1}^{p} (\sigma_{sp} \cdot F_{sp})}$$

donde,

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

F<sub>obj</sub> : proporción de la especie objetivo en las captura

p : número de especies (sp)

 $F_{sp}$ : proporción de la especie sp en la captura total  $TS_{sp}$ : fuerza de blanco promedio de la especie sp (dB)

# 4.8.2. Densidad media del área m ( $\hat{z}_{as}$ )

La densidad media de cada recurso en cada área estudiada *m* (monte) fue estimada mediante la aproximación geoestadística (Cressie, 1991) basada en máxima verosimilitud propuesta por Niklitschek *et al.* (2005). Siguiendo un modelo lineal general mixto, se modeló tanto la correlación espacial de la variable respuesta a lo largo de los ejes *x* e *y*, como los efectos sobre ella y su varianza de las fuentes conocidas de covarianza: barco y prospección.

En lo espacial, se asumió estacionaridad de segundo orden. Es decir, un valor esperado de z igual para todas las locaciones x,y, así como valores idénticos de covarianza para todos los pares equidistantes  $(z_{t_{(i+h)}}, z_{t_i})$ . La variabilidad media observada (semi-variograma empírico) entre pares de mediciones experimentales fue calculada a partir de 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

h : distancia (km)

N<sub>h</sub> : número de pares de datos separados a la distancia h.

El variograma empírico fue ajustado (máxima verosimilitud) por un modelo de correlación espacial de tipo gaussiano, que no sólo mostró el mejor ajuste de modelos alternativos evaluados en el año 2004 (Niklitschek *et al.*, 2005), sino que también posee sustento teórico tanto desde la estadística como de la ecología de poblaciones (Whittle, 1954).

Mientras que la variable observada y transformada z(x,y) es la realización de una variable asumida como aleatoria, continua y normal Z(x,y) con n observaciones, la distribución conjunta de los datos, debido a la correlación espacial y a las fuentes aleatorias de covarianza, es aproximada por una variable de distribución normal multivariada:

$$Z \sim MVN(\beta \mathbf{1}, \sigma^2 \mathbf{R} + \tau^2 \mathbf{I} + \mathbf{F}' \mathbf{G} \mathbf{F})$$
 donde,

1: vector de 1s de tamaño n

**R**: matriz cuyo  $(j, j')_{th}$  elemento es  $p(hj, j' | \kappa, \varphi)$ 

I: matriz identidad de tamaño n por n.

F: matriz de diseño de efectos aleatorios

**G:** matriz de covarianza de efectos aleatorios

Una vez ajustado el modelo, la densidad media del área de estudio y su varianza fueron

llevados de vuelta a unidades originales ( $g \cdot m^{-2}$ ), a partir del muestreo aleatorio de la función de distribución de probabilidad normal (n=5.000), con media y desviación estándar iguales a las estimadas por el modelo geoestadístico para las variables transformadas  $\hat{z}$  y  $\hat{S}(\bar{z})$ .

# 4.8.3. Abundancia total en el área m $(\bar{N}_m)$

La abundancia total por área estudiada fue obtenida multiplicando la densidad media estimada  $(\hat{z_m})$  por el área efectiva de distribución del recurso  $(\hat{\alpha_s})$ , es decir,

$$\hat{N}_{s} = \hat{z}_{s} \cdot \hat{\alpha}_{s}$$

donde,

 $\hat{\alpha}_s$ : área estimada de distribución efectiva del recurso-objetivo en el área m.

# 4.8.4. <u>Varianza muestreal de la abundancia total en el área m</u>, $V(\bar{N}_m)$

Calculada por series de Taylor, considerando que las estimaciones de  $\hat{z}$  y  $\hat{a}$  son independientes por construcción. De esta manera:

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

## 4.8.5. Área ocupada por el recurso-objetivo $(\hat{\alpha})$ en el área m

Estimada como el producto entre el área muestreada (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 como:

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

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

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

El área A fue calculada a partir del área del polígono descrito por los bordes de las transectas (Librería Splancs<sup>7</sup>), mientras que el parámetro p fue estimado mediante un modelo lineal general mixto (Searle, 1987), de tipo espacial, definiendo la variable observada I=1 cuando  $S_A$ >0, e I=0 cuando  $S_A$ =0.

El valor de la variable dependiente Y, ligada a la variable I (presencia/ausencia del recurso objetivo en cada 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: 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  $\beta_0$ ,

<sup>7</sup> Paquete de análisis de procesos espaciales puntuales contribuido al sistema R

T:dupla (x,y) que representa las coordenadas de cada localidad

vector de parámetros que representan el modelo espacial a ser  $\gamma$ :

ajustado en conjunto con  $\beta_0$ , de media 0 y varianza G.

vector de errores aleatorios, de media 0 y varianza H.  $\varepsilon$  :

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

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

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

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

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

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

### 4.9. Estimación de biomasa

Biomasa estimada de la especie objetivo en cada zona m ( $\hat{B}_m$ ):

$$\hat{B}_m = \hat{N}_m \cdot \hat{\overline{W}_m}$$
 (toneladas)

donde  $\overline{W}_m$  es el promedio ponderado del peso de la especie objetivo en la

Varianza muestreal de la biomasa estimada de la especie objetivo en cada zona m:

$$\hat{V}\left(\hat{B}\right) = \left[\hat{V}\left(\hat{\overline{w}_{m}}\right) \cdot \hat{N_{m}}^{2} + \hat{\overline{w}_{m}}^{2} \cdot \hat{V}\left(\hat{N_{m}}\right) - \hat{V}\left(\hat{\overline{w}_{m}}\right) \cdot \hat{V}\left(\hat{N_{m}}\right)\right]$$

# 4.10. Muestreo biológico

El muestreo biológico se realizó a partir de las capturas obtenidas en la operación comercial de los barcos y durante los lances de identificación efectuados para el logro de los objetivos 1 y 2. La información de captura se registró en una bitácora de pesca, que detalló: fecha, hora, ubicación, profundidad, temperatura de fondo, captura, tipo y dimensiones de la red utilizada, hora efectiva de inicio y término de cada arrastre. Este muestreo fue efectuado en coordinación y con la colaboración del Instituto de Fomento Pesquero, para lo cual se desarrolló un protocolo integrado de muestreo.

En cada lance se muestreó al azar un mínimo de 30 y un máximo de 200 ejemplares de orange roughy o alfonsino, de acuerdo a la captura obtenida (Tabla 8), registrando talla, peso, sexo y estado de madurez sexual. Los estados de madurez fueron establecidos de acuerdo a la escala de madurez macroscópica definida por Young et al. (2000) para orange roughy (Tabla 9) y Lehodey et al. (1997) para alfonsino (Tabla 10). Se midió la longitud horquilla y estándar de los individuos mediante un ictiómetro (precisión = 1 mm). 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 g y de 1 g para peso total y peso de gónadas, respectivamente. Se muestreó un total de 14.931 ejemplares de orange roughy, de los cuales 6.785 fueron hembras y 8.114 fueron machos. De alfonsino se muestrearon 3.631 ejemplares, de los cuales 2.121 fueron hembras, 1.419 fueron machos y 91 de sexo indefinido.

Tabla 8. Objetivo muestreal según tamaño de captura.

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

Tabla 9. 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 translúcido, 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, translúcido o ligeramente blanquecino. Incluye a machos que nunca se han reproducido y/o a machos inmaduros.
2	En maduración	Ovario de tamaño mediano, ocupa menos de un cuarto de la cavidad abdominal, color de anaranjado pálido a 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, desde 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; de 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 fláccido; 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.

Tabla 10. Descripción de estadios de madurez sexual de alfonsino, de acuerdo a escala macroscópica de Lehodey et al. (1997).

Estadio	Aspecto macroscópico hembras	Aspecto macroscópico machos
1	Inmaduro; es difícil discriminar sexo	Inmaduro; es difícil discriminar sexo
2	Ovario pequeño; translúcido; de color rojizo debido a la gran vascularización	Testículos pequeños; elongados; color blanquecino a rosado.
3	Ovarios más grandes; color anaranjado; ovocitos visibles a ojo desnudo	Testículos más grandes; aún aplanados, color blanquecino
4	Ovarios bien desarrollados; color anaranjado; membrana transparente, ovocitos visibles	Testículos más gruesos, bien desarrollados; color blanquecino pero no emite semen
5	Los ovarios ocupan la mitad de la cavidad corporal; color anaranjado, ovocitos visibles; paredes delgadas y granulares	Como el estado anterior, pero más grandes
6	En desove; los ovocitos fluyen libremente cuando se aplica presión	Testículos llenan más de la mitad de la cavidad corporal; el líquido seminal fluye libremente cuando se presiona el abdomen
7	Desovado; ovarios fláccidos y sanguinolentos	Testículos sanguinolentos; no emite semen

## 4.10.1. Composición de tallas, proporción sexual e índice gonádico.

## a) Talla media

Las tallas medias fueron estimadas por sexo y zona, utilizando un modelo lineal general de tipo mixto, que consideró las variables aleatorias barco y lance y el factor de ponderación FP, descrito en esta misma sección. Para fines generales se utilizó y reportó el promedio de la variable no transformada longitud de horquilla, mientras que para el cálculo de la TS media se utilizó la media del logaritmo base 10 de la longitud estándar.

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

La proporción de ejemplares de la talla k fue calculada para cada lance, considerando el tamaño relativo de su captura en número, a través del factor FP, siguiendo la relación:

$$P_k = \frac{n_{kl}}{n_l} \cdot FP$$

donde,

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

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

Las frecuencias de tallas obtenida a partir de los distintos lances (n>120) fueron analizadas y comparadas por zona, sexo y mes utilizando un modelo logístico acumulativo multinomial para categorías ordenadas (McCullagh, 1980). Este modelo, define un conjunto de *J-1* ecuaciones que definen la probabilidad de un individuo de pertenecer a cada una de las *J-1* categorías dicotómicas posibles de definir dado *J* intervalos de talla y puede ser expresado como,

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

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

# c) 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<sub>10</sub>*).

# d) Proporción sexual

La proporción sexual para orange roughy y alfonsino fue estimada para cada especie, zona y mes, a través de un modelo lineal general mixto de tipo logístico, definido como,

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

donde,

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

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

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

X : matriz de diseño de efectos fijos (especie, zona, mes)

 $\beta$  : vector de parámetros de los efectos fijos.

Z : matriz de efectos aleatorios (barco, lance)

 $\mu$ : vector de parámetros de los efectos aleatorios, MVN(0,**G**)

e : vector de errores,  $MVN(0,\mathbf{R})$ 

# e) Indice 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<sub>i</sub>: peso de gónadaS

 $PE_i$ : peso eviscerado

El valor medio del índice gonádico (IG) fue estimado para cada especie, 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  $\mathring{IG}_i$  correspondió al arco-seno (seno-1) de  $IG_i$ . A partir de los resultados obtenidos de la variable transformada  $\mathring{IG}_i$ , se obtuvo las medias y varianzas correspondientes a la escala original de la variable  $\mathring{IG}_i$ , mediante un muestreo aleatorio (n=5000) de una función de distribución normal con media  $\mathring{IG}_i$  y varianza  $V(\mathring{IG}_i)$ .

#### 4.10.2. Modelo lineal mixto

La totalidad de los análisis realizados fueron llevados a cabo utilizando modelos lineales generales mixtos (Searle, 1987), implementados en SAS 9.0 (Littel *et al.*, 1996). Estos modelos lineales generales mixtos se basan en un procedimiento de 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:

$$y = X \beta + Z \mu + e$$
 donde,

**X** : Matriz de efectos fijos

 $\beta$  : vector de parámetros de los efectos fijos

**Z**: matriz de efectos aleatorios

 $\mu$ : vector de parámetros de los efectos aleatorios, MVN(0,**G**)

e : vector de errores,  $MVN(0,\mathbf{R})$ 

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  $\mathbf{R}$ . La modelación de  $\mathbf{G}$  y  $\mathbf{R}$  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 Littel et al. (1996) y que permite definir cual es la función de distribución de probabilidad del vector e asociado a la matriz de efectos fijos X, dada la estructura de covarianza de las matrices G y R.

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

### 4.10.3. <u>Factor de ponderación</u>

Para las tallas, pesos y proporción sexual se utilizó un factor de ponderación (FP) calculado en función del cuociente logarítmico entre el número estimados de individuos capturados en el respectivo lance y en número total estimado de individuos capturados en la zona analizada, siguiendo la relación:

$$FP = \frac{\log_e(\hat{n}_l)}{\sum_{l=1}^{L} \hat{\log}_e(n_l)}$$

donde,

L : número de lances por zona y año

$$\hat{n}_{l} = \frac{C_{l}}{\overline{w_{l}}}$$

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

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

 $\overline{W_l}$ : peso promedio de los individuos muestreados en el lance l (kg)

#### 4.11. Parasitofauna

Se realizó un estudio prospectivo de la composición de la fauna parasitaria de las especies objetivo mediante inspección visual y determinación taxonómica de los taxa parasitarios. Se analizó la dieta de los individuos para contar con mayores antecedentes en apoyo de la explicación biológica de estos resultados.

De la captura obtenida en los lances de identificación se separó y congeló 194 ejemplares de orange roughy y 60 de alfonsino. Estas muestras fueron analizadas posteriormente en laboratorios de la Universidad Católica de la Santísima Concepción. Cada ejemplar fue medido, pesado y disecado para observar órganos y musculatura. Utilizando un microscopio estereoscópico se buscó ítemes presa y endoparásitos en el tubo digestivo, musculatura y otras vísceras, y ectoparásitos en aletas, cavidad bucal y cámara branquial. La presencia de ectoparásitos fue registrada, pero los datos no se incorporaron en los análisis de su relación con la dieta del hospedador. Se comparó el peso corporal total entre zonas de pesca mediante un análisis ANDEVA de una vía.

Cada órgano y su contenido fueron tamizados bajo agua potable a presión, en una malla de 0,33 mm de luz, examinando el material retenido en el tamiz. Los parásitos y presas fueron conservados en formalina al 10%, realizando la determinación taxonómica y cuantificación según la literatura especializada disponible.

Los individuos presa fueron contados y pesados (g), posteriormente se calculó la frecuencia numérica (%N, porcentaje del número total de las presas), la frecuencia en peso (%P, porcentaje del peso total en los contenidos estomacales), y la frecuencia de ocurrencia (%F, Hyslop, 1980) en el total de estómagos con contenido estomacal .

Para cada taxon parasitario se calculó la prevalencia (porcentaje de individuos huéspedes parasitados) y la abundancia (número de parásitos de cada taxon/ número total de huéspedes examinados). Luego, se realizaron pruebas de Chi-cuadrado para evaluar la significancia estadística de las diferencias en prevalencia entre zonas de pesca, y pruebas de Kruskal-Wallis para la comparación de las abundancias de cada taxon parasitario entre zonas de pesca.

Las variaciones en la composición de los ensambles de parásitos encontrados en cada individuo hospedador fueron evaluadas mediante un análisis de correspondencia con efecto de arco corregido sobre el vector de abundancias relativas, y un posterior análisis de la varianza de los puntajes de la ordenación, con las zonas de pesca como variable independiente. Finalmente, se usaron diversas versiones de análisis discriminante, con el objeto de evaluar las tablas de clasificación resultantes de considerar los taxa parasitarios en los individuos hospedadores y las zonas de pesca. La eventual diferencia en la composición de tamaño de los peces en las muestras fue evaluado mediante un ANDEVA de una vía con las zonas de pesca como variable independiente, y con el peso corporal como variable dependiente.

El análisis de la variación conjunta en la composición de la dieta y del endoparasitismo contempla primero una ordenación de los datos, y luego, análisis de la varianza de los puntajes de las ordenaciones entre localidades de muestreo. En la ordenación de los parásitos se excluyó a los ectoparásitos y a los endoparásitos que aparezcan menos de tres veces en el total de huéspedes.

#### 4.12. Dieta

Debido al escaso conocimiento de la ecología trófica de orange roughy y alfonsino en el Pacífico Sur Oriental, se realizó un estudio para establecer la dieta de las especies objetivo y evaluar posibles diferencias en su espectro trófico, asociadas al sexo, ontogenia y/o caladero de pesca. Se examinó el contenido estomacal de 119 ejemplares de orange roughy capturados en caladeros de pesca de los montes JF1, JF2, JF3 y JF4 (total de estómagos con contenido estomacal), y de 110 ejemplares del recurso alfonsino, obtenidos en lances de pesca realizados en los montes JF1 y JF2.

No fue posible obtener muestras de los montes PSI, ni BO1. En el caso de BO2, sólo se obtuvo 2 estómagos con contenido. Por esta razón, se complementó el análisis de la dieta con muestras obtenidas durante la ejecución del proyecto FIP 2004-13, llevado a cabo por la Universidad Austral de Chile durante el año 2004. Esto permitió, en el caso de orange roughy aumentar el tamaño muestral en las localidades JF2, JF3 Y JF4, y además, proporcionó información de las zonas BO1 y BO2 (Tabla 11).

El periodo de muestreo abarcó desde el 20 de mayo al 16 de septiembre de 2005, en el caso de orange roughy, y entre el 13 de junio y 21 de junio de 2005 en alfonsino. En el año 2004, solo se muestreó orange roughy, entre el 23 de julio y el 24 de agosto.

Tabla 11. Número de estómagos analizados de orange roughy y alfonsino en áreas de pesca del archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, durante los años 2004 y 2005. Entre paréntesis se indica el número de estómagos con contenido.

Año	Especie	Zona de Pesca						
		JF1	JF2	JF3	JF4	BO1	BO2	
2005	Orange roughy	43 (39)	25 (25)	15 (15)	37 (33)	-	2 (2)	
	Alfonsino	81 (81)	29 (29)	-	-	-	-	
2004	Orange roughy	-	30 (14)	79 (20)	61 (30)	6 (1)	27 (4)	

### 4.12.1. Muestreo a bordo

En cada lance de pesca los ejemplares fueron seleccionados aleatoriamente, registrando longitud horquilla (LH) en cm y sexo. El estómago fue removido, evaluando cualitativamente su estado de repleción y, en caso de observar contenido, se almacenó en bolsas plásticas rotuladas con formalina tamponada al 10%.

#### 4.12.2. Análisis en laboratorio

Las muestras recolectadas fueron analizadas en el laboratorio de ictiología de la Universidad de Concepción. Los contenidos estomacales fueron tamizados para evitar la pérdida de material en avanzado estado de digestión e inicialmente separados en tres taxa mayores: peces, crustáceos y cefalópodos. Posteriormente, se separó las presas de cada taxa inicial en diferentes morfos o tipos. Para cada tipo de presa se registró el número de ejemplares y peso (g). En el caso de aquellas presas en avanzado estado de digestión, el número de individuos se

determinó mediante el recuento de pedúnculos caudales y/o cráneos (peces), pares de mandíbulas o en su defecto el mayor número de mandíbulas inferiores o superiores (cefalópodos), y número de abdómenes y/o cefalotórax (crustáceos).

Las presas fueron preservadas en etanol al 20% o en formalina tamponada al 10% para su posterior identificación al nivel taxonómico más específico posible, dependiendo del estado de digestión. Para la identificación de los cefalópodos se utilizó claves taxonómicas sobre la base de las mandíbulas superior e inferior y comparación con colecciones de mandíbulas de cefalópodos previamente clasificados de distribución en aguas del Pacífico Sur Oriental. Los peces fueron identificados sobre la base de sus caracteres merísticos externos (i.e. número de espinas y radios en las aletas) e internos (número de vértebras) (Markaida & Sosa-Nishizaki, 1998).

#### 4.12.3. Análisis de datos

Para cuantificar la importancia de las presas en la dieta se utilizó los índices de porcentaje en número (%N), peso (%P) y de frecuencia de ocurrencia (%F) de acuerdo con Hyslop (1980). Debido a que estas tres medidas proporcionan una comprensión distinta de los hábitos alimentarios de un predador, se construyó dos índices compuestos, el Indice de Importancia Relativa (IIR; (Pinkas *et al.*, 1971), IIR = (%N + %P) x %F, y el Indice de Importancia Numérica, IIN = (%N x %F)1/2 x 100. Ambos índices se expresaron en porcentaje con el propósito de hacer los resultados comparables de acuerdo a Cortés (1997).

Con el propósito de investigar variaciones en la dieta de orange roughy y alfonsino con respecto a la zona de pesca (i.e. caladeros), sexo, tamaño y mes de muestreo, se usó el Indice de Similitud de Bray-Curtis, BC (Bloom, 1981) sobre la base del IIR e IIN,

$$BC = \frac{2\sum_{i=1}^{S} \min(x_{ij}, x_{ik})}{\sum_{i=1}^{S} (x_{ij}, x_{ik})}$$

donde,

min(x<sub>ij</sub>,x<sub>ik</sub>) : valor mínimo del IIR (o IIN) de la i-ésima presa en la dieta de orange roughy o alfonsino entre las variables a comparar j y k (zona de pesca, sexo, tamaño y mes de muestreo);

S: número total de ítems (presas).

Se calculó el Índice de Similitud de Pianka, P, (Pianka, 1973) sobre la base de la frecuencia de ocurrencia, expresada como proporción. Los restos de cefalópodos, peces y crustáceos no identificados no se utilizaron en los análisis comparativos,

$$\boldsymbol{P} = \frac{\sum_{j=1}^{S} \boldsymbol{p}_{ij} \boldsymbol{p}_{kj}}{\left(\sum_{j=1}^{S} \boldsymbol{p}_{ij}^{2} \sum_{j=1}^{S} \boldsymbol{p}_{kj}^{2}\right)^{1/2}}$$

donde,

 $p_{ij} y p_{kj}$  valores de frecuencia de ocurrencia de la presa i en la dieta de orange roughy o alfonsino entre las variables a comparar j y k (zona de pesca, sexo, tamaño y mes de muestreo).

En el caso de las comparaciones entre machos y hembras, no se consideraron los ejemplares sexualmente indeterminados. Para el análisis de la dieta respecto a la talla, se estableció arbitrariamente un número determinado de intervalos de longitud horquilla (LH). Para el análisis por zona de pesca, la información se separó entre los distintos caladeros visitados. No fue posible efectuar comparaciones de dieta en relación al mes de muestreo, debido al bajo número de estómagos con contenido.

A fin de evaluar si los estómagos agrupados en cada una de las categorías antes señaladas son suficientes para describir adecuadamente la dieta de orange roughy y alfonsino, se construyó curvas acumulativas del Índice de Diversidad de Shannon-Wiener, H' (Krebs, 1989), sobre la base del número de individuos para cada ítem presa, ambos contra el número de estómagos con contenido aleatoriamente acumulados. Para cada combinación de estómagos se calculó H' de acuerdo a la expresión:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \cdot \log_2(p_i)$$
donde,

p: proporción de la presa i respecto al total de presas

S: número de muestras (contenidos estomacales).

### 4.13. Ictiofauna capturada incidentalmente

La ictiofauna capturada incidentalmente en la pesca de orange roughy y alfonsino es una proporción menor, en peso y número que la captura del recurso objetivo. La cantidad de especies encontradas en las evaluaciones previas, casi se ha duplicado entre un año y otro. En el año 2003 se reportó poco más de 40 especies. En los cruceros del 2004, se encontró un número semejante de especies, pero la mayoría de ellas distintas a las del 2003, llegando a algo más de 75 especies. Al realizar una recopilación de la información relacionada con ambos recursos, considerando Proyectos FIP realizados por el IFOP y la UCV, el total de especies descritas como ictiofauna concurrente de orange roughy alcanzaría a las 122 especies.

El tratamiento y separación de la ictiofauna acompañante se efectuó en el patio de proceso, incluyendo los siguientes procedimientos, aplicados a cada lance de pesca:

- i. Se separó manualmente a bordo toda la fauna acompañante de la especie objetivo.
- ii. Con ayuda de los manuales de identificación de apoyo, se separó todos los taxa de fauna acompañante al nivel de especies o grupos mayores (e.g. peje-ratas, tiburones, brótulas, etc.).
- iii. Se pesó y midió una muestra de 15 ejemplares por grupo
- iv. Se fotografió un ejemplar representativo de cada grupo, para posterior verificación de su identidad taxonómica en tierra

 Los ejemplares de identificación dudosa fueron individualizados con una marca plástica o metálica y congelados para su posterior identificación en el laboratorio de ictiología Universidad de Concepción

## 4.13.1. Análisis descriptivo

El análisis descriptivo se orientó a conocer el aporte porcentual en peso del listado completo de los ítemes que componen la fauna acompañante respecto de la captura total de cada especie objetivo, y a establecer su frecuencia de ocurrencia y el volumen de captura en cada zona de estudio.

### 4.13.2. <u>Identificación y caracterización espacial de comunidades</u>

El análisis de la fauna acompañante presente en la pesquería de orange roughy y alfonsino se enfocó desde un punto de vista pesquero más que ecológico. Lo anterior, debido a que el arte de pesca es altamente selectivo para las especies objetivo de la pesquería (orange roughy o alfonsino), razón por la cual aquellas especies que aparecen en las capturas se ajustan, en estricto rigor, más bien al concepto de fauna acompañante de la pesquería que al concepto ecológico de comunidades.

El análisis de la fauna acompañante presente en la pesquería de orange roughy y alfonsino resulta de gran interés, toda vez que las capturas (estandarizadas por el esfuerzo) pueden ser consideradas reflejo de la abundancia relativa de las especies en el medio. Esta información, analizada con métodos numéricos permite distinguir asociaciones específicas, cuya importancia radica en que podrían dar cuenta de la estructura de la comunidad a la que se asocia la especie principal.

## a) Identificación de comunidades

Se identificó las asociaciones específicas (en escala espacial), por medio del Método de Clasificación (Análisis de Cluster). Este análisis consiste en comparar pares de localidades de muestreo en función de la captura estandarizada de cada especie, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis, IBC, (Clifford & Stephenson, 1975) cuya expresión es la siguiente:

$$IBC = \frac{\sum_{i=1}^{p} |\mathbf{x}_{ij} - \mathbf{x}_{ik}|}{\sum_{i=1}^{p} |\mathbf{x}_{ij} + \mathbf{x}_{ik}|}$$

donde:

p: número de puntos de muestreo

 $x_{ij}$ : es la captura estandarizada de la especie i en el punto de muestreo j

 $x_{ik}$ : es la captura estandarizada de la especie i en el punto de muestreo k.

Con los valores de IBC se construyó una matriz de similitud, que fue utilizada para efectuar el análisis de clasificación. Para balancear los valores atípicos (especies raras) con los valores comunes (especies comunes), se transformó los datos originales de abundancia relativa aplicando log (x+1).

### b) Análisis de similitud, ANOSIM

Una vez identificadas las diferentes asociaciones de especies a través del Análisis de Clasificación, éstas fueron comparadas entre sí para detectar diferencias en su estructura. Se aplicó un método análogo a MANOVA, denominado ANOSIM (Analysis of Similarities de (Clarke & Green, 1988). Los procedimientos de ANOSIM, implementados en el software PRIMER, consisten en una permutación no paramétrica aplicada a la matriz de similitud de rangos basada en la ordenación o clasificación de las muestras. Este método entrega el coeficiente R y su respectivo nivel de significancia, y se encuentra definido por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{(\overline{r_B} - \overline{r_w})}{n(n-1)/4}$$
donde,

 $r_B$ : promedio de los rangos de similitud de todos los pares de réplicas en los diferentes sitios

 $r_W$ : promedio de todos los rangos de similitud entre réplicas dentro de cada sitio.

El valor R se encuentra ente -1 y +1. Sin embargo, valores menores a 0 son poco probables, ya que correspondería a zonas de pesca distintas con valores de similitud mayores que los valores de similitud de puntos geográficos dentro de estas mismas zonas de pesca. Un valor igual o aproximado a cero señala que la similitud entre y dentro de las zonas geográficas es aproximadamente el promedio, es decir, las asociaciones específicas no muestran diferencias en la estructura de sus valores de captura. Un valor igual a 1 ocurre cuando todas las réplicas de una zona de pesca son iguales entre sí y distintas a las réplicas de cualquier otra zona de pesca en la comparación, es decir, las asociaciones específicas muestran diferencias en la estructura de sus valores de captura estandarizada.

## 4.13.3. Potenciales fuentes de variabilidad: tiempo, profundidad, áreas, barcos

Se analizó la información proveniente de todos los lances de pesca estandarizados por tiempo de arrastre mediante una aproximación comunitaria. Luego de la transformación de los datos (log (x+1)) se aplicó metodologías de análisis multivariado.

La comparación entre lugares y posibles asociaciones de especies se estudiaron usando como indicadores de distancia (similitud o disimilitud según corresponda) los algoritmos de Bray-Curtis, Spearmann, Pearson, para concluir con un análisis de conglomerado sobre matrices de correlación o de distancia.

# 4.14. Caracterización de la vejiga natatoria de orange roughy y alfonsino

La vejiga natatoria de ambas especies fue caracterizada en términos de tipo de contenido, tamaño, peso, volumen y posición angular relativa al eje longitudinal del pez. Para ello, se realizó disecciones y se digitalizó imágenes de resonancia magnética (Figuras 2 y 3), de al menos 30 individuos de cada especie, abarcando el mayor rango de tallas posible. Los ejemplares fueron conservados a -25°C hasta el momento de su análisis.

Los peces fueron descongelados, pesados y medidos para luego ser escaneados en el Centro de Imagenología del Hospital del Trabajador de Concepción utilizando un Resonador Magnético Philips Intera Power 1.5 Tesla. Se capturó imágenes en plano sagital y transversal, con un espacio entre cortes de 2-3 y 5-7 mm respectivamente. Los parámetros del equipo fueron ajustados por el tecnólogo médico a cargo, procurando obtener la mejor nitidez y calidad de imagen y un valor FOV (Field of View) cercano a 100%.

Los especímenes escaneados fueron posteriormente disecados utilizando instrumentos tradicionales. La disección se focalizó principalmente en verificar la presencia de conductos, estado y tipo de vejiga natatoria, así como en realizar una correspondencia entre las imágenes obtenidas con resonancia y la disposición de los órganos (Figura 2). El procedimiento comenzó con una incisión en la porción ventral, desde el ano hasta las branquias, removiendo cuidadosamente hígado, sistema digestivo, gónadas, opérculo y branquias. Inicialmente se despejó la porción posterior para verificar la existencia de conexiones entre la vejiga y el ano, luego se subió hacia la región anterior buscando conductos con el esófago o cavidad faríngea. Finalmente la vejiga natatoria fue separada, fotografiada y pesada.

Utilizando las imágenes de resonancia magnética (vista lateral), se estimó el ángulo de inclinación de la vejiga natatoria con respecto al eje horizontal y, la longitud de la vejiga natatoria con respecto a la longitud estándar, definida como la distancia entre el extremo de la mandíbula y el término del aparato hipural (Figura 3). La vejiga natatoria se caracterizó en términos de ángulo de inclinación con respecto al eje horizontal del pez y, en el caso de orange roughy, también con respecto a la proporción del peso corporal y volumen del respectivo individuo.

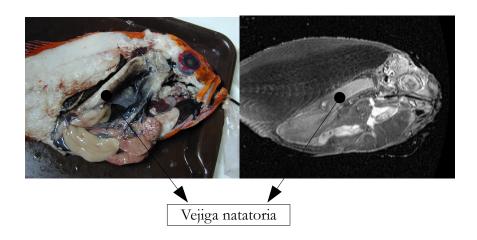


Figura 2. Fotografía de disección (izquierda) e imagen de resonancia magnética (derecha) de un mismo individuo de orange roughy, destacando posición de vejiga natatoria.

### 4.15. Estimación de fuerza de blanco (TS) in situ.

### 4.15.1. Equipamiento.

Para la estimación de fuerza de blanco *in situ* se utilizó un transductor sumergible SIMRAD ES38D (38kHz) de haz-dividido, con una capacidad de inmersión de hasta 2.000 m. El

transductor se conectó a un transceptor SIMRAD EK60 (software ER 2.0.0) a través de 660 m de cable de transmisión y tracción NEPTEC (Reino Unido) blindado en kevlar, operado mediante un winche eléctrico. El sistema de cableado y conexión fue diseñado y construido por NEPTEC (Reino Unido) y testeado posteriormente por Fisheries Resources Survey en Sudáfrica (Anexo I). Los datos obtenidos fueron capturados con el software Echolog 60 (versión 4.05.6208), mientras que para la selección de blancos individuales se utilizó el módulo de ecogramas virtuales del programa Echoview© (versión 4.10.67.8147). Ambos software manufacturados por Sonardata Pty (Hobart, Australia).

### 4.15.2. Calibración.

El equipo utilizado en la estimación de fuerza de blanco *in situ* fue calibrado antes y después del crucero de estimación de fuerza de blanco, siguiendo el procedimiento descrito en el punto 4.2.3. Adicionalmente, durante parte importante de las mediciones *in situ* se mantuvo la esfera de calibración suspendida 5 m bajo el centro del transductor, utilizando cuerdas de monofilamento. Con estos últimos datos se realizó ajustes menores en la ganancia del transductor y se pudo verificar la calidad de la señal y el ángulo de inclinación del transductor bajo distintas condiciones de operación.

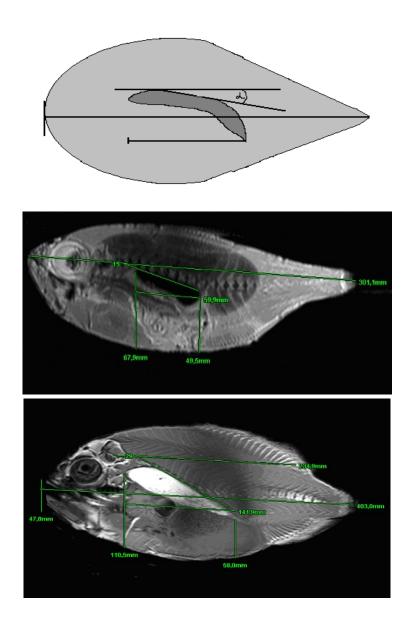


Figura 3. Longitud y ángulo de la vejiga natatoria, medidos directamente desde las imágenes de resonancia magnética. Imagen superior: esquema de ubicación general de vejiga y mediciones; Imagen central: alfonsino; Imagen inferior: orange roughy.

### 4.15.3. Mediciones in situ.

El primer objetivo del crucero de TS fue identificar agregaciones de orange roughy o alfonsino que cumplieran con los siguientes tres requisitos básicos: i) haber sido validadas como orange roughy o alfonsino (según corresponda), mediante lances preliminares; ii) encontrarse separadas de capas circundantes de mesoplancton u otras especies; y iii) encontrarse a una profundidad menor a 750 m para orange roughy. Esta última restricción estuvo asociada al largo del cable eléctrico (600 m operativos desde la superficie) y a cálculos

preliminares que indicaban una baja probabilidad de detectar blancos individuales de orange roughy más allá de 150 m desde el transductor.

Una vez seleccionadas las agregaciones se procedió a sumergir el transductor a una distancia nominal de 100 m respecto del límite superior de los cardúmenes-objetivo de orange roughy<sup>8</sup> y de hasta 50 m de los cardúmenes-objetivo de alfonsino. Estas distancias fueron consideradas adecuadas para evitar cambios conductuales en las especies estudiadas.

Un total de 27 sets de datos conteniendo 12.376 blancos individuales potenciales de orange roughy fue obtenido entre los días 26 y 29 de agosto de 2006, en el monte JF3, sobre dos agregaciones reproductivas ubicadas inmediatamente al NE de la cima del monte y a profundidades medias de 718 y 686 m (Tabla 12). Con posterioridad y/o entre períodos de registros de datos estas agregaciones fueron muestreadas, lográndose un total de 5 lances exitosos, cuyos resultados fueron combinados y ponderados separadamente para cada una de ellas (Figura 4). En un análisis estadístico posterior no se encontró evidencia de diferencias significativas entre las tallas medias de estas agregaciones, razón por la cual se decidió combinar las mismas en un estimado común para ambas (Tabla 13).

La revisión ex-post de los datos efectuada en colaboración con Fisheries Resource Surveys permitió detectar problemas de desconexión intermitente en uno de los cuadrantes del transductor, lo que obligó a descartar los set de datos 23 a 32, reduciendo el número de blancos potenciales a un total de 10.121 datos.

En el caso del alfonsino se obtuvo un total de 22 set de datos, de los cuales fue necesario descartar los set 34 al 44 por problemas de falla intermitente en un cuadrante del transductor. Dada la alta concentración del recurso, fue posible identificar blancos potenciales en sólo 11 de estos set, con un total de 2.480 registros seleccionados como posible alfonsino (Tabla 14). El registro de datos fue focalizado sobre cuatro agregaciones de esta especie, observadas entre el 28 de agosto y el 1 de septiembre de 2006. La primera de estas cuatro agregaciones presentó altas densidades acústicas y gran compactación, lo que impidió aislar posibles blancos individuales. Las agregaciones muestreadas presentaron una distribución bastante heterogénea de tallas (Figura 5, Tabla 15) con una media general de 25,5 cm ± 5,03 (DE).

<sup>8</sup> Trabajos preliminares realizados en Tasmania y Nueva Zelanda han mostrado que el transductor no debiera posicionarse a menor distancia de las agregaciones de orange roughy sin afectar su comportamiento (y por consiguiente su TS).

Tabla 12: Ubicación geográfica, profundidad media y número de posibles blancos individuales utilizados para la estimación de fuerza de blanco *in situ* de orange roughy, según set de datos y agregación reproductiva. Celdas en gris corresponden a set descartados por problemas eléctricos.

0			O			-	-	
N_SET	FECHA	HORA INICIO	AGREGA- CION	LANCES IDENTI F.	LAT	LON	PROF. MEDIA	POSIBLES BLANCOS
1	08-25-2006	18:56	1	5,6,7,8	-33,3729	-77,4205	724	361
2	08-25-2006	20:15	1	5,6,7,8	-33,3726	-77,4224	702	261
3	08-25-2006	21:17	1	5,6,7,8	-33,3688	-77,4237	747	292
5	08-26-2006	00:00	1	5,6,7,8	-33,3729	-77,4205	754	108
6	08-26-2006	00:37	1	5,6,7,8	-33,3726	-77,4224	684	1091
7	08-26-2006	01:58	1	5,6,7,8	-33,3751	-77,4178	697	0
8	08-26-2006	02:44	1	5,6,7,8	-33,3750	-77,4180	688	1097
9	08-27-2006	01:22	1	5,6,7,8	-33,3619	-77,4212	759	521
10	08-27-2006	02:08	1	5,6,7,8	-33,3623	-77,4213	752	610
11	08-27-2006	04:31	1	5,6,7,8	-33,3739	-77,4177	731	227
13	08-28-2006	22:02	2	12	-33,3889	-77,4082	690	555
14	08-28-2006	22:50	2	12	-33,3903	-77,4066	685	815
15	08-28-2006	23:36	2	12	-33,3902	-77,4068	679	1378
16	08-29-2006	00:29	2	12	-33,3902	-77,4065	684	851
17	08-29-2006	01:24	2	12	-33,3899	-77,4079	694	697
19	08-29-2006	02:12	2	12	-33,3880	-77,4092	697	504
20	08-29-2006	02:52	2	12	-33,3888	-77,4101	702	579
21	08-29-2006	03:48	2	12	-33,3858	-77,4093	743	61
23	08-29-2006	10:42	2	12	-33,3862	-77,4060	770	113
24	08-29-2006	11:30	2	12	-33,3868	-77,4063	700	264
25	08-29-2006	12:22	2	12	-33,3867	-77,4052	692	355
26	08-29-2006	13:02	2	12	-33,3878	-77,4051	692	382
27	08-29-2006	13:58	2	12	-33,3886	-77,4037	691	222
28	08-29-2006	16:18	2	12	-33,3891	-77,4023	704	257
29	08-29-2006	17:13	2	12	-33,3900	-77,4057	679	647
30	08-29-2006	18:34	2	12	-33,3901	-77,4040	695	217
31	08-29-2006	21:30	2	12	-33,3930	-77,4078	652	981
32	08-29-2006	22:18	2	12	-33,3844	-77,4082	661	0

Tabla 13: Promedio ± error estándar de la longitud estándar y de su logaritmo base-10 en cada una de las dos agregaciones de orange roughy insonificadas para la obtención de mediciones de TS *in-situ*.

Agregación	Promedio LS	Promedio log(LS)
1	41,2 ± 1,41	$1,61 \pm 0,015$
2	$40,0 \pm 2,40$	$1,60 \pm 0,025$
Media común	$40,9 \pm 1,03$	1,61 ± 0,011

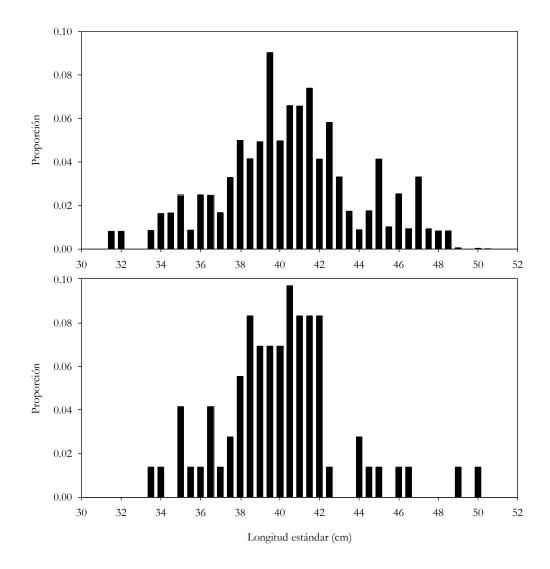


Figura 4. Proporción de tallas (longitud estándar) de orange roughy estimada para las agregaciones 1 (panel superior) y 2 (panel inferior), sobre las cuales se efectuó el registro de posibles blancos individuales de esta especie.

Tabla 14. Ubicación geográfica, profundidad media y número de posibles blancos individuales utilizados para la estimación de fuerza de blanco *in situ* de alfonsino, según set de datos y agregación reproductiva. Celdas en gris corresponden a set descartados por problemas eléctricos y/o ausencia de blancos potenciales.

N° Set de datos	Fecha	HORA INICIO	Agrega- ción	N° Lance identifi- cación	Latitud media	Longitud media	Prof. media	N° posibles blancos
34	08-30-2006	18:55	1	15	-33.7657	-78.7233		0
35	08-30-2006	19:42	1	15	-33.7658	-78.7267		0
36	08-30-2006	20:30	1	15	-33.7673	-78.7251		0
37	08-30-2006	21:17	1	15	-33.7637	-78.7245		0
38	08-31-2006	04:59	2	17,18	-33.6723	-78.5545	333	462
39	08-31-2006	05:47	2	17,18	-33.6728	-78.5547	339	395
40	08-31-2006	06:41	2	17,18	-33.6727	-78.5552	335	65
41	08-31-2006	07:27	2	17,18	-33.6718	-78.5542	344	147
42	08-31-2006	08:13	2	17,18	-33.6730	-78.5545	344	324
43	08-31-2006	09:01	2	17,18	-33.6725	-78.5548	344	379
44	08-31-2006	09:50	2	17,18	-33.6715	-78.5550	341	708
45	08-31-2006	18:39	3	20	-33.7583	-78.7198	409	14
46	08-31-2006	21:07	3	20	-33.7585	-78.7203		0
47	08-31-2006	21:53	3	20	-33.7575	-78.7188		0
48	08-31-2006	23:36	3	20	-33.7585	-78.7260		0
50	09-01-2006	16:22	4	21	-33.5995	-77.7697		0
51	09-01-2006	17:11	4	21	-33.6002	-77.7718	302	29
52	09-01-2006	17:59	4	21	-33.6012	-77.7707	346	3
53	09-01-2006	18:46	4	21	-33.5997	-77.7698		0
54	09-01-2006	20:09	4	21	-33.5998	-77.7745		0
55	09-01-2006	20:29	4	21	-33.6010	-77.7743	335	9
56	09-01-2006	21:54	4	21	-33.6022	-77.7743		0

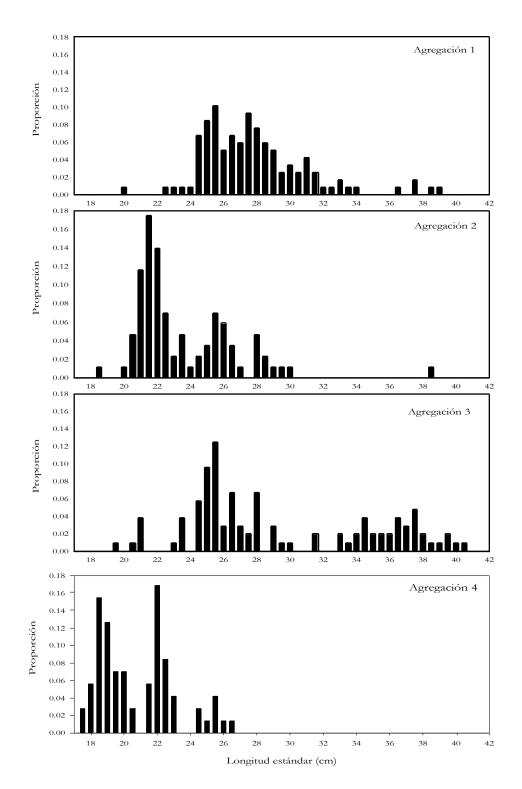


Figura 5. Proporción de tallas (longitud estándar) estimada para alfonsino en muestras correspondientes a las agregaciones 1, 2, 3 y 4, sobre las cuales se efectuó el registro de posibles blancos individuales de esta especie.

Tabla 15. Promedio ± error estándar de la longitud estándar y de su logaritmo base-10 en cada una de las cuatro agregaciones de alfonsino insonificadas para la obtención de mediciones de TS *in-situ*.

Agregación	Promedio LS	Promedio log(LS)
1	$27,8 \pm 0,27$	1,442 ± 0,0045
2	$23,5 \pm 0,32$	$1,368 \pm 0,0053$
3	$28,7 \pm 0,55$	$1,450 \pm 0,0081$
4	$20,8 \pm 0,35$	$1,352 \pm 0,0058$

# 4.15.4. <u>Post-proceso.</u>

### a) Post-calibración

Dados los ajustes de calibración propuestos por la asesoría especializada de Fisheries Resources Survey (Anexo I) y el análisis de las mediciones de CTD para la obtención de estimados más exactos del coeficiente de absorción y velocidad del sonido, se efectuó una calibración *ex-post*, modificando en Echoview los parámetros relacionados con la geometría y sensibilidad del haz y las características de la columna de agua (Tabla 16).

Tabla 16. Parámetros utilizados en la selección de blancos individuales para orange roughy y alfonsino (entre paréntesis valores usados para alfonsino).

Criterio	Orange Roughy	Alfonsino
Ganancia (dB re 1m²)	19,40	19,40
Factor de Corrección del S <sub>A</sub> (dB re 1m²)	-0,45	-0,45
Angulo del haz: 2 vías (dB)	-20,6	-20,6
Duración del pulso (ms)	1,024	1,024
Ancho de banda (Hz)	2.425	2.425
Velocidad del sonido (ms <sup>-1</sup> )	1498,59	1500,82
Coeficiente d absorción (dB/km)	8,8485	8,7547
Ancho del haz (3dB) en eje menor	7,54	7,54
Desplazamiento del haz en eje menor	0,03	0,03
Ancho del haz (3dB) en eje mayor	7,60	7,60
Desplazamiento del haz en eje mayor	0,03	0,03

## b) Selección preliminar de blancos potenciales, método convencional

La selección automatizada y preliminar de blancos durante el post-proceso fue realizada mediante el "Método 2 para ecosondas de haz dividido" disponible en el módulo de variables virtuales de Echoview 4.1 (Sonardata Pty, Australia). Este método utiliza estimadores de compensación del haz dividido en un proceso iterativo que consta de tres fases: i) establecer máximos locales, ii) definir subconjuntos de datos alrededor de los máximos locales; y iii) identificar y rechazar blancos superpuestos. El algoritmo de selección depende de ocho criterios básicos que fueron definidos usando una estrategia más bien conservadora y similar para ambas especies (Tabla 17).

Con el fin de reducir el riesgo de incluir múltiples blancos en un mismo pixel, se excluyó del análisis las zonas de mayor concentración de cada recurso, definiendo las mismas de manera semi-automatizada con ayuda del módulo SHAPES (Echoview 4.1), utilizando umbrales inferiores de selección *Sv* de -60 dB para alfonsino y -65 dB para orange roughy (usualmente se utiliza -65 dB y -70 dB respectivamente), se removieron manualmente de los ecogramas los picos de alta intensidad y excluidos del análisis.

Tabla 17. Criterios de selección utilizados para la identificación automatizada de blancos individuales de orange roughy y alfonsino

Criterio	Orange roughy	Alfonsino
Umbral mínimo TS (dB re 1m²)	-70	-65
Nivel de determinación de la longitud del pulso (dB re 1m²)	7	7
Mínima longitud normalizada del pulso	0,5	0,5
Máxima longitud normalizada del pulso	1,2	1,2
Modelo de compensación de haz	Simrad LOBE	Simrad LOBE
Máxima compensación de haz (dB)	6,0	6,0
Mínima desviación estándar del ángulo en el eje menor (grados)	0,5	0,5
Máxima desviación estándar del ángulo en el eje menor (grados)	0,5	0,5
Corrección de rango para la TVG	0	0

#### c) Selección preliminar de blancos potenciales, método de trazos individuales

Como una manera adicional de asegurar un escrutinio exhaustivo de los datos, minimizando la probabilidad de inclusión de señales provenientes de blancos múltiples, los blancos potenciales identificados con el método convencional fueron analizados utilizando el método de trazos individuales (Blackman, 1986) implementado por Sonardata en el módulo "Fish Track" de Echoview.

Este método se basa en algoritmos que estiman la probabilidad (0,1) de que una secuencia de tres o más observaciones acústicas continuas pertenezcan a un mismo

individuo, dado un rango de búsqueda y sus diferencias en profundidad, ángulo y distancia. En términos simplificados, el método pronostica la posición y velocidad que debiera alcanzar un nuevo registro proveniente de un mismo pez y descarta aquellos que no se ajustan a un criterio de tolerancia definido por el usuario (Tabla 18).

Para evitar la inclusión de ecos ubicados por azar en la proyección de un trazo anterior, se utilizó un rango conservador, definido como la suma de las velocidades del barco y de la velocidad de natación probable del pez. Estos valores estuvieron entre 0,95 y 1,96 m, dependiendo de la especie y set de datos, y fueron calculados usando la relación:

$$Rango = \frac{v + 2 \cdot LT}{pr}$$
donde,

v: velocidad de la embarcación en m·s<sup>-1</sup>

2LT: velocidad del pez, asumida igual a 2 veces su largo total; en m·s<sup>-1</sup>

*pr*: número de pulsos por segundo.

Tabla 18. Parámetros de tolerancia y ponderación de variables utilizados para la identificación de trazos individuales en ambas especies.

Variable	Valor
Tolerancia desvío posición y velocidad en eje mayor (α)	0,7
Tolerancia desvío posición y velocidad en eje menor (β)	0,5
Ponderación eje mayor	25%
Ponderación eje menor	25%
Ponderación rango	25%
Ponderación TS	25%
Pulsos a omitir	0
Número mínimo de blancos individuales en un trazo	3
Número mínimo de pulso en una secuencia	3
Máximo espacio entre blancos individuales (pulsos)	5

## 4.15.5. Procedimiento de selección estadística de blancos válidos

a) posición relativa de los blancos marginales respecto de la agregación principal.

Al efectuar un análisis de varianza comparando los blancos ubicados sobre y bajo las agregaciones se encontró diferencias significativas entre estos grupos, tanto para orange

roughy como para alfonsino p<0,001). Ante esta evidencia, se decidió excluir los blancos individuales ubicados bajo los ecotrazos analizados. Esto considerando su mayor distancia respecto del transductor y, por ende, la menor resolución horizontal en la resolución de blancos individuales

## b) distancia respecto de la agregación principal

Este efecto se analizó respecto de seis bandas de distancia definidas desde el margen de la zona de alta densidad hasta los nueve m, cada 1.5 m (dos pixeles de alto). El test de efectos fijos sobre esta variable indicó diferencias significativas entre grupos, tanto para orange roughy como para alfonsino (ANOVA, p<0,0001 en ambos casos). Un análisis pareado indicó medias significativamente mayores en la banda de 0-1.5 m, y falló en detectar diferencias significativas entre las clases de 1,5-3 m y 3-4,5 m, las cuales fueron seleccionadas para posterior análisis.

## c) comparación y selección de set de datos aceptables como válidos

Un análisis de varianza destinado identificó efectos significativos de los distintos set de datos sobre la TS media. Atendiendo a lo recomendado por FRS se seleccionó sólo los sets 2, 7 y 8 considerando i) que sus medias tendían a formar un grupo relativamente homogéneo; y ii) que correspondían a datos provenientes de ecogramas donde la agregación de orange roughy era claramente identificable. En el caso de alfonsino, se mantuvo todos los datos con la excepción del set 39, cuya media se escapaba claramente del rango observado en los restantes grupos de datos.

## d) eliminación visual de datos escapados

Una inspección gráfica de los datos mediante diagramas de cajas permitió identificar y excluir 30 datos de alfonsino que se encontraban claramente fuera del rango de distribución de los resultados observados, formando una pequeña y discreta moda bajo los -49 dB.

En síntesis el grupo final de blancos procedentes del método convencional de selección, analizados para orange roughy correspondió a 808 blancos individuales, observados en tres grupos de mediciones *in situ*: 2, 7 y8. En el caso de alfonsino, el total de datos analizados fue de 427, procedentes de seis sets distintos: 38, 39, 41 42, 43 y 44.

### e) selección de datos procedentes del método de trazos individuales.

Un procedimiento de selección equivalente al anterior fue aplicado al sub-grupo de datos filtrados adicionalmente con el método de trazos individuales. A ello, se agregó un filtro basado en la velocidad aparente de natación (en tres dimensiones), excluyendo aquellos blancos cuya velocidad corregida por el movimiento del barco, se encontrara bajo 0,95 y sobre 2,3 largos corporales por segundo. Este criterio, orientado principalmente a excluir ecos de pequeños peces con vejiga gaseosa, se basó en los percentiles 25 y 75 de la distribución de frecuencias de velocidad sostenida de natación reportada para 89 especies por Froese & Pauly (2003). Esto redujo notablemente el tamaño muestreal a sólo 44 datos en orange roughy y 27 en alfonsino, a los que, sin embargo, se les atribuyó un valor mucho más elevado de certidumbre respecto de representar efectivamente individuos de las especies-objetivo.

### 4.15.6. Procedimiento de estimación de medias e interceptos de relación TS-longitud

La estimación de las medias se realizó sobre los datos seleccionados para cada especie, utilizando un modelo lineal de tipo mixto, en el cual se consideró el efecto aleatorio del set de datos como única fuente de covarianza.

La estimación de interceptos para la relación TS-longitud estándar (LE) se efectuó asumiendo como conocida la pendiente de una relación lineal simple donde,

$$TS = \beta_0 + \beta_1 \cdot log(LE)$$

cuyos datos reordenados llevan a obtener un estimado del intercepto  $\beta_0(i)$ , para cada observación TS(i), siguiendo la relación

$$\beta_0(i) = \beta_1 \cdot log(LE) - TS(i)$$

En orange roughy se estimó los interceptos resultantes de la utilización de dos pendientes  $\beta_1$  alternativas. La pendiente de 16,15 empleada anteriormente en Nueva Zelanda y Australia, derivada del trabajo de Donnan et al (2001 *fide* Hampton & Soule, 2002), y la pendiente de 18,5 resultante de la modelación *ex-situ* desarrollada en el marco del presente trabajo. En alfonsino, al no existir estimados alternativos del valor de la pendiente se utilizó el valor de 20 propuesto a manera de constante universal por Foote (1987).

## 4.15.7. Revisión crítica de métodos empleados in-situ y propuesta metodológica.

Como una manera de evaluar los resultados y metodología efectivamente aplicada en el estudio, se encomendó a los consultores internacionales (FRS) una revisión crítica ex-post de los métodos empleados. Esta generó un informe, cuyas principales recomendaciones se detallan en la sección de resultados, no obstante se entrega la versión original in extenso en el Anexo I.

## 4.16. Modelamiento ex situ

### 4.16.1. Adquisición de imágenes y mediciones morfológicas.

El modelo Kirchhoff-ray mode estima la intensidad del sonido retrodispersado por un objeto en base a la morfometría, densidad y velocidad del sonido en los tejidos del cuerpo y vejiga natatoria (Clay & Horne, 1994; Horne & Jech, 1999). Ello requiere contar con imágenes y mediciones corporales de órganos internos de buena calidad y estimaciones de la velocidad del sonido y densidad de los tejidos y agua de mar. En estudios previos, las imágenes han sido capturadas generalmente mediante rayos X o scanner. Una fortaleza del presente trabajo, ha sido el uso de resonancia magnética, técnica de mayor resolución que posibilitó definir con claridad órganos internos blandos. Esto permitió capturar con precisión el contorno de la vejiga natatoria de orange roughy, que presenta bajo contraste en los exámenes de rayos X.

Las imágenes sagitales y transversales de los peces fueron capturadas según procedimiento descrito en 4.11. El plano dorsal se obtuvo a partir de la reconstitución de las imágenes laterales, utilizando una rutina desarrollada en IDL ("ct-plot") por el Dr. John Horne, llegando así a un modelo tridimensional de cada individuo (Figura 6). En base a éstas se dibujaron los contornos de las vistas dorsales y laterales de los órganos de interés y el cuerpo del pez, utilizando los software Image-J y Adobe Photoshop CS2 versión 9,0 (Figura 7).

Estos contornos fueron escalados midiendo las longitudes, alturas y anchos con respecto a un eje x-y, de acuerdo a la metodología de Jech & Horne (2002), (Figura 8). Las dimensiones de los órganos internos y el cuerpo se midieron directamente en los archivos digitales de resonancia magnética mediante el software de imagenología clínica Eastman KODAK Company Ltd. versión 3.5 (Algotec Systems Ltd.). Luego se generaron archivos de datos digitales de los órganos y el cuerpo en intervalos discretos de 1 mm, que posteriormente fueron interpolados en un modelo 3D mediante una adición coherente de cilindros concéntricos de longitud finita (1 mm), siguiendo la metodología descrita por Clay & Horne (1994) y Horne & Jech (1999).

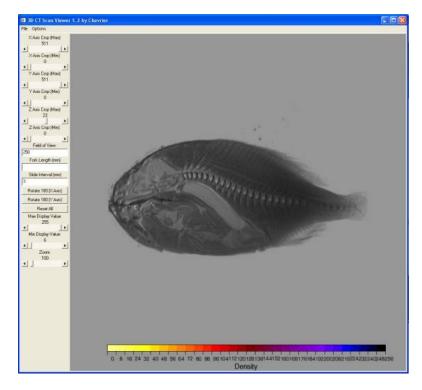


Figura 6. Recreación tridimensional en CT Scan viewer del cuerpo y vejiga natatoria de orange roughy (pez # 25; macho de 42,4 cm LS). Los controles en la tabla de la izquierda permiten rotar, cortar, ampliar y modificar los contrastes de la imagen.

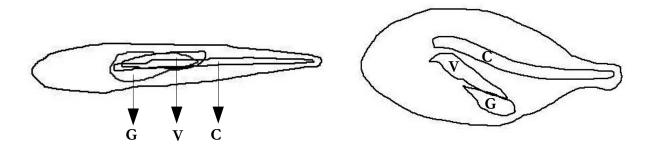


Figura 7. Contornos del cuerpo del pez y órganos de interés (vejiga natatoria, columna vertebral y gónadas). Izquierda: vista lateral; Derecha: vista dorsal. (orange roughy, pez 50: macho de 29 cm LS).

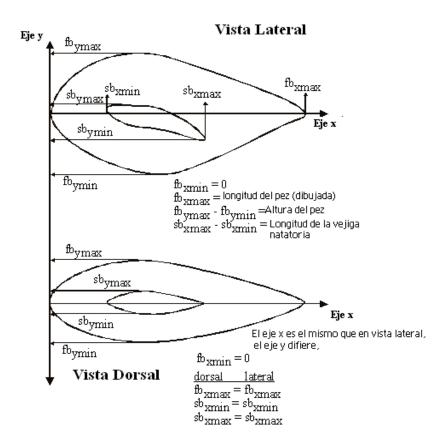


Figura 8. Esquema que muestra los puntos de referencia utilizados para tomar las mediciones del cuerpo y órganos del pez (vejiga natatoria en este caso), para convertir los contornos obtenidos de los análisis de resonancia magnética a archivos digitales. (Adaptado de Jech & Horne, 2002).

### 4.16.2. Modelación

Los datos digitalizados de morfometría del cuerpo y órganos internos de interés, fueron utilizados para construir una serie finita de cilindros contiguos a lo largo del eje sagital del pez (Figura 9). La energía retrodispersada desde cada cilindro (Figura 10) fue luego sumada coherentemente para obtener la energía total como función de la longitud estándar del pez (LE, en m), el aspecto dorsal en relación a la onda incidente ( $\theta$ ) y la frecuencia acústica (f). Se puede encontrar un detalle completo del modelo en Clay & Horne (1999) o el apéndice de Horne & Jech (1999).

La energía acústica retrodispersada, ya sea por un órgano o la suma de ellos, puede ser expresada en unidades de longitud dispersante (m), que corresponden a una medida relativa respecto del eco esperado a un metro de distancia de un blanco esférico ideal de un metro de radio. En el presente modelo utilizamos una medida lineal adimensional, la longitud dispersante reducida ("reduced scattering length" o RSL), que resulta de dividir la longitud dispersante (L) por la longitud estándar del pez (LE).

$$RSL = \frac{L_f}{LE}$$
 donde,

 $L_f$ : longitud dispersante del órgano u organismo f (m).

LE: longitud estándar del pez (m).

La sección retrodispersante ( $\sigma_{bs}$ ) y la fuerza de blanco (TS), fueron a su vez calculadas utilizando las siguientes relaciones,

$$\sigma_{bs} reducida = \frac{L_f^2}{LE^2} = RSL^2$$

$$\sigma_{bs} = L_f^2 = RSL^2 \cdot LE^2$$

$$TS = 20 \cdot log_{10} \cdot L_f^2 = 20 \cdot log_{10}(RSL) + 20 \cdot log_{10}(LE)$$

La aproximación para ambas especies fue algo diferente. En el caso del alfonsino, el modelo incluyó solamente el efecto de la vejiga natatoria, aproximación tradicional para la estimación de fuerza de blanco utilizando KRM. En orange roughy en cambio, el modelo incorporó el efecto de la vejiga natatoria, columna vertebral y gónadas. Lo anterior se definió en función de las características morfológicas y propiedades materiales de las vejigas natatorias de las especies en estudio. La vejiga natatoria de alfonsino es gaseosa y, por lo tanto, posee una muy alta reflectividad que da cuenta, por si sola, del mayor porcentaje de energía acústica retrodispersada por el organismo. En el caso de orange roughy, la vejiga natatoria está llena con ésteres de cera, razón por la cual su reflectividad es muy baja y las propiedades materiales de los componentes del cuerpo tiene mayor influencia en la magnitud y variabilidad del sonido reflejado, aumentando la contribución relativa de las distintas partes del cuerpo a la energía total retrodispersada.

La relación Fuerza de blanco/longitud fue modelada para 40 peces de la especie orange roughy (30-50 cm de longitud estándar) y 34 de la especie alfonsino (10-45 cm de longitud estándar). Las simulaciones se ejecutaron considerando un ángulo de inclinación con respecto

al eje horizontal de 0° (perpendicular al eje del transductor) y una frecuencia de 38 kHz.

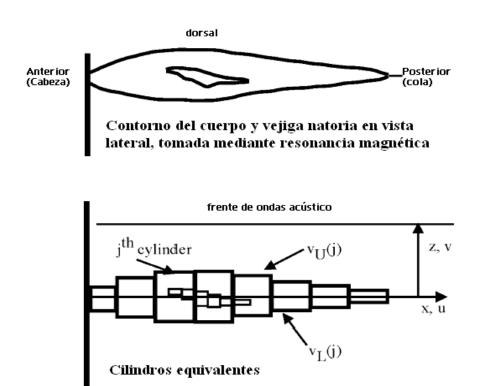


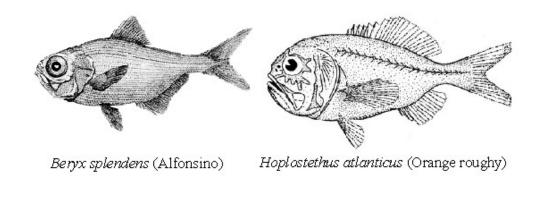
Figura 9. Representación esquemática de los contornos del cuerpo y vejiga natatoria del pez (superior) y los correspondientes cilindros utilizados en el modelo KRM. (Adaptado de Horne & Jech, 2005).

### 4.16.3. Velocidad del sonido y densidad del agua de mar y tejidos

Los valores de la velocidad del sonido y densidad del agua de mar se definieron en función de los registros de temperatura y salinidad en los sitios de muestreo, utilizando la ecuación de Mackenzie (1981) y la ecuación de estado del agua de mar de UNESCO (Tabla 19).

Tabla 19. Valores estimados de velocidad del sonido  $(c_{am})$  y densidad del agua de mar  $(\rho_{am})$  según temperatura y salinidad.

Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad	$(c_{am})$	$( ho_{\it am})$
400	7,22	34,41	1.485,23	1.028,76
700	5,14	34,31	1.481,79	1.030,36



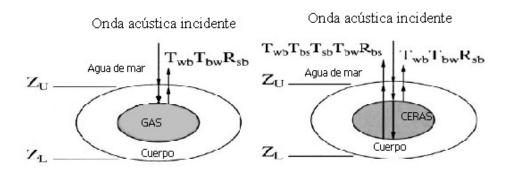


Figura 10. Patrón de rayos acústicos incidentes, transmitidos y reflejados a través de dos de los modelos de retrodispersión acústica utilizados: a) A la izquierda se representa el modelo de alfonsino, cuya vejiga natatoria está llena de gases; b) A la derecha un modelo simplificado de orange roughy representando, para efectos ilustrativos, sólo la vejiga natatoria. El modelo completo de orange roughy considera también la influencia de gónadas y columna vertebral, cuyo patrón de rayos acústicos es similar al mostrado por la vejiga natatoria en la imagen. Modificado de Barr (2001).

### 4.16.4. Propiedades materiales

Cualquier estructura anatómica con una valor de impedancia acústica diferente a la del agua de mar reflejará sonido. La proporción de sonido reflejado en la interfase de dos objetos (como por ejemplo entre la vejiga natatoria y el músculo) depende de la diferencia en la impedancia acústica entre ambos. Mientras mayor sea ésta diferencia, mayor será la proporción de sonido reflejado. (Horne & Jech, 2005). En consecuencia, las propiedades materiales del cuerpo del pez y del los distintos órganos tienen directa influencia sobre la densidad, velocidad del sonido e impedancia acústica resultante. Se utilizó valores de velocidad del sonido y cuociente de densidad para vejiga natatoria, gónadas, columna vertebral y cuerpo basados en McClatchie & Ye (2000), Barr (2001), Kloser & Horne (2003), Chu et al. (2003) e Ida et al. (2004). La densidad de gónadas y columna vertebral fue estimada a partir de mediciones propias de peso y volumen desplazado (Tabla 20).

Para explorar la sensibilidad de las predicciones del modelo KRM a las propiedades materiales, se varió sistemáticamente los valores de contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) utilizados como input para los distintos tejidos (cuerpo del pez, vejiga natatoria y columna vertebral (Tabla 21). Los contrastes en velocidad del sonido y densidad fueron

utilizados como coeficientes de reflectividad relativos al gua de mar para cada interfase dentro del pez (cuerpo del pez, vejiga natatoria, gónadas, columna).

El rango de combinaciones de g y h se dividió en 20 intervalos iguales. Los valores de velocidad del sonido y densidad utilizados se eligieron dentro del rango de valores publicados en la literatura, atingentes a las especies en estudio, considerando algunas estimaciones de densidad de los tejidos realizadas en el laboratorio (por volumen desplazado), y en función de los parámetros estimados durante el crucero de evaluación acústica *in situ* de cada especie objetivo. Posteriormente, se modeló la fuerza de blanco para cada combinación de g y h en el cuerpo (considerado como músculo) y órganos. Luego se graficó la diferencia entre los valores de referencia utilizados en la estimación *ex situ* (g<sub>o</sub> y h<sub>o</sub>), y el rango de combinaciones de g y h definidas.

Las propiedades materiales de los tejidos fueron estimadas para 700 m el caso de orange roughy y 400 m para alfonsino, conforme a los rangos de profundidad en que se desarrolló la estimación *in situ*.

### 4.16.5. Análisis de datos

De manera previa al análisis estadístico se definió y aplicó criterios de selección que permitieran eliminar datos procedentes de imágenes notoriamente alteradas en su simetría, producto de la manipulación en la mesa de resonancia magnética y/o de su post-proceso. De esta manera se excluyó del análisis aquellos ejemplares de ambas especies cuya asimetría del cuerpo en vista dorsal fue >2 cm. En el caso de orange roughy, se excluyó además aquellos cuya asimetría de la columna vertebral fue >1 cm. Al final de este proceso, se contó con modelos válidos para 21 ejemplares de orange roughy y 14 de alfonsino.

Tabla 20. Valores de densidad y velocidad del sonido en tejidos utilizados en los modelos de fuerza de blanco de alfonsino y orange roughy.

Tejido	velocio	dad del sonido (m·s <sup>-1</sup> )	Densidad (kg m <sup>-3</sup> )		
	valor	Fuente valor Fuente		Fuente	
Cuerpo del pez (alfonsino)	1.535	Barr, 2001; Kloser & Horne, 2003	1.050	Barr, 2001; Kloser & Horne, 2003	
Cuerpo del pez (orange roughy)	1.535	Barr, 2001; Kloser & Horne, 2003	1.050	Barr, 2001; Kloser & Horne, 2003	
Vejiga natatoria (alfonsino)	335	Barr, 2001	126	Barr, 2001	
Vejiga natatoria (orange roughy)	1.525	Kloser & Horne, 2003 903 Barr, 2001		Barr, 2001	
Columna vertebral	1.230	Ida et al., 2004	1.038	Presente trabajo	
Gónadas	1.017	Chu et al., 2003	1.086	Presente trabajo	

Tabla 21. Rango de valores de densidad y velocidad del sonido en tejidos, utilizados en el análisis de sensibilidad del modelo.

Tejido	Rango de valore del sonido		Rango de valores de densidad (kg/m³)	
,	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Cuerpo (orange roughy)	1.518	1.562	988	1.230
Cuerpo (alfonsino)	1.390	1.690	1.000	1.080
Vejiga natatoria (orange roughy)	1.448	1.580	765	1.095
Vejiga natatoria (alfonsino)	250	370	60	200
Gónadas	894	1.180	980	1.244
Columna vertebral	1.170	1.566	956	2.122

Cada modelo individual fue resuelto en intervalos de 1 mm. A fin de evitar extrapolaciones poco realistas, la salida de cada modelo fue truncada cuando el rango predicho excedió  $\pm$  25% de la longitud estándar del pez modelado. Los datos así resultantes de cada modelo individual fueron luego combinados en un set común de datos para cada especie. Cada set fue utilizado para ajustar una regresión lineal simple entre TS y longitud estándar,

$$TS = \beta_0 + \beta_1 \cdot log_{10}(LE)$$

El ajuste del modelo y la estimación de los parámetros se efectuó a través de un modelo lineal de tipo mixto, que permitió modelar y corregir por el efecto derivado de la correlación entre múltiples datos modelados ("observaciones") para un mismo pez.

# 4.17. Caracterización oceanográfica del área de estudio

## 4.17.1. Caracterización de la columna de agua y patrones de circulación

Se realizó muestreos de mesozooplancton y perfiles hidrográficos (CTD Seabird 19+ con sensor de oxígeno) entre la superficie y 50 m sobre el fondo marino, con una profundidad máxima de 1.000 m. Estos muestreos, realizados entre mayo y septiembre de 2005 (Tabla 22), fueron orientados a obtener información acerca de dos aspectos principales:

# a) Caracterización de la columna de agua

En cada monte se definió una estación de referencia (fija), ubicada en el centro de distribución conocida de cada recurso, a la que se adicionó estaciones variables definidas después de cada ciclo de transectas hidroacústicas para representar las zonas donde se

observó mayores concentraciones de cada especie. La distribución nominal del esfuerzo fue de ocho estaciones por monte (esfuerzo efectivo en Anexo IV).

A partir de los perfiles verticales de temperatura y salinidad se calculó la densidad, cuantificando el grado de estratificación de la columna de agua (frecuencia Brunt-Vaisala), la profundidad de la capa de mezcla y la ubicación de las clinas principales (termoclina, haloclina, picnoclina y oxiclina). Por medio de cálculos de la anomalía de la energía potencial de la columna de agua, se estimó la variación espacial de la estratificación en los alrededores de los montes submarinos en estudio. La ubicación de la zona de mínimo de oxígeno se estimó en asociación con la caracterización de las masas de agua por medio de diagramas T-S, T-O y S-O. Ploteando las alturas dinámicas, se estimó también la deformación de los campos de temperatura, salinidad y densidad en y/o alrededor de estos montes.

## b) Patrones de circulación geostrófica

Se efectuó una estimación de la circulación media de las corrientes en la zona de estudio, calculando el campo horizontal de alturas dinámicas y, a partir de éste, las gradientes transversales de presión y el flujo geostrófico asociado. Para éstos cálculos se siguió la metodología convencional indicada en Pond & Pickard (1983), trabajando en dos escalas espaciales:

Una primera escala, del orden de varios kilómetros, se orientó a la caracterización geostrófica alrededor de los montes submarinos. Para ello, se eligió tres montes: JF2, BO2 y PSI, que se consideró representativos de la diversidad de zonas en que se explota el recurso, En cada uno de ellos se diseñó series de dos transectas perpendiculares entre sí (Figuras 11 a 13), realizadas dos veces en los montes JF2 y BO2 (inicio y fin de temporada) y una en PSI. Para mantener la sinopticidad en el muestreo sobre estos montes, estas transectas fueron finalizadas en un periodo no mayor de dos días.

Una segunda escala (decenas de kilómetros) buscó obtener información física de mesoescala, modelar el flujo geostrófico y caracterizar las masas de agua asociadas a la circulación frente a Chile Central. Para ello, se efectuó una transecta de 14 estaciones distribuidas entre Juan Fernández y Bajo O'Higgins (Figura 14).

## 4.17.2. <u>Muestreo zooplanctónico y análisis de ictioplancton</u>

En las mismas estaciones donde se efectuó los perfiles de CTDO se efectuó un arrastre vertical con una red bongo de 300 µm de trama, armada con un flujómetro General Oceanics para estimación de volumen filtrado y copos desmontables con ventanas laterales. Las muestras fueron fijadas a bordo con formalina tamponada al 10% o etanol al 35%, y luego analizadas en el Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL) de la Universidad de Concepción.

Tabla 22. Cruceros, embarcaciones utilizadas, periodos de muestreo y número de estaciones oceanográficas por monte estudiado.

	Monte	Embarcación	Periodo	N° Estaciones
Crucero 1	PSI	BONN	15 mayo 2005	10
Crucero 2	BO2	BETANZOS	08 junio 2005	11
	JF1	BETANZOS	13 junio 2005	2
		BETANZOS	21 junio 2005	4
		BETANZOS	01 julio 2005	1
		BETANZOS	05 julio 2005	2
	JF2	BETANZOS	13-14 julio 2005	15
		BETANZOS	19 julio 2005	1
	JF4	BETANZOS	31 julio 2005	3
		BETANZOS	04 agosto 2005	3
		BETANZOS	08 agosto 2005	2
	JF3	BETANZOS	07 agosto 2005	2
Crucero 3	JF3	BETANZOS	01 septiembre 2005	2
		BETANZOS	07 septiembre 2005	3
	JF2	BETANZOS	13-24 septiembre 2005	12
	Transecta E-O	BETANZOS	16-22 septiembre 2005	14
	BO2	BETANZOS	22 septiembre 2005	12
	99			

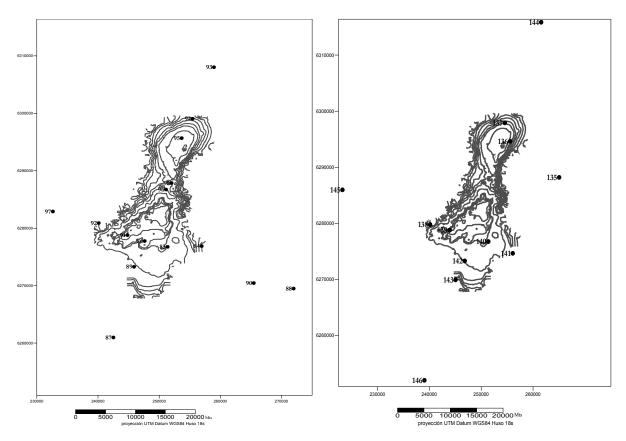


Figura 11. Estaciones oceanográficas realizadas en JF2 en julio de 2005 (panel izquierdo) y septiembre del mismo año (panel derecho).

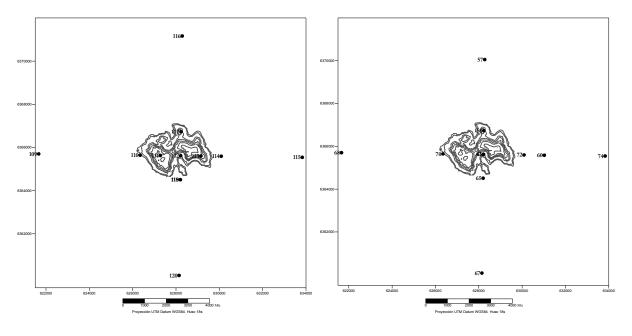


Figura 12. Estaciones oceanográficas realizadas en BO2 en junio de 2005 (panel izquierdo) y septiembre del mismo año (panel derecho).

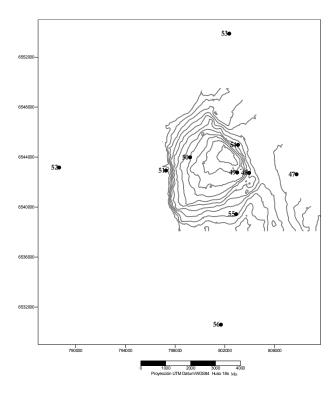


Figura 13. Estaciones oceanográficas en el sector PSI, Crucero 1-15 de Mayo 2005.

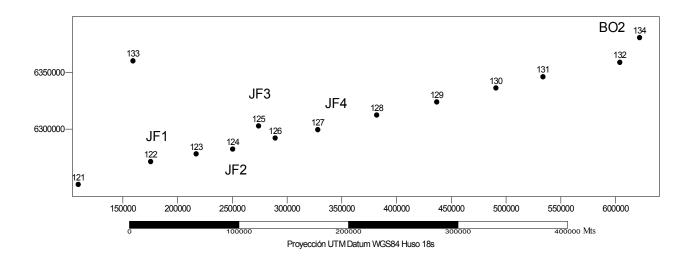


Figura 14. Ubicación de estaciones en la transecta Este-Oeste, desde el sector Bajo O'Higgins (BO2), hasta Juan Fernández (JF1).

#### 4.18. Batimetría

La información batimétrica provino de la prospección hidroacústica realizada durante los cruceros de investigación en las áreas y periodo de estudio. Se recopiló toda la información del fondo autodetectado por el ecosonda, descartándose aquellas áreas de error evidente y los datos superiores a 1.000 m de profundidad. Lo anterior debido a que a partir de esta profundidad el efecto del lóbulo lateral aumenta notoriamente.

Estos datos mostraron un espaciamiento irregular, semi-continuo a lo largo de las transectas, y claramente discontinuo entre transectas. Asumiendo isotropía en la correlación espacial de los datos, se efectuó un proceso de interpolación de tipo kriging simple, con una resolución nominal de 100 m.

La data resultante fue importada al software Piscatus versión 5.1.2600.2180 (Seabed Mapping Inc., Nueva Zelanda) para fines de visualización; se identificó y eliminó manualmente los datos erróneos y se generaron mapas tridimensionales de cada monte.

La data batimétrica obtenida se exportó al programa Surfer (versión 7.0) para generar con ella mapas batimétricos en 2D, las escalas de este nuevo set de datos es de 1:200.000 para JF1; 1:100.000 para los montes JF2 y JF4 y de 1:50.000 para los montes JF3, BO1, BO2 y PSI. Las isolíneas de profundidad se ubicaron cada 50 m.

# 5. RESULTADOS y DISCUSIÓN

## 5.1. Estimación de biomasa y abundancia de orange roughy y alfonsino.

# 5.1.1. Biomasa y abundancia de orange roughy

El coeficiente medio de dispersión por unidad de área ( $\hat{S}_A$ ) de la fracción desovante de orange roughy presente en las áreas y períodos estudiados fue estimado en un valor de 75  $m^2 \cdot km^{-2} \pm 13$  (EE) (Tabla 23). El área total de distribución efectiva de esta especie  $\hat{\alpha}$  fue estimada en 22,4 km² ± 2,5 (EE) y 6 km² ± 2,2 (EE) para las zonas de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, respectivamente, equivalentes a 23 % y 16 % del área prospectada (Tabla 23, Figuras 15, 16, 17, 18, 19 y 20). La abundancia relativa del recurso, definida como el producto entre el coeficiente medio de dispersión y el área de distribución efectiva del stock ( $\hat{S}_A \cdot \hat{\alpha}$ ) alcanzó a 1.000 m² ± 170 (EE) y 300 m² ± 110 (EE) para las áreas de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, respectivamente.

Dependiendo de la relación de fuerza de blanco utilizada, los estimados anteriores pueden ser escalados a valores de abundancia y biomasa que presentan un amplio rango. De este modo, utilizando la relación de Hampton & Soule (2002), fue posible estimar la abundancia y biomasa de las agregaciones observadas en totales de 12,0 ×10<sup>6</sup> individuos y 23.248 toneladas. Utilizando la relación de fuerza de blanco de Doonan & Bull (2001), estos valores se reducen a 7,9 ×10<sup>6</sup> individuos y 15.320 toneladas. Finalmente, al utilizar el valor de fuerza de blanco derivado dentro del presente estudio, se obtuvo una abundancia de 10,2 ×10<sup>6</sup> individuos y una biomasa total de 19.730 ton. En todos los casos el CV muestreal correspondió a un 11% (Tabla 24).

Como es sabido, el escalamiento a abundancia y biomasa es altamente sensible al uso de otras relaciones de TS-longitud. De este modo, la utilización de las relaciones alternativas de Doonan et al. (2001) o Hampton & Soule (2002) llevarían a abundancias/biomasas equivalentes a un 0,78 ó 1,18 veces los valores antes reportados, respectivamente (Tabla 25).

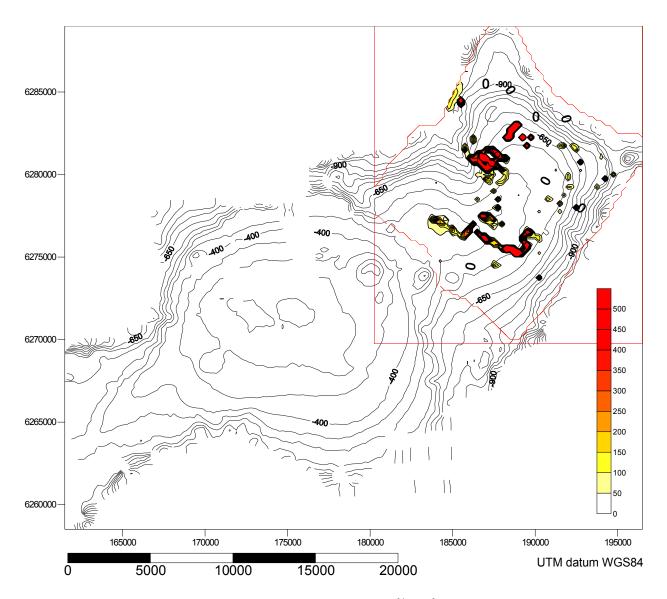


Figura 15.: Mapa de distribución de densidad relativa (m²\*mn-²) de orange roughy en el monte JF1, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84).

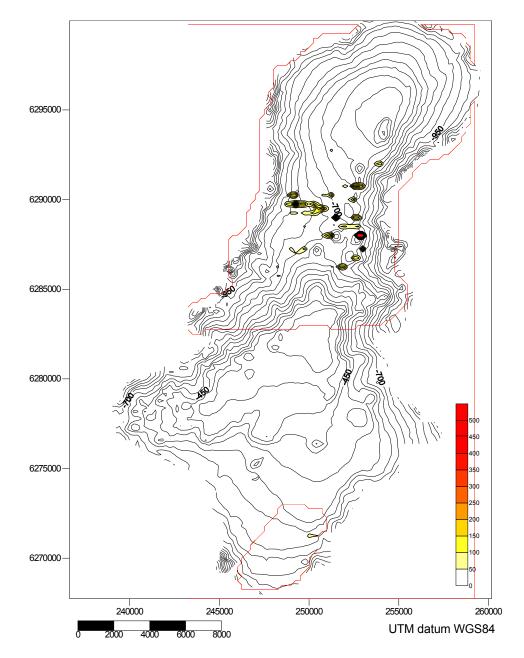


Figura 16.: Mapa de distribución de densidad relativa (m²\*mn-²) de orange roughy en el monte JF2, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84).

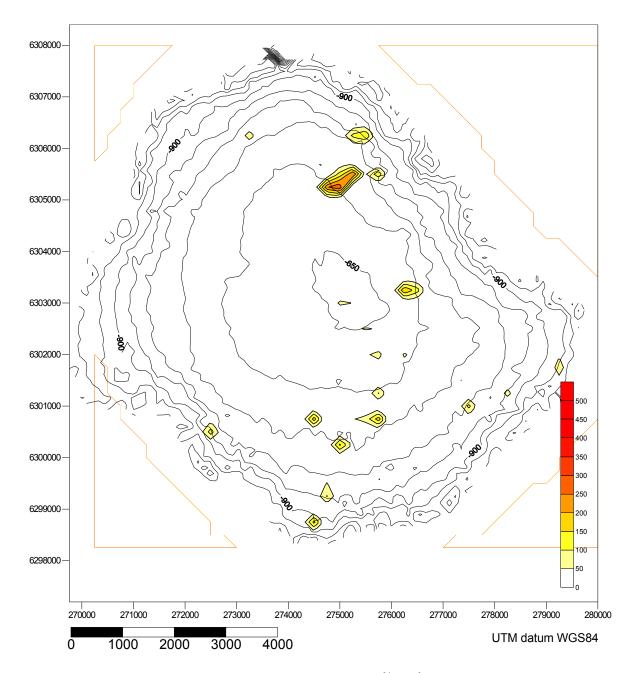


Figura 17.: Mapa de distribución de densidad relativa (m²\*mn-²) de orange roughy en el monte JF3, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84).

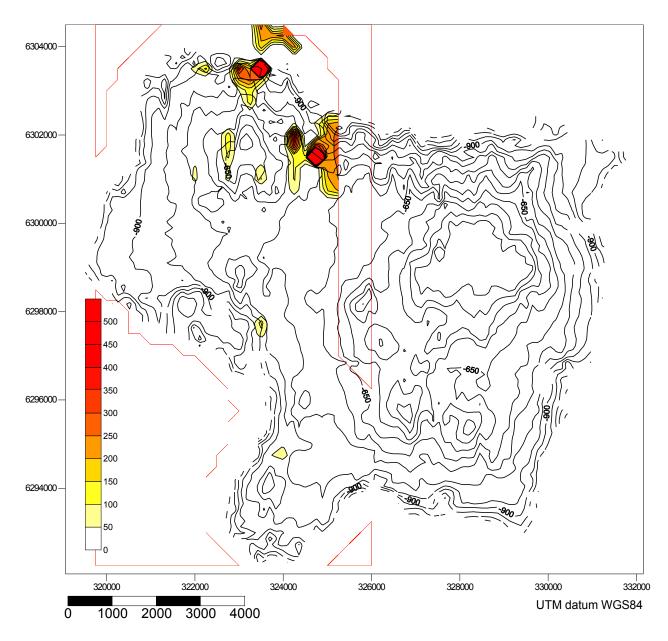


Figura 18.: Mapa de distribución de densidad relativa (m²\*mn-²) de orange roughy en el monte JF4, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84).

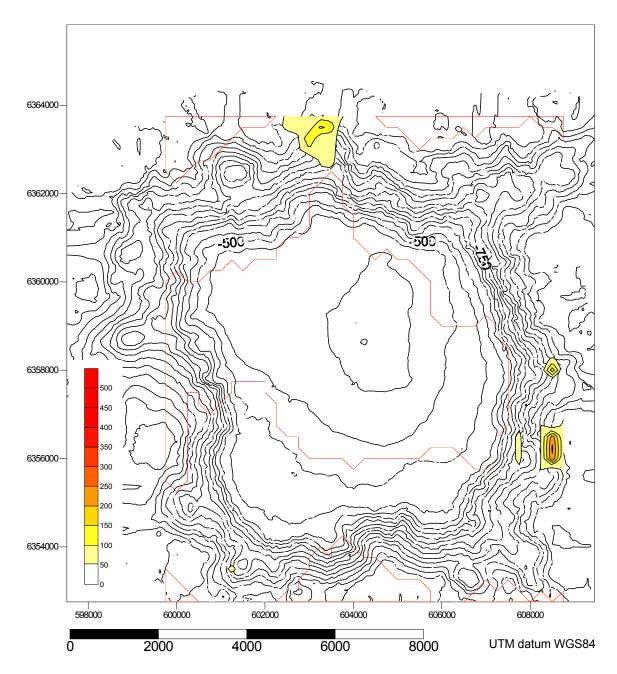


Figura 19.: Mapa de distribución de densidad relativa(m²\*mn-²) de orange roughy en el monte BO1, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84).

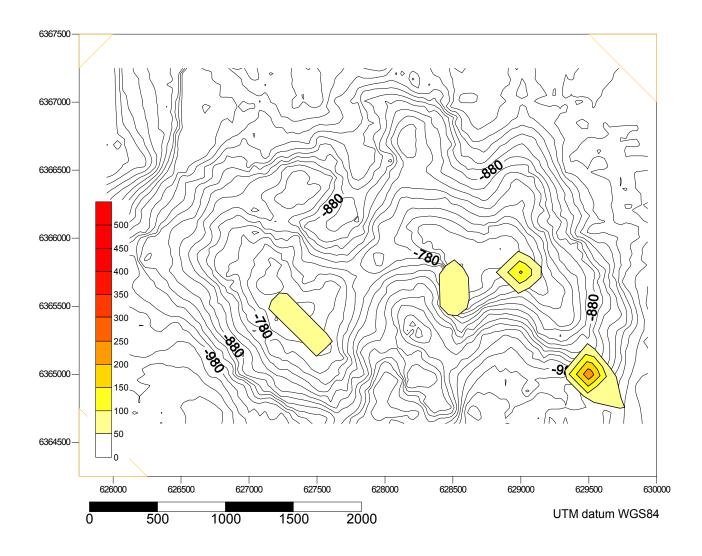


Figura 20.: Mapa de distribución de densidad relativa (m²\*mn-²) de orange roughy en el monte BO2, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84).

Tabla 23. Área prospectada y estimados de la proporción del área ocupada por el stock ,  $p(S_A>0)$ , del área efectiva del stock  $(\hat{\alpha})$ , coeficiente medio de dispersión acústica  $(\hat{S}_A)$  y abundancia relativa  $(\hat{\phi})$  de la fracción desovante de orange roughy presente en el área y período de estudio. Sub-totales y total corresponden a sumas o medias ponderadas, según corresponda. El número de dígitos significantes ha sido definido de manera arbitraria para facilitar consistencia numérica.

Monte	Área Prospec- tada (km²)	p(S <sub>A</sub> >0)	EE p(S <sub>A</sub> >0)	$\hat{lpha}$ (km²)	EE $(\hat{lpha})$	$\hat{\bar{S}}_A$ $(m^2 \cdot km^{-2})$	$\mathop{\rm EE}_{(\hat{\bar{S}}_{A})}$	$\hat{\boldsymbol{\phi}} = \hat{\boldsymbol{\alpha}} \cdot \hat{\bar{S}}_A$ (m²)	$\stackrel{ ext{EE}}{(\hat{oldsymbol{\phi}})}$
JF1	106,2	0,045	0,0088	4,8	0,93	82	21	393	126
JF2	130,3	0,040	0,0043	5,3	0,56	52	6,4	275	44
JF3	64,5	0,047	0,0103	3,0	0,66	64	14	194	60
JF4	57,1	0,046	0,0070	2,6	0,40	90	26	237	76
Sub-total	358,1	0,044	0,0039	15,7	1,3	70	8,7	1.099	165
BO1	97,5	0,05	0,02	5,1	2,14	42	9,9	214	103
BO2	10,8	0,14	0,03	1,5	0,37	55	15	84	31
Sub-total	108,3	0,061	0,0129	6,7	2,2	45	18	298	108
Total	466,4	0,048	0,0061	22,4	2,5	75	13	1.397	197

Tabla 24. Valores estimados de densidad numérica,  $\hat{d}$ , abundancia,  $\hat{N}$ , y biomasa,  $\hat{B}$ , correspondientes a la fracción desovante de orange roughy presente en el Archipiélago de Juan Fernández durante el presente estudio. Sub-totales y total corresponden a sumas o medias ponderadas, según corresponda. El número de dígitos significantes ha sido definido de manera arbitraria para facilitar consistencia numérica.

Monte	Densidad (ind* $m^{-2}$ ) $\hat{d}$	$\mathrm{EE}(\hat{ar{d}})$	Abundancia (10 $^6$ ind) $\hat{\bar{N}}$	$\mathrm{EE}(\hat{ar{N}})$	Biomasa $(ton)$ $\hat{\bar{B}}$	EE $(\hat{ar{B}})$	$\mathrm{CV}(\hat{ar{B}})$
JF1	0,60	0,15	2,86	0,74	5.215	1.357	0,26
JF2	0,38	0,05	2,00	0,26	3.743	492	0,13
JF3	0,47	0,10	1,41	0,36	3.056	776	0,25
JF4	0,65	0,19	1,72	0,45	3.508	921	0,26
Sub-total	0,51	0,064	7,99	0,98	15.522	1.880	0,12
BO1	0,30	0,07	1,56	0,61	3.069	1.202	0,39
BO2	0,40	0,11	0,61	0,18	1.136	338	0,30
Sub-total	0,33	0,061	2,17	0,64	4.205	1.249	0,30
Total	0,45	0,048	10,16	1,00	19.727	2.257	0,11

Tabla 25. Comparación de valores estimados de densidad numérica,  $\hat{d}$ , abundancia,  $\hat{N}$ , y biomasa,  $\hat{B}$ , obtenidos utilizando relaciones alternativas de TS-LE empleadas en Australia y Nueva Zelanda. Valores corresponden a la fracción desovante de orange roughy presente en el Archipiélago de Juan Fernández en 2005.

	Den	sidad (ind	*m <sup>-2</sup> )	Abu	ndancia (10	06 ind)	Biomasa (ton)		
Monte	Presente estudio	Doonan et al. (2001)	Hampton & Soule (2002)	Presente estudio	Doonan et al. (2001)	Hampton & Soule (2002)	Presente estudio	Doonan et al. (2001)	Hampton & Soule (2002)
JF1	0,60	0,46	0,70	2,86	2,22	3,37	5.215	4.051	6.146
JF2	0,38	0,30	0,45	2,00	1,56	2,36	3.743	2.907	4.411
JF3	0,47	0,36	0,55	1,41	1,10	1,66	3.056	2.374	3.602
JF4	0,65	0,51	0,77	1,72	1,34	2,03	3.508	2.725	4.134
Sub-total	0,51	0,40	0,60	7,99	6,22	9,42	15.522	12.057	18.293
BO1	0,30	0,24	0,36	1,56	1,21	1,84	3.069	2.384	3.616
BO2	0,40	0,31	0,48	0,61	0,48	0,72	1.136	883	1.339
Sub-total	0,33	0,25	0,38	2,17	1,69	2,56	4.205	3.267	4.955
Total	0,45	0,35	0,54	10,16	7,91	11,98	19.727	15.324	23.248

# 5.1.2. <u>Biomasa y abundancia de Alfonsino</u>

El coeficiente medio de dispersión por unidad de área  $(\hat{S}_A)$  de la fracción del stock de alfonsino presente en los montes JF1, JF2 y JF4 durante el período de estudio fue estimado en un valor de  $800 \ m^2 \cdot km^{-2} \pm 210$  (EE) (Tabla 26). El área total de distribución efectiva de esta especie  $\hat{\alpha}$  fue estimada en 50 km²± 6.0 (EE), correspondiente a un 14 % del área prospectada en estos tres montes (Figuras 21 y 22). El índice de abundancia relativa  $(\hat{S}_A \cdot \hat{\alpha})$  fue estimado en  $40.000 \ \text{m}^2 \pm 5.800$  (EE).

Al escalar los coeficientes de dispersión y el área de distribución efectiva del stock a valores de abundancia y biomasa total, utilizando la relación de fuerza de blanco derivada en el marco del presente estudio, se estimó un total de 23 ×10<sup>6</sup> individuos ± 2,8 % (CV) y 20.000 ton ± 14 % (CV) (Tabla 27). No se observó ecotrazos atribuibles a alfonsino en los montes JF3, BO1 y BO2, mientras que el monte JF5 no fue incluido como parte del presente estudio.

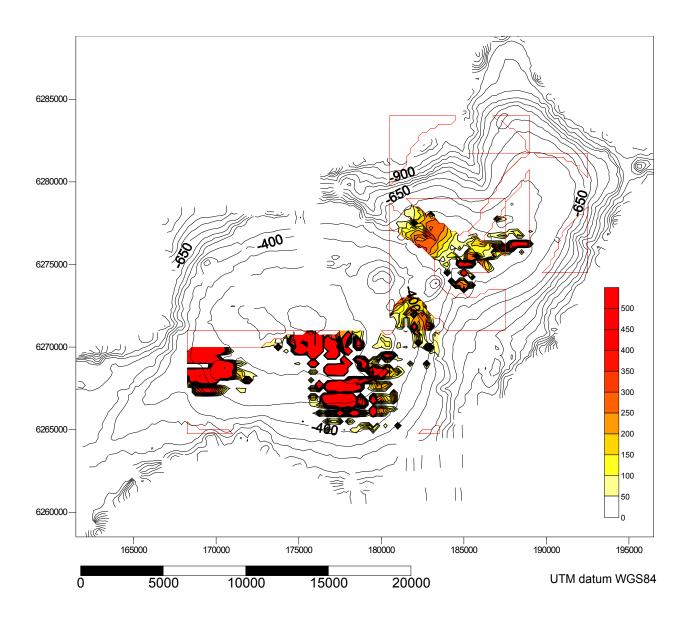


Figura 21.: Mapa de distribución de densidad relativa (m²\*mn-²) de alfonsino en el monte JF1, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84).

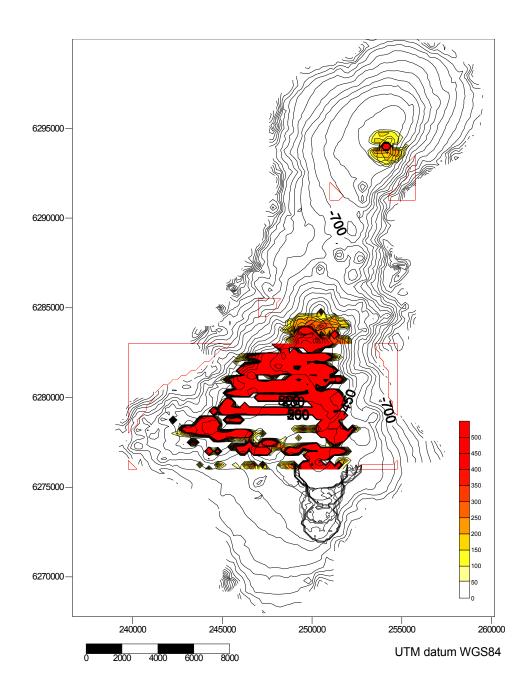


Figura 22.: Mapa de distribución de densidad relativa(m²\*mn-²) de alfonsino en el monte JF2, año 2005 (Coordenadas UTM: datum WGS84).

Tabla 26. Área prospectada y estimados de la proporción del área ocupada por el stock ,  $p(S_A>0)$ , del área efectiva del stock  $(\hat{\alpha})$ , del coeficiente medio de dispersión acústica  $(\hat{S}_A)$ , y de la abundancia relativa  $(\hat{\phi})$  de la fracción poblacional de alfonsino presente en el área y período de estudio. Subtotales y total corresponden a sumas o medias ponderadas, según corresponda. El número de dígitos significantes ha sido definido de manera arbitraria para facilitar consistencia numérica.

Monte	Área Prospec- tada (km²)	p(S <sub>A</sub> >0)	EE p(S <sub>A</sub> >0)	$\hat{m{lpha}}$ (km²)	EE $(\hat{\alpha})$	$\hat{\bar{S}}_A$ $(m^2 \cdot km^{-2})$	$\stackrel{ ext{EE}}{(\hat{ar{S}_{A}})}$	$\hat{\boldsymbol{\phi}} = \hat{\boldsymbol{\alpha}} \cdot \hat{\bar{S}}_A$ (m²)	EE $(\hat{m{\phi}})$
JF1	188,3	0,152	0,0194	28,6	3,65	700	73	20.499	3.350
JF2	147,8	0,146	0,0324	21,5	4,78	900	92	19.189	4.701
JF4	20,1	0,014	0,0188	0,3	0,38	650	590	181	293
Sub-total	356,2	0,142	0,0191	50,4	6,0	800	210	39.869	5.780

Tabla 27. Valores estimados de densidad numérica,  $\hat{d}$ , abundancia,  $\hat{N}$ , y biomasa,  $\hat{B}$ , correspondientes a la fracción poblacional de alfonsino presente en el Archipiélago de Juan Fernández durante el presente estudio. Se incluye un segundo estimado de biomasa (referencial) basado en la relación general TS-longitud propuesta por Foote (1987).

Monte	Densidad (ind *m-2) $\hat{d}$	$\mathrm{EE}(\hat{ar{d}})$	Abundancia $(10^6 \text{ ind})$ $\hat{\bar{N}}$	$\mathrm{EE}(\hat{ar{N}})$	Biomasa $(ton)$ $\hat{\bar{B}}$	EE $(\hat{ar{B}})$	$\mathrm{CV}(\hat{ar{B}})$	Biomasa referencial (Foote, 1987)
JF1	0,42	0,04	12,01	1,60	7.845	1.340	0,17	7.954
JF2	0,53	0,05	11,32	2,25	12.074	2.536	0,21	12.242
JF4	0,37	0,35	0,11	0,14	70	92	1,31	71
Sub-total	0,46	0,13	23,44	2,77	19.989	2.870	0,14	20.267

#### 5.1.3. Modelamiento geoestadístico

El modelamiento geoestadístico proporcionó mejores ajustes que modelos basados en supuestos de muestreo aleatorio para todos los casos, excepto para el coeficiente  $S_A$  de orange roughy en el monte BO2 y para la proporción del área JF4 con presencia efectiva del stock de alfonsino, donde el modelo no convergió. En ambos casos, existió una bajo número de observaciones positivas.

Los resultados del modelamiento en orange roughy permitieron estimar rangos entre 0,22 y 1,0 km para S<sub>A</sub>, y entre 0,17 y 1,8 km para la probabilidad de presencia del stock (Tabla 28). Estos rangos estarían asociados tanto al tamaño de las agregaciones como a su disposición espacial respecto a las transectas hidroacústicas efectuadas. En el caso del alfonsino (Tabla 29), los rangos tendieron a ser mayores, con valores de 0,91 a 2 km para la S<sub>A</sub>, y 0,28 a 1,7 km para p(S<sub>A</sub>>0). Esta tendencia coincide con las diferencias en largo de los ecotrazos observada en terreno.

Tabla 28. Resultados del modelamiento geoestadístico para el coeficiente de dispersión por unidad de área,  $log(\hat{S}_A)$ , y la probabilidad de presencia del stock,  $logit[p(\hat{S}_A>0)]$ , correspondientes a orange roughy.

		$log(\hat{ar{S}_{\scriptscriptstyle A}})$		$logit[p(\hat{S}_{A}>0)]$			
Monto	Pepita	Rango	Meseta	Pepita	Rango	Meseta	
Monte $(m^4 \cdot mn^4)$	(km)	$(m^4 \cdot mn^4)$	$(m^4 \cdot mn^4)$	(km)	$(m^4 \cdot mn^4)$		
JF1	$3,8 \pm 0.25$	$1,0 \pm 0,17$	6,0 ± 0,46	$20,7 \pm 1,14$	$0,38 \pm 0,082$	22 ± 1,2	
JF2	0,67 ± 0,091	0,228 ± 0,0074	$3,1 \pm 0,16$	1,11 ± 0,077	$1,8 \pm 0,57$	$1,8 \pm 0,15$	
JF3	1,6 ± 0,16	$0,34 \pm 0,023$	4,8 ± 0,41	$2,4 \pm 0,24$	$0,14 \pm 0,014$	$5,4 \pm 0,55$	
JF4	$0,5 \pm 0,25$	$0,22 \pm 0,014$	$3,8 \pm 0,38$	12 ± 1,0	$0,12 \pm 0,020$	$16 \pm 1,5$	
BO1	1,3 ± 0,20	0,81 ± 0,090	4,8 ± 0,71	$0,5 \pm 0,11$	1,7 ± 1,80	$0.8 \pm 0.24$	
BO2	1,9 ± 0,16	$10 \pm 8,4$	$3 \pm 1,1$	1,7 ± 0,27	0,190± 0,053	2,6 ± 0,46	

Tabla 29. Resultados del modelamiento geoestadístico para el coeficiente de dispersión por unidad de área,  $log(\hat{S}_A)$ , y la probabilidad de presencia del stock,  $logit[p(\hat{S}_A>0)]$ , correspondientes a alfonsino. n.c. indica no convergencia del modelo

		$log(\hat{ar{S}_{\scriptscriptstyle A}})$		$logit[p(\hat{\bar{S}_{A}}>0)]$			
Monte	Pepita	Rango	Meseta	Pepita	Rango	Meseta	
Monte	$(m^4 \cdot mn^4)$	(km)	$(m^4 \cdot mn^4)$	$(m^4 \cdot mn^4)$	(km)	(m <sup>4</sup> ·mn <sup>4</sup> )	
JF1	4,5 ± 0,23	$0,91 \pm 0,083$	6,1 ± 0,31	3,6 ± 0,42	0,28 ± 0,031	8,0 ± 0,95	
JF2	$8,1 \pm 0,53$	$1,3 \pm 0,21$	11,0 ± 0,71	1,4 ± 0,49	1,7 ± 0,49	1,9 ± 0,28	
JF4	2,6 ± 0,61	2 ± 2,7	$3.0 \pm 0.82$	n.c	n.c	n.c.	

## 5.1.4. Discusión

La biomasa estimadas para la zona de estudio en 2005 fue un 39% menor que la estimada en 2004, con una reducción más pronunciada en Juan Fernández (40%) que en Bajo O'Higgins (23%). Los estimados de biomasa tendieron a ser levemente inferiores al 2004 en los montes JF1, JF3 y BO1, y pronunciadamente inferiores en los montes JF2, JF4 y BO2 (Tabla 30).

Estas diferencias de disponibilidad del recurso (p~0.055), de 10.400 toneladas en la zona de Juan Fernández y 2.056 toneladas en la de Bajo O'Higgins, están muy lejos de ser explicadas por la captura comercial de la especie que no superó las 1.500 toneladas en 2004. Considerando que la pesca comenzó recién en 1999, tampoco es esperable efecto alguno de la reducción del stock desovante sobre el reclutamiento. De este modo surge la necesidad de formular hipótesis explicativas que pudieran incluir aspectos metodológicos, poblacionales y ambientales o una combinación de ellos.

Tabla 30. Biomasa (toneladas) estimada para la fracción desovante de orange roughy presente en el Archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins en 2003<sup>9</sup> (Boyer *et al.* 2003), 2004 (Niklitschek *et al.* 2005) y 2005 (este estudio). Valores estimados utilizando la relación de fuerza de blanco desarrollada en el presente estudio.

	200	200	)4	20	005	
Monte	Biomasa (ton)	CV	Biomasa (ton)	CV	Biomasa (ton	CV
JF1	5.586	0,52	5.928	0,50	5.215	0.26
JF2	11.400	0,45	10.260	0,44	3.743	0.13
JF3	5.016	0,45	3.648	0,51	3.056	0.25
JF4	5.814	0,49	6.042	0,43	3.508	0.26
Sub-total	27.816	0,25	25.878	0,24	15.522	0.12
BO1			3.078	0,67	3.069	0.39
BO2			3.183	0,51	1.136	0.3
Sub-total			6.261	0,42	4.205	0.3
Total			32.139	0,21	19.727	0.11

En el caso de Bajo O'Higgins, la definición aún imprecisa de la ventana de desove llevó a errar la identificación del período óptimo de evaluación. Es así como todos los muestreos biológicos indicaron que las prospecciones de esta zona fueron efectuadas una vez que el período de desove ya había finalizado. Datos obtenidos a bordo del PAM Bonn operando comercialmente sugieren que el desove habría ocurrido a fines de mayo, casi un mes antes de la fecha pre-definida de muestreo.

Una revisión de la discusión técnica internacional indica que fuertes oscilaciones en la abundancia aparente de esta especie, no atribuibles directamente a la pesca, son comunes en otros stocks (Namibia, Nueva Zelanda, Australia). Estas observaciones se suman a la experiencia acumulada en Chile y han llevado al equipo de trabajo a proponer cuatro hipótesis alternativas:

- I. Hipótesis de detectabilidad variable: la detectabilidad del recurso-objetivo al método de evaluación hidroacústica empleado es altamente variable y puede conducir a cambios aparentes de la biomasa estimada entre años. Esta variabilidad en la detectabilidad estaría asociada a cambios en la proporción del stock que se encuentra bajo la zona ciega, cuya altura alcanzó a un promedio de 7 m en el área de estudio.
- II. Hipótesis de intermitencia: Existe una fracción, parcial o completamente, diferente del stock que desova cada año en un determinado lugar. De este modo, las diferencias inter-anuales reflejan cambios en la disponibilidad para la pesquería, pero no necesariamente cambios en el tamaño de la población.

<sup>9</sup> Valores de biomasa y abundancia 2003 re-calculados utilizando procedimientos equivalentes de post-estratificación, selección de prospecciones válidas y corrección de sesgos equivalentes

- III. Hipótesis de la perturbación: La actividad pesquera produce algún tipo de perturbación conductual en la fracción desovante la cual lleva a reducir, transitoriamente, la disponibilidad (o detectabilidad) del recurso en un área determinada.
- IV. Hipótesis de la reducción del hábitat: La actividad pesquera produce una transformación ambiental que reduce de manera prolongada la disponibilidad de hábitat adecuado para el recurso-objetivo en las áreas de pesca.

Respecto de la hipótesis I, existe cierta evidencia empírica de que la detectabilidad del recurso aumentaría durante el desove, lo que se refleja en lances exitosos obtenidos en ausencia de ecotrazos visibles en el ecosonda y que corresponden en su mayoría a peces en maduración o desovados.

Evidencia en favor de la hipótesis II surge de los notorios cambios en la estructura de tallas y edades entre años observada en stocks de Nueva Zelanda (R. Hilborn, comunicación personal). Estos distintos grupos anuales de desove podrían corresponder a contingentes o asociaciones permanentes de individuos (sensu Secor, 1999) o simplemente a la fracción de la población que supera algún umbral energético que desencadena el proceso de maduración gonadal y desove. Es importante señalar que esta hipótesis no está, necesariamente, relacionada con la existencia de patrones de residencia o fidelidad a un determinado sitio de desove.

El análisis comparativo de las estructuras de talla observadas en Chile en 2005 muestra diferencias significativas entre montes y entre meses, dentro de montes. Aunque estas diferencias no son de la magnitud de las observaciones reportadas por R. Hilborn en algunas zonas de Nueva Zelanda, sugieren que distintos grupos de desove podrían estar arribando a los distintos montes y crean la necesidad de evaluar la posibilidad de que estos no sean los mismos cada año.

En cuanto a la hipótesis III, se debe diferenciar entre perturbaciones de corto plazo (intraanual) y largo plazo (inter-anual). En el primer caso, la experiencia de los patrones de pesca indica una reducción en su éxito de pesca como consecuencia de la presencia de otros barcos operando simultáneamente en la misma zona. Nuestros propios datos indican una reducción significativa en la densidad acústica de los ecotrazos de una agregación hasta 12 horas después de un arrastre efectuado sobre la misma. Resultados empíricos de cierres temporales de áreas en Namibia tienden a soportar la hipótesis de la perturbación inter-anual (D. Boyer, comunicación personal), aunque esta conclusión parece algo apresurada dado el pobre diseño experimental aplicado.

En términos de la degradación del hábitat (hipótesis IV), aunque el efecto del arrastre de fondo sobre la estructura física y biológica es evidente, existe una fuerte tendencia a mantener las mismas zonas de arrastre entre años. Esto haría difícil producir respuestas de la magnitud observada en el período de un año. Tampoco es conocido el nivel de dependencia efectiva de los desovantes de orange roughy de la estructura física y biológica del fondo marino.

El presente trabajo representa la primera evaluación directa de abundancia y biomasa de alfonsino en Chile. En consecuencia, no existen valores referenciales con los cuales comparar las actuales estimaciones. De los tres montes evaluados, es clara la mayor abundancia y biomasa del recurso en los montes JF1 y JF2. En el monte JF4, la especie presentó bajas densidades y una distribución espacial muy restringida. Es importante destacar que los

montes JF5 y JF6 no fueron incluidos en el presente estudio, pero concentran una fracción importante de las capturas anuales 1999-2005. De esta manera, los estimados proporcionados en el presente trabajo corresponden a una estimación parcial de la abundancia y biomasa total del stock disponible para la pesquería, durante el período de estudio.

Por otro lado, mientras que la presente evaluación se efectuó durante el período invernal, la mayor actividad pesquera relacionada con alfonsino se desarrolla en el primer y último trimestre de cada año, lo que respondería a aspectos administrativos (anualidad y fraccionamiento de las cuotas), operacionales (mayor disponibilidad de recursos alternativos durante el invierno) y de rendimiento. Es así como el sujeto del presente estudio puede no corresponder directamente a la fracción del stock disponible para la pesquería. Especialmente, si se considera que se desconoce el período y área donde desova esta especie en Chile y la existencia de posibles ciclos migratorios.

# 5.2. Composición de tallas y proporción sexual en orange roughy.

### 5.2.1. Talla media

En orange roughy existió evidencia de efectos significativos de las variables sexo y zona sobre la talla media (Tabla 31). Mientras que las hembras alcanzaron un mayor tamaño medio (45,0 cm) que los machos (41,7 cm), las tallas medias estimadas para los montes JF3, JF4 y BO2 fueron significativamente diferentes y mayores que las estimadas para los montes JF1 y JF2 (Tabla 31).

En el caso particular del monte JF2 se contó con datos suficientes para poder comparar los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Al analizar esta secuencia, se evidenció una reducción significativa y consistente de la talla media en los meses de julio a septiembre, respecto del mes de junio (Tabla 32).

Tabla 31: Talla media de orange roughy estimada (cm ± EE) para cada monte y sexo del área de estudio. Superíndices distintos indican diferencias significativas entre medias agregadas ( todos los sexos dentro de montes y todos los montes dentro de sexo.

Zona	Machos	Hembras	Agregado por Monte
JF1	$40,6 \pm 0,12$	43,8 ± 0,14	41,8 °± 0,18
JF2	41,6 ± 0,16	44,7 ± 0,16	43,1 b± 0,16
JF3	$42,5 \pm 0,16$	46,7 ± 0,11	45,3 °± 0,27
JF4	$42,3 \pm 0,14$	$45,8 \pm 0,16$	44,2 d± 0,16
BO2	$41,3 \pm 0,45$	$45,8 \pm 0,45$	$43^{abcd} \pm 1,5$
Agregado por sexo	41,7 °± 0,12	45,0 f± 0,12	

Tabla 32: Talla media de orange roughy estimada (cm  $\pm$  EE) para el monte JF2 por sexo y mes, entre junio y septiembre 2005. Superíndices distintos indican diferencias significativas entre medias agregadas (todos los sexos dentro de montes y todos los montes dentro de sexo.

Mes	Machos	Hembras	Agregado por Mes
Junio	$42,3 \pm 0,34$	46,0 ± 0,29	$44,1^{a} \pm 0,25$
Julio	41,6 ± 0,29	44,4 ± 0,24	$42,9^{b} \pm 0,21$
Agosto	$41,5 \pm 0,53$	43,9 ± 0,61	$42,7^{b} \pm 0,44$
Septiembre	41,6 ± 0,31	44,2 ± 0,31	$42.8^{b} \pm 0.24$
Agregado por sexo	$41,6^{\circ} \pm 0,16$	$44,7^{d} \pm 0,16$	

### 5.2.2. Distribución de tallas

Se identificó efectos significativos de las variables sexo y zona sobre la estructura de tallas de orange roughy en el área de estudio (Tabla 33, Figura 23). Una comparación pareada de las estructuras de tallas, dentro de sexo, entre zonas mostró que estas fueron significativamente distintas (p<0.005), con la excepción de los montes JF2 y JF4 (P>0.05) para ambos sexos.

Los datos disponibles permitieron también efectuar algunas comparaciones pareadas respecto de la estabilidad temporal de la estructura de tallas, dentro de cada sexo, en los montes JF1 y JF2. En el monte JF1 se observó diferencias significativas en la estructura de tallas de las hembras, que se desplazo hacia tallas menores entre junio y julio (p<0.001). En contraste, no existió evidencia de un cambio equivalente en la proporción de tallas presentadas por los machos en este mismo monte (0.05<p<0.1). En JF2 se observó cambios significativos entre junio y julio (p<0.01), reflejados en una mayor proporción relativa de tallas menores, que se mantuvo, para ambos sexos, hasta agosto de ese mismo año (Figura 24).

#### 5.2.3. Proporción sexual

La proporción de hembras de orange roughy en las capturas efectuadas en la zona de estudio fue cercana al 50% en la mayoría de los meses y montes submarinos (Figura 25). Excepción a lo anterior fueron los meses de julio en JF1 y agosto en JF4, donde se observó una significativa predominancia de machos (Figura 25). Capturas dominadas casi exclusivamente por machos (incluso >90%) son frecuentes en esta pesquería y tienden a ocurrir antes y después del desove.

Tabla 33: Proporción de tallas en el conjunto de capturas de orange roughy muestreadas durante el período de estudio por monte.

		Mac	hos			Hem	bras	
		Mo	nte			Mo	nte	
Talla (cm)	1	2	3	4	1	2	3	4
30	0,00077	0,00041	0,00028	0,00035	0,00014	0,00007	0,00003	0,00006
31	0,00031	0,00016	0,00011	0,00014	0,00006	0,00003	0,00001	0,00002
33	0,00113	0,0006	0,00041	0,00052	0,00021	0,00011	0,00005	0,00009
34	0,00594	0,00314	0,00218	0,00272	0,00111	0,00056	0,00025	0,00045
35	0,01932	0,01033	0,00721	0,00896	0,00367	0,00186	0,00084	0,0015
36	0,03596	0,01974	0,0139	0,0172	0,00716	0,00365	0,00165	0,00293
37	0,0557	0,03199	0,02289	0,02807	0,01201	0,00619	0,00281	0,00498
38	0,08953	0,05535	0,04071	0,04915	0,02206	0,01156	0,0053	0,00934
39	0,14227	0,09956	0,07695	0,09031	0,04434	0,02403	0,01123	0,01954
40	0,14166	0,11656	0,09674	0,10894	0,06123	0,03505	0,01694	0,02885
41	0,12685	0,12321	0,111	0,1191	0,07909	0,04881	0,02477	0,04087
42	0,1193	0,13671	0,13517	0,13717	0,11192	0,07693	0,0421	0,06608
43	0,09512	0,12735	0,13902	0,1328	0,13797	0,11021	0,06785	0,09842
44	0,06047	0,09134	0,10862	0,09839	0,12879	0,12231	0,08805	0,11473
45	0,03906	0,064	0,08108	0,07058	0,11146	0,12538	0,10817	0,12411
46	0,02391	0,04132	0,0547	0,0463	0,08419	0,10993	0,11444	0,11467
47	0,01399	0,02499	0,03403	0,02829	0,05659	0,08286	0,10201	0,09032
48	0,01058	0,0193	0,02679	0,022	0,04708	0,07534	0,10773	0,08521
49	0,00693	0,01285	0,01809	0,01472	0,03313	0,05696	0,09311	0,06646
50	0,00531	0,00995	0,01414	0,01143	0,0267	0,04851	0,08886	0,05806
51	0,00313	0,00592	0,00847	0,00682	0,01634	0,03092	0,06197	0,03773
52	0,00142	0,00269	0,00387	0,00311	0,00755	0,01462	0,03092	0,01805
53	0,00076	0,00144	0,00207	0,00166	0,00406	0,00795	0,01726	0,00986
54	0,0002	0,00037	0,00054	0,00043	0,00106	0,00208	0,00457	0,00259
55	0,00025	0,00047	0,00068	0,00054	0,00134	0,00264	0,00584	0,00329
56	0,00005	0,00009	0,00014	0,00011	0,00027	0,00053	0,00118	0,00066

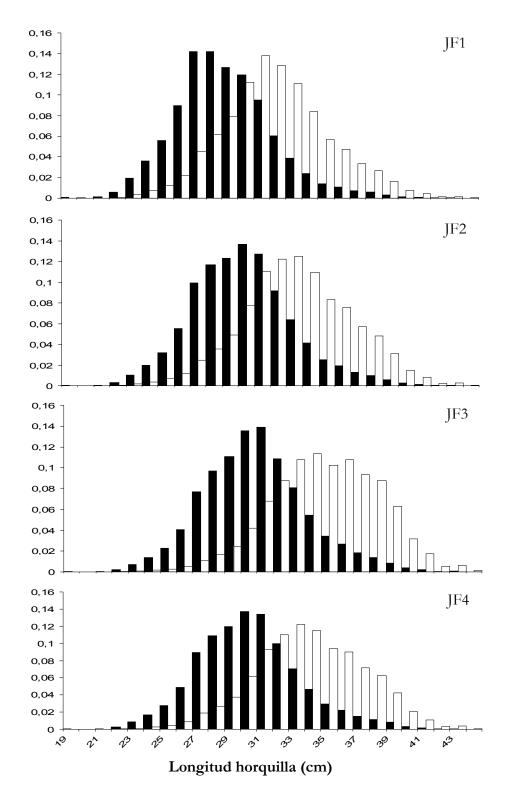


Figura 23. Estructura de tallas de orange roughy por sexo para cada zona de estudio. machos (en negro) y hembras (en blanco).

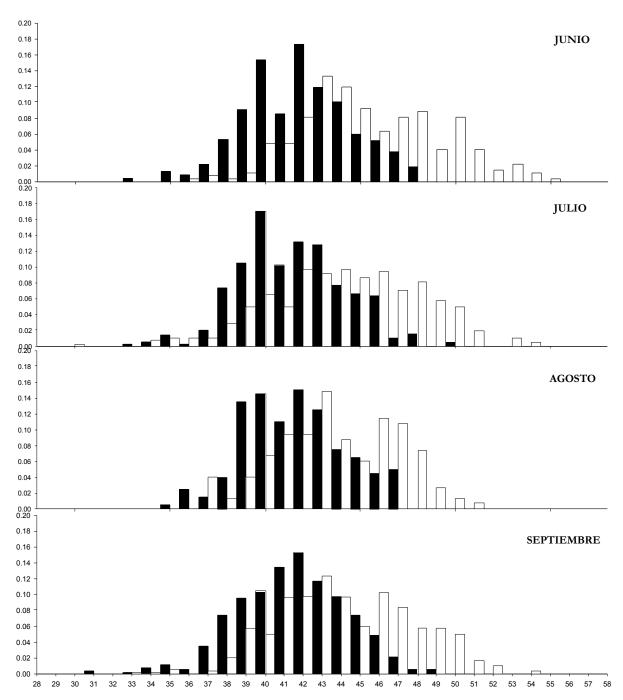


Figura 24. Estructura de talla de orange roughy en JF2, evolución mensual para machos (en negro) y hembras (en blanco).

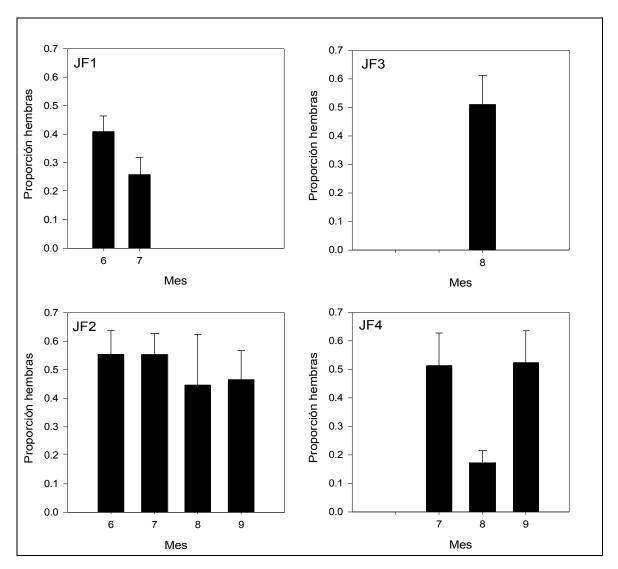


Figura 25. Proporción de hembras de orange roughy en lances de identificación y capturas comerciales según monte y mes.

# 5.3. Composición de tallas y proporción sexual en alfonsino

### 5.3.1. Talla media

Se identificó diferencias significativas en la talla media de alfonsino entre sexos y entre montes. La talla promedio de las hembras (34 cm) superó a la de los machos (32 cm), lo que fue particularmente evidente en el monte JF1, con una diferencia de 2,5 cm. Mientras que los montes JF1 y JF2 alcanzaron las mayores tallas promedio (34 y 35 cm, respectivamente, ambos sexos agregados), el monte JF4 alcanzó un valor promedio de 30,7 cm (Tabla 34).

Tabla 34. Talla media de alfonsino estimada (cm ± EE) para cada monte y sexo del área de estudio. Se incluye estimaciones agregadas para todos los sexos dentro de montes y todos los montes dentro de sexo.

Zona	Macho	Hembra	Indeterminados	Agregado por Monte <sup>10</sup>
JF1	$32,9 \pm 0,86$	35,6 ± 0,85	17 ± 1,1	$34^{a} \pm 1,3$
JF2	$35,0 \pm 0,51$	$36,5 \pm 0,50$		35 °± 1,3
JF4	$30,7 \pm 0,53$	32,4 ± 0,50	28 ± 3,0	31 b± 1,7
Agregado por sexo 53	32 ° ± 1,2	$34^{d} \pm 1,2$		

#### 5.3.2. Estructura de tallas

Consistentemente con las diferencias entre las tallas medias, la estructura de tallas mostró efectos significativos de las variables zona y sexo (p<0,01; Figura 26, Tabla 35). Una comparación pareada entre zonas, dentro de sexo, indicó que la estructura de tallas fue significativamente distinta entre todas las zonas (p<0,01) tanto para machos como para hembras, con la excepción de las zonas 1 y 2 donde la diferencia en la estructura de tallas de las hembras no fue significativa (p>0,1). Individuos cuyo estadío de madurez sexual fue indeterminado fueron observados en mayor proporción en los montes JF1 y JF4 (Figura 26).

# 5.3.3. Proporción sexual

En alfonsino existió una tendencia al predominio de hembras en los tres montes muestreados (Figura 27), la que llegó a ser significativa para el monte JF1. No se observó diferencias significativas entre meses, dentro de zonas.

<sup>10</sup> Excluye especímenes de sexo indeterminado

Tabla 35. Proporción de tallas en el conjunto de capturas de alfonsino muestreadas durante el período de estudio por monte.

	Machos				Hembras	
		Monte			Monte	
Talla (cm)	1	2	4	1	2	4
24	0,0012	0,0008	0,0035	0,0004	0,0005	0,0019
25	0,0066	0,0045	0,0191	0,0021	0,0028	0,0105
26	0,0163	0,0112	0,0454	0,0052	0,0071	0,0257
27	0,0222	0,0154	0,0574	0,0073	0,0099	0,0341
28	0,0413	0,0294	0,0957	0,0143	0,0191	0,0613
29	0,0959	0,0713	0,1781	0,0367	0,0483	0,1315
30	0,12	0,0961	0,1638	0,0545	0,0695	0,1465
31	0,0874	0,0753	0,0919	0,0475	0,0584	0,0959
32	0,0516	0,0467	0,0463	0,0318	0,0381	0,0528
33	0,0888	0,0847	0,069	0,063	0,0731	0,085
34	0,082	0,0836	0,054	0,07	0,0776	0,0726
35	0,0809	0,088	0,0461	0,0837	0,0884	0,0667
36	0,0465	0,0532	0,0238	0,0567	0,0573	0,0363
37	0,0453	0,0539	0,0215	0,0627	0,061	0,034
38	0,0424	0,0524	0,0189	0,0669	0,0627	0,0308
39	0,0554	0,0714	0,0229	0,1022	0,0911	0,0386
40	0,0348	0,0466	0,0135	0,0748	0,0634	0,0234
41	0,0379	0,0525	0,0139	0,0934	0,0754	0,0248
42	0,0139	0,0198	0,005	0,038	0,0296	0,0089
43	0,0228	0,0329	0,0079	0,0671	0,0508	0,0144
44	0,0046	0,0067	0,0015	0,0142	0,0105	0,0028
45	0,002	0,003	0,0007	0,0064	0,0047	0,0013
46	0,0002	0,0003	0,0001	0,0007	0,0005	0,0001

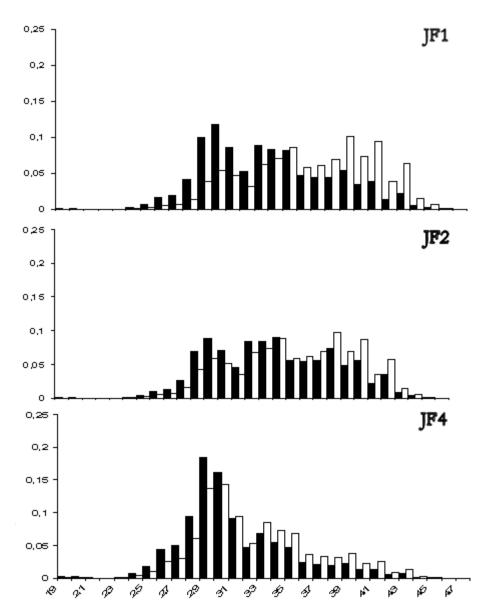


Figura 26. Estructura de tallas de Alfonsino por sexo para zona de estudio, machos (en negro) y hembras (en blanco).

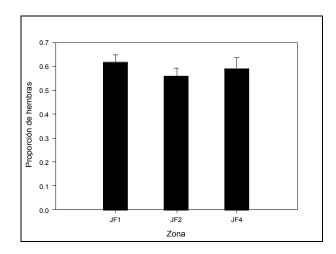


Figura 27. Proporción de hembras en capturas comerciales y lances de identificación de alfonsino en el área de estudio.

# 5.4. Relación longitud-peso, según sexo

Las relaciones longitud-peso fueron estimadas agregando a través de todas las zonas y todos los meses. Se observa que las hembras de orange roughy incrementan su peso más rápido que los machos de esta especie a medida que incrementan su longitud. Para alfonsino se observa que ambos sexos presentan una tasa similar al relacionar el incremento en peso y la longitud de los ejemplares (Figura 28).

# 5.5. Caracterización de la fauna parasitaria de orange roughy y alfonsino.

La presente sección corresponde a un resumen del informe preparado por George-Nascimento, que se encuentra accesible en extenso en el sitio web del proyecto www.trapananda.uach.cl/BIMAC/FIP2005-13.html

#### 5.5.1. Orange roughy

Los 194 ejemplares examinados estaban parasitados. En ellos se encontraron 10 taxa y se recolectaron más de 30.000 individuos, cuyo detalle de prevalencias, abundancias y número total de parásitos recolectados, para cada taxon y zona de pesca, se indican en las Tablas 36 y 37. Los parásitos más abundantes y prevalentes fueron nemátodos, de los que 2 alcanzarían su madurez sexual en depredadores del orange roughy (*Anisakis*, *Terranova*), mientras que *Ascarophis* la alcanza en el mismo roughy, que se infecta mediante el consumo de crustáceos.

La comparación de las prevalencias entre zonas de pesca señala diferencias significativas para el monogeneo Diclidophoridade con valores significativamente mayores en JF2, JF3 y JF4 que en Bajo O'Higgins (Tabla 36). Se encontraron también diferencias en la abundancia de Diclidophoridae, *Anisakis* I, *Anisakis* II, *Terranova* sp. *Ascarophis* sp., y en la abundancia total de parásitos (Tabla 36 y 37, pruebas de Kruskal-Wallis, P< 0,05). Un análisis discriminante simple sugiere que Bajo O'Higgins y JF4 representarían las zonas más distantes (Tabla 38).

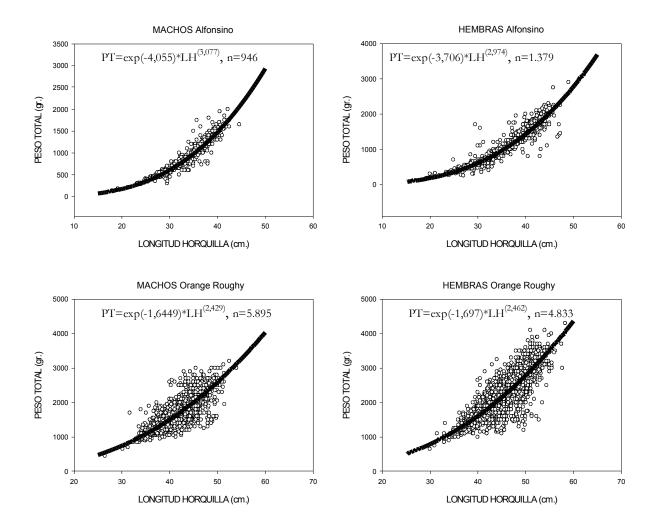


Figura 28. Relación longitud - peso de hembras y machos de orange roughy y alfonsino, agregadas por zona y por mes. La línea corresponde al modelo ajustado, según PT=exp(bo)\*LH<sup>b1</sup>.

La Figura 29 muestra el resultado del análisis de correspondencia con efecto de arco corregido en el que el valor propio del primer gradiente composicional fue de 0,48. En dicho gradiente se puede apreciar, al graficarlo respecto al peso corporal de los peces, que las infracomunidades son muy parecidas ya que la extensión del eje no es mayor que 2,7 desviaciones estándar. Esta ordenación muestra que la composición de las infra-comunidades es menos informativa que el análisis efectuado en cada taxon por separado. (F (4, 189) = 1,88; p=0,11).

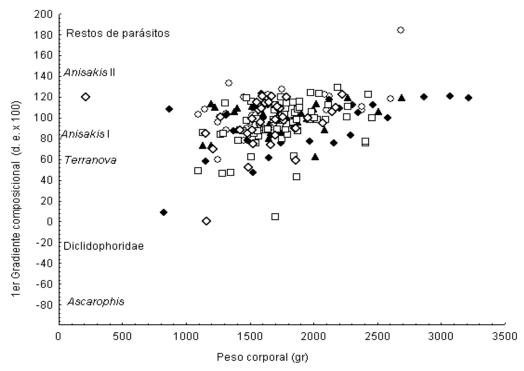


Figura 29. Relación entre el primer gradiente composicional de las infracomunidades de parásitos de *Hoplostethus atlanticus* (círculo blanco: JF1, triángulo negro: JF2, rombo negro: JF3, cuadrado blanco: JF4, rombo blanco: Bajo O'Higgins) expresado en unidades de desviación estándar x 100, y el peso corporal de los huéspedes (gr), según zona de pesca.

Tabla 36. Prevalencia (P%) y abundancia (A) de 10 taxa de parásitos encontrados en 194 ejemplares de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) provenientes de cinco zonas de pesca alrededor del Archipiélago de Juan Fernández.

	JF1		J:	F2	JF3		JF4			B. iggins
	(n=3	34)	(n=	=30)	(n	=31)	(n	=63)	(n=	=36)
PARASITOS	P %	A	Р%	A	P %	A	P %	A	P %	A
ECTOPARÁSITOS										
Diclidophoridae	23,5	0,8	40,0	2,2	58,1	4,2	39,7	2,3	8,0	0,5
ENDOPARÁSITOS ADU	LTOS									
Digenea sp. 1	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hemiuridae	2,9	0,0	13,3	0,2	25,8	0,4	7,9	0,1	8,3	0,1
Ascarophis sp.	82,4	5,2	90,0	8,3	100,0	18,2	100,0	14,3	97,2	19,1
ENDOPARÁSITOS LARV	VALES									
Anisakis I	100,0	19,9	100,0	20,6	100,0	29,7	100,0	22,4	100,0	27,6
Anisakis II	97,1	14,2	96,7	12,2	96,8	27,9	96,8	12,4	100,0	12,3
Terranova sp.	94,1	35,1	93,3	33,0	96,8	29,3	96,8	22,3	97,2	12,1
Tetraphyllidea	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grillotia sp.	5,9	1,3	6,7	0,5	0,0	0,0	4,8	0,2	0,0	0,0
Muertos	100,0	86,4	100,0	72,6	100,0	108,0	100,0	74,2	100,0	65,8
TOTAL	100,0	163,1	100,0	149,7	100,0	217,7	100,0	148,2	100,0	137,6

Tabla 37. Número de parásitos totales (N) encontrados en 194 ejemplares de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) provenientes de cinco zonas de pesca alrededor del Archipiélago de Juan Fernández.

	JF1 (n=34)	JF2 (n=30)	JF3 (n=31)	JF4 (n=63)	B O'Higgins (n=36)
PARASITOS	N	N	N	N	N
ECTOPARÁSITOS					
Diclidophoridae	28	67	129	142	19
ENDOPARÁSITOS ADULTOS					
Digenea sp. 1	0	1	0	0	0
Hemiuridae	1	6	11	7	4
Ascarophis sp.	178	248	564	898	688
ENDOPARÁSITOS LARVALES					
Anisakis I	675	619	920	1412	994
Anisakis II	482	366	866	783	443
Terranova sp.	1.195	991	909	1406	437
Tetraphyllidea	1	0	0	0	0
Grillotia sp.	45	16	0	15	0
Muertos	2.939	2.178	3.349	4.676	2.368
TOTAL	5.544	4.492	6.748	9.339	4.520

Tabla 38. Clasificación de los ejemplares de orange roughy de 5 zonas de pesca según análisis discriminante simple de la composición de los ensambles de 10 taxa parasitarios encontrados en los 194 individuos hospedadores examinados.

17 + marviados nospedadores exammados.							
	% correcto	ВО	JF1	JF2	JF3	JF4	TOTAL
ВО	55,5	20	0	0	0	16	36
JF1	47,1	0	16	0	2	16	34
JF2	6,7	1	7	2	2	18	30
JF3	35,4	1	1	11	11	17	31
JF4	71,4	8	3	5	5	45	63
TOTAL	48,4	30	27	20	20	112	194

#### 5.5.2. Alfonsino

La fauna parasitaria asociada a alfonsino estuvo compuesta por 2 taxa ectoparasitarios, 2 endoparasitarios que maduran en el alfonsino y 5 que lo usan como hospedador intermediario y que maduran en sus depredadores (Tabla 39). El análisis de la varianza del primer gradiente composicional muestra diferencias significativas entre zonas de pesca (Figura 30). El análisis discriminante simple de los 8 taxa parasitarios y las dos zonas de pesca muestra un 76% para JF1 y un 70 % para JF2, de clasificación correcta respecto a sus zonas de pesca de origen. No hubo diferencias significativas en el tamaño corporal (peso) de los ejemplares analizados provenientes de ambas zonas de pesca (F (1 58) = 0,14; p 0,71).

Tabla 39. Prevalencia (P%) y abundancia (A) de 8 taxa de parásitos encontrados en 60 ejemplares de alfonsino *Beryx splendens* provenientes de dos zonas de pesca alrededor del Archipiélago Juan Fernández.

Parásitos	JF (n=		JF (n=	
	P(%)	A	P (%)	A
ECTOPARASITOS				
Megacotyle sp.	6,66	0,20	23,33	0,36
Monogeneo I	13,33	2,36	10,00	1,46
ENDOPARASITOS	ADULTOS			
Bucephalidae	66,66	17,36	33,33	2,80
Digeneo I	0,00	0,00	3,33	0,03
ENDOPARASITOS	LARVALES			
Anisakis I	23,33	0,26	20,00	0,36
Anisakis II	30,00	0,46	43,33	1,06
Hysterothylacium sp.	3,33	0,03	0,00	0,00
Hepatoxylon sp.	40,00	0,96	50,00	0,63
TOTAL	83,33	31,7	73,33	6,7

### 5.5.3. Discusión

La interpretación biológica de las variaciones observadas en la fauna parasitaria de orange roughy, sugiere una mayor abundancia de elasmobranquios en JF1 (probablemente tiburones depredadores de orange roughy), y una disminución en el consumo de crustáceos desde JF1 hacia Bajo O'Higgins, como consecuencia de la baja en *Ascarophis*. La mayor presencia de un Monogenea Diclidophoridae en JF2 a JF4 sugiere un mayor aislamiento o densidad del roughy en esa zona de pesca, en relación a Bajo O'Higgins, ya que es un parásito de transmisión directa. Estas afirmaciones se basan en el hecho que *Ascarophis* sp. es transmitido al orange roughy por el consumo de crustáceos, en tanto que *Anisakis* tipo I

madura en cetáceos misticetos, *Anisakis* II madura en cetáceos odontocetos, y *Terranova* sp. madura en elasmobranquios, probablemente tiburones depredadores de orange roughy.

En el caso de alfonsino, las diferencias entre zonas de pesca han de interpretarse en el marco biológico de este tipo de parásitos (digeneos adultos) cuya longevidad se considera de limitada duración, al menos en comparación a otros parásitos. Por ello, las diferencias encontradas se deben considerar de corta duración e indicarían variaciones en la dieta del alfonsino en ambas zonas de pesca.

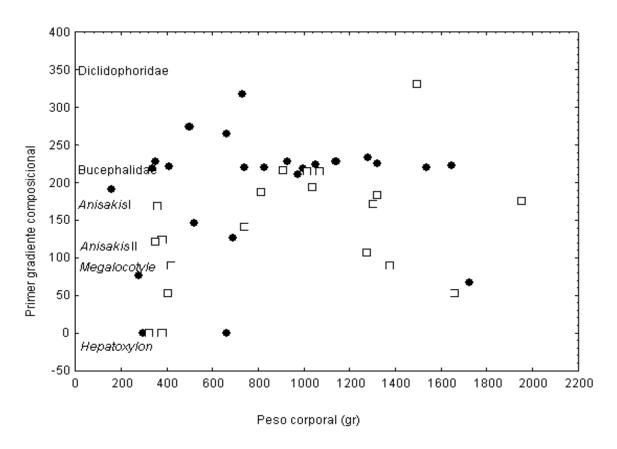


Figura 30. Relación entre el primer gradiente composicional de las infracomunidades de parásitos de *Beryx splendens* (Símbolos negros:JF1, símbolos blancos: JF2) expresado en unidades de desviación estándar x 100, y el peso corporal de los huéspedes (gr), según zona de pesca.

# 5.6. Dieta de orange roughy y alfonsino

La versión en extenso del informe de Aedo et al. Se encuentra disponible en línea en el sitio web del proyecto <u>www.trapananda.uach.cl/BIMAC/FIP2005-13.html</u>

De los 119 estómagos de orange roughy obtenidos en las zonas de pesca de Juan Fernández durante el crucero del año 2005, el 89% presentó contenido, de tal forma que se contó con 106 estómagos para la descripción de la dieta y comparaciones entre categorías (Tabla 40). En el caso de alfonsino 99 de los 100 de los estómagos presentó contenido estomacal. En cuanto a las muestras adicionales de orange roughy colectadas durante el año 2004, sólo el 34% de los estómagos presentó algún tipo de contenido (n = 69).

Tabla 40. Número de estómagos analizados de orange roughy y alfonsino en áreas de pesca del archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, durante los años 2004 y 2005. Entre paréntesis se indica el número de estómagos con contenido.

Año	Especie	Zona de Pesca					
		JF1	JF2	JF3	JF4	BO1	BO2
	Orange roughy	43 (39)	25 (25)	15 (15)	37 (33)	-	2 (2)
2005	Alfonsino	81 (81)	29 (29)	-	-	-	-
2004	Orange roughy	-	30 (14)	79 (20)	61 (30)	6 (1)	27 (4)

## 5.6.1. Orange roughy

Durante los cruceros efectuados en los montes submarinos aledaños al Archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, en los años 2004 y 2005, se logró identificar 27 taxa distintos en los contenidos estomacales de orange roughy (Tabla 41), correspondientes a los grupos Cephalopoda (11), Crustacea (6) y Teleostei (10). En total se registró 21 familias, 24 géneros y 15 especies.

El grupo más diverso de peces teleósteos correspondió al orden Stomiformes, con un total de 3 familias y 6 géneros. En los crustáceos, el grupo taxonómico más representativo fueron los Decapoda con 3 géneros e igual número de especies. En tanto que los cefalópodos fueron representados casi en forma exclusiva por el orden Teuthida, con un total de 10 familias y 10 géneros.

#### 5.6.2. <u>Alfonsino</u>

La dieta de alfonsino capturado en el Archipiélago de Juan Fernández durante el año 2005, estuvo compuesta por 27 presas, de las cuales 9 correspondieron a Cephalopoda, 5 a Crustacea y 13 a Teleostei (Tabla 42). En total se registró 19 familias, 23 géneros y 13 especies.

El grupo más diverso de peces teleósteos correspondió al orden Stomiformes, con un total de 4 familias y 5 géneros. En los crustáceos, el grupo taxonómico más representativo fueron los decápoda con 4 géneros e igual número de especies. En tanto que los cefalópodos fueron representados exclusiva por el orden Teuthida, con un total de 8 familias y 8 géneros.

Tabla 41. Itemes presa identificados en los contenidos estomacales de orange roughy capturado en el Archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins (2004 y 2005).

TELEOSTEI	CEPHALOPODA
AULOPIFORMES	TEUTHIDA
Paralepididae	Brachioteuthidae
Lestidiops sp.	Brachioteuthis picta
OSMERIFORMES	Cranchiidae
Alepocephalidae	Liocranchia reinhardti
Talismania bifurcata	Gonatidae
STOMIIFORMES	Gonatus antarcticus
Gonostomatidae	Histioteuthidae
Gonostoma sp.	Histioteuthis spp.
Phosichthyidae	Lycoteuthidae
Vinciguerria sp.	Lycoteuthis diadema
Stomiidae	Mastigoteuthidae
Astronesthes sp.	Mastigoteuthis agassizii
Chauliodus vasnetzovi	Octopoteuthidae
Idiacanthus atlanticus	Octopoteuthis sp.
Stomias boa	Ommastrephidae
	Eucleoteuthis luminosa
CRUSTACEA	Onychoteuthidae
AMPHIPODA	Moroteuthis sp.
Gammaridea	Pyroteuthidae
DECAPODA	Pyroteuthis margaritifera
Benthesicymidae	VAMPYROMORPHIDA
Benthoegennema burkenroadi	Vampyroteuthidae
Oplophoridae	Vampyroteuthis infernalis
Acanthephyra curtirostris	23 0
Oplophorus novaezeelandiae	
Solenoceridae	
EUPHAUSIACEA	
LOPHOGASTRIDA	
Lophogastridae	

Gnathophausia sp.

Tabla 42. Itemes presa identificados en los contenidos estomacales de alfonsino capturado en el Archipiélago de Juan Fernández, año 2005.

TELEOSTEI	CEPHALOPODA
AULOPIFORMES	SEPIOIDEA
Paralepididae	Sepiolidae
Lestidiops sp.	Sepiola sp.
MYCTOPHIFORMES	TEUTHIDA
Myctophidae	Brachioteuthidae
Diogenichthys laternatus	Brachioteuthis picta
Symbolophorus sp.	Gonatidae
PERCIFORMES	Gonatus antarcticus
Nomeidae	Histioteuthidae
Cubiceps pauciradiatus	Histioteuthis sp.
Percichthyidae	Mastigoteuthidae
Howella sp.	Mastigoteuthis agassizii
STOMIFORMES	Octopoteuthidae
Astronesthidae	Octopoteuthis sp.
Gonostomatidae	Ommastrephidae
Gonostoma sp.	Eucleoteuthis luminosa
Phosichthyidae	Onychoteuthidae
Vinciguerria sp.	Moroteuthis sp.
Stomiidae	Pyroteuthidae
Astronesthes sp.	Pyroteuthis margaritifera
Idiacanthus atlanticus	
Stomias boa	CRUSTACEA
	DECAPODA
Larva leptocephala	Benthesicymidae
	Benthesicymus tanneri
	Benthoegennema burkenroadi
	Oplophoridae
	Acanthephyra curtirostris
	Oplophorus novaezeelandiae
	EUPHAUSIACEA

### 5.6.3. Descripción general de la dieta por zona y sexo: orange roughy.

# a) JF1

En la zona de pesca "Plataforma" o JF1, la dieta de orange roughy se construyó sobre la base del contenido estomacal de 14 machos y 25 hembras (39 muestras en total). La longitud corporal de los machos varió entre 34 y 46 cm LH (promedio LH = 42 cm), mientras que en hembras el tamaño se encontró en el rango de 39–53 cm LH (promedio LH = 47 cm). El rango batimétrico en que los peces fueron colectados comprendió entre los 524 y 976 m de profundidad.

En esta zona la dieta estuvo compuesta por 1 taxón de crustáceos, 5 taxa de cefalópodos y 5 taxa de peces teleósteos, en este último caso sin considerar a los teleósteos no

identificados. Los peces constituyeron el ítem presa más importante en frecuencia de ocurrencia (87,2%), número (69,1%) y peso (79,4%) (Tabla 43), seguido en importancia por cefalópodos y crustáceos. El IIR y el IIN también reflejaron la alta dominancia de teleósteos con valores iguales a 91,8% y 70,7%, respectivamente. Los cefalópodos presentaron un bajo IIR (7,7%) y un alto IIN (22,4%); mientras que el aporte de crustáceos fue sólo marginal (IIR = 0,5%, IIN = 6,8%).

Los peces más importantes en la dieta fueron *Chauliodus vasnetzovi* (F=30,8%, N=21,8%, P=27,6%) y *Gonostoma* sp. (F=15,4%, N=12,7%, P=14,5%); mientras que los cefalópodos mejor representados fueron *Eucleoteuthis luminosa* (F=12,8%, N=9,1%, P=15,2%) y *Mastigoteuthis agassizii* (F=12,8%, N=9,1%, P=3,5%).

La similitud trófica entre machos y hembras, calculada con el Índice de Bray-Curtis mediante IIR e IIN fue igual a 54% y 67%, respectivamente, siendo *Chauliodus vasnetzovi*, *Eucleoteuthis luminosa* y *Gonostoma* sp., las presas que aportaron más a la similitud. Con el Índice de Pianka la similitud de la dieta fue igual a un 91%.

Tabla 43. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF1, año 2005.

Taxa	F%	%N	%P	IIR%	IIN%
Eucleoteuthis luminosa	12,8	9,1	15,2	6,4	9,4
Gonatus antarcticus					
Histioteuthis sp.	2,6	1,8	0,0	0,1	1,9
Liocranchia renhardtii	2,6	1,8	0,2	0,1	1,9
Lycoteuthis diadema					
Mastigoteuthis agassizii	12,8	9,1	3,5	3,3	9,4
Octopoteuthis sp.					
Pyroteuthis margaritifera					
Vampyroteuthis infernalis	2,6	1,8	0,0	0,1	1,9
Acanthephyra curtirostris					
Oplophorus novaezeelandiae	7,7	7,3	1,6	1,4	6,5
Euphausiacea					
Astronesthes sp.	2,6	1,8	0,5	0,1	1,9
Chauliodus vasnetzovi	30,8	21,8	27,6	31,2	22,5
Gonostoma sp.	15,4	12,7	14,5	8,6	12,1
Idiacanthus atlanticus					
Stomias boa					
Stomiformes	2,6	1,8	3,4	0,3	1,9
Talismania bifurcata	2,6	1,8	1,6	0,2	1,9
Teleostei n.i.	38,5	29,1	31,8	48,1	29,0
Cefalópodos	25,6	23,6	18,9	7,7	22,4
Crustáceos	7,7	7,3	1,6	0,5	6,8

### Año 2004

Para este año y monte se contó con datos del contenido estomacal de 7 machos y 7 hembras (14 muestras en total). La longitud corporal de los machos varió entre 31 y 45 cm LH (promedio LH = 39 cm), mientras que en hembras el tamaño se encontró en el rango de 43-53 cm LH (promedio LH = 48 cm). La profundidad a la cual los peces fueron colectados correspondió al veril de los 608 m.

En esta zona la dieta estuvo compuesta por 1 taxón de crustáceos, 3 taxa de cefalópodos y 3 taxa de peces teleósteos, sin considerar a las presas no identificadas. Los peces constituyeron el ítem presa más importante en frecuencia de ocurrencia (57,1%), número (50,0%) y peso (95,4%) (Tabla 44), seguido en importancia por cefalópodos (F=28,6%, N=31,3%, P=0,2%) y crustáceos (F=21,4%, N=18,8%, P=4,4%). El IIR y el IIN también reflejaron la alta dominancia de teleósteos con valores iguales a 85,6% y 51,7%, respectivamente. Los cefalópodos y crustáceos presentaron bajos valores en relación al IIR, 9,3% Y 5,1%, respectivamente; mientras que con respecto al IIN, la importancia de ambos grupos taxonómicos estuvo mejor representada (28,9% para cefalópodos y 19,4% para crustáceos).

Los peces más importantes en la dieta fueron *Astronesthes* sp. (F=21,4%, N=18,8%, P=58,9%) y *Gonostoma* sp. (F=21,4%, N=18,8%, P=34,6%). El cefalópodo mejor representado fue *Mastigoteuthis agassizii* (F=21,4%, N=18,8%, P=0,1%); mientras que el único crustáceo en los contenidos estomacales fue *Oplophorus novaezelandiae* (F=21,4%, N=18,8%, P=4,4%).

La similitud trófica entre machos y hembras, calculada con el Índice de Bray-Curtis mediante IIR e IIN fue igual a 43% y 53%, respectivamente, siendo *Astronesthes* sp. y *Gonostoma sp.*, las presas que aportaron más a la similitud. Con el Índice de Pianka la similitud de la dieta fue igual a un 70%. En este caso, aportaron adicionalmente a la similitud *Mastigoteuthis aggasizzi* y *Oplophorus novaezeelandiae*.

#### Año 2005

En este año, la dieta de orange roughy en JF2 se construyó sobre la base del contenido estomacal de 9 machos y 16 hembras (25 muestras en total). La longitud corporal de los machos varió entre 34 y 45 cm LH (promedio LH = 41 cm), mientras que en hembras el tamaño se encontró en el rango de 42–51 cm LH (promedio LH = 48 cm). El rango batimétrico en que los peces fueron colectados comprendió entre los 774 y 949 m de profundidad.

En esta zona la dieta estuvo compuesta por 2 taxa de crustáceos, 5 taxa de cefalópodos y 4 taxa de peces teleósteos, en este último caso sin considerar a los teleósteos no identificados. Los peces constituyeron el ítem presa más importante en frecuencia de ocurrencia (56,0%), número (50,0%) y peso (49,6%) (Tabla 45), seguido en importancia por cefalópodos (F=36,0%, N=31,3%, P=44,7%) y crustáceos (F=20,0%, N=18,8%, P=5,7%). El IIR y el IIN también reflejaron la alta dominancia de teleósteos con valores iguales a 63,4% y 50,0%, respectivamente. Los cefalópodos estuvieron bien representados en la dieta con valores de IIR e IIN, iguales a 31,1% y 31,7%,

respectivamente. Los crustáceos, en tanto, presentaron una baja importancia en los contenidos estomacales (IIR = 5,6%, IIN = 18,3%).

Los peces más importantes en la dieta fueron *Gonostoma* sp. (F=12,0%, N=9,4%, P=8,5%) y *Chauliodus vasnetzovi* (F=8,0%, N=6,3%, P=7,4%); mientras que los cefalópodos mejor representados fueron *Eucleoteuthis luminosa* (F=12,0%, N=9,4%, P=17,7%) y *Mastigoteuthis agassizii* (F=12,0%, N=9,4%, P=7,1%), destacando, además, en términos de peso *Pyroteuthis margaritifera* (P=18,6%). Las dos especies de crustáceos presentes en la dieta fueron igualmente relevantes, *Oplophorus novaezelandiae* fue levemente más importante en frecuencia de ocurrencia (F=12,0%) y *Acanthephyra curtirostris* fue levemente superior en peso (P=3,5%).

La similitud trófica entre machos y hembras, calculada con el Índice de Bray-Curtis mediante IIR e IIN fue igual a 35% y 55%, respectivamente, siendo *Eucleoteuthis luminosa* y *Oplophorus novaezeelandiae*, las presas que aportaron más a la similitud. Con el Índice de Pianka la similitud de la dieta fue igual a un 64%.

Tabla 44. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF2, año 2004.

			•		
Taxa	F%	%N	%P	IIR%	IIN%
Brachioteuthis picta					
Eucleoteuthis luminosa	7,1	6,3	0,0	1,2	6,3
Gonatus antarcticus					
Histioteuthis sp.	7,1	6,3	0,0	1,1	6,3
Mastigoteuthis aggasizzi	21,4	18,8	0,1	10,4	18,8
Moroteuthis sp.					
Vampyroteuthis infernalis					
Cephalopoda ni					
Benthoegennema burkenroadi					
Euphausiacea					
Gammaridea					
Gnathophausia sp.					
Oplophorus novaezeelandiae	21,4	18,8	4,4	12,7	18,8
Alepocephalidae					
Astronesthes sp.	21,4	18,8	58,9	42,7	18,8
Chauliodus vasnetzovi	7,1	6,3	0,4	1,2	6,3
Gonostoma sp.	21,4	18,8	34,6	29,3	18,8
Lestidiops sp.					
Vinciguerria sp.					
Teleostei	7,1	6,3	1,5	1,4	6,3
Cefalópodos	28,6	31,3	0,2	9,3	28,9
Crustáceos	21,4	18,8	4,4	5,1	19,4
Teleosteos	57,1	50,0	95,4	85,6	51,7

Tabla 45. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF2, año 2005.

Taxa	F%	%N	%P	IIR%	IIN%
Eucleoteuthis luminosa	12,0	9,4	17,7	10,1	9,5
Gonatus antarcticus					
Histioteuthis sp.					
Liocranchia renhardtii					
Lycoteuthis diadema	4,0	3,1	0,0	0,4	3,2
Mastigoteuthis agassizii	12,0	9,4	7,1	6,2	9,5
Octopoteuthis sp.	4,0	3,1	1,2	0,5	3,2
Pyroteuthis margaritifera	8,0	6,3	18,6	6,2	6,4
Vampyroteuthis infernalis					
Acanthephyra curtirostris	8,0	9,4	3,5	3,2	7,8
Oplophorus novaezeelandiae	12,0	9,4	2,2	4,3	9,5
Euphausiacea					
Astronesthes sp.					
Chauliodus vasnetzovi	8,0	6,3	7,4	3,4	6,4
Gonostoma sp.	12,0	9,4	8,5	6,7	9,5
Idiacanthus atlanticus					
Stomias boa	4,0	3,1	1,0	0,5	3,2
Stomiformes					
Talismania bifurcata	4,0	3,1	10,2	1,7	3,2
Teleostei n.i.	36,0	28,1	22,4	56,7	28,6
Cefalópodos	36,0	31,3	44,7	31,1	31,7
Crustáceos	20,0	18,8	5,7	5,6	18,3
Teleosteos	56,0	50,0	49,6	63,4	50,0

# c) JF3

#### • 2004

La dieta de orange roughy en JF3 durante el año 2004 se construyó sobre la base del contenido estomacal de 1 macho y 19 hembras (20 muestras en total). La longitud corporal del ejemplar macho fue 34 cm LH, mientras que en hembras el tamaño se encontró en el rango de 32–54 cm LH (promedio LH = 47 cm). El rango batimétrico en que los peces fueron colectados comprendió entre los 660 y 770 m de profundidad.

En esta zona la dieta estuvo compuesta por 4 taxa de crustáceos, 3 taxa de cefalópodos y 4 taxa de peces teleósteos, en este último caso sin considerar a los teleósteos no identificados (Tabla 46). Los peces constituyeron el ítem presa más importante en frecuencia de ocurrencia (47,4%), número (50,0%) y peso (82,7%) (Tabla ), seguido por crustáceos (F=31,6%, N=29,2%, P=12,8%) y cefalópodos (F=26,3%, N=20,8% P=4,6%). El IIR y el IIN también reflejaron la mayor dominancia de teleósteos con valores iguales a 75,9% y 47,5%, respectivamente. Los crustáceos también fueron importantes en la dieta, con valores de IIR = 16,0% e IIN = 29,6%; los cefalópodos en cambio, presentaron un bajo IIR (8,1%), y un importante valor del IIN (22,9%).

Tabla 46. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF3, año 2004.

Taxa	F%	%N	%P	IIR%	IIN%
Brachioteuthis picta	5,3	4,2	4,1	1,3	4,4
Eucleoteuthis luminosa					
Gonatus antarcticus	15,8	12,5	0,4	6,3	13,1
Histioteuthis sp.					
Mastigoteuthis aggasizzi	5,3	4,2	0,0	0,7	4,4
Moroteuthis sp.					
Vampyroteuthis infernalis					
Cephalopoda ni					
Benthoegennema burkenroadi	5,3	4,2	0,8	0,8	4,4
Euphausiacea	5,3	4,2	0,0	0,7	4,4
Gammaridea					
Gnathophausia sp.	5,3	4,2	0,1	0,7	4,4
Oplophorus novaezeelandiae	21,1	16,7	11,8	18,5	17,5
Alepocephalidae	5,3	4,2	0,7	0,8	4,4
Astronesthes sp.					
Chauliodus vasnetzovi	5,3	4,2	10,6	2,4	4,4
Gonostoma sp.	21,1	16,7	68,6	55,7	17,5
Lestidiops sp.					
Vinciguerria sp.	5,3	4,2	0,7	0,8	4,4
Teleostei	15,8	20,8	2,1	11,2	16,9
Cefalópodos	26,3	20,8	4,6	8,1	22,9
Crustáceos	31,6	29,2	12,8	16,0	29,6
Teleosteos	47,4	50,0	82,7	75,9	47,5

## • 2005

En este año y zona, la dieta de orange roughy se construyó sobre la base del contenido estomacal de 4 machos y 11 hembras (15 muestras en total). La longitud corporal de los machos varió entre 44 y 47 cm LH (promedio LH = 46 cm), mientras que en hembras en el rango de 39–55 cm LH (promedio LH = 49 cm). El rango batimétrico en que los peces fueron colectados comprendió entre los 712 y 850 m de profundidad.

En esta zona la dieta estuvo compuesta por 2 taxa de crustáceos, 2 taxa de cefalópodos y 3 taxa de peces teleósteos, en este último caso sin considerar a los teleósteos no identificados. Los peces constituyeron el ítem presa más importante en frecuencia de ocurrencia (86,7%), número (72,2%) y peso (97,7%) (Tabla 47), seguido en importancia por cefalópodos (F=20,0%, N=16,7%, P=0,8%) y crustáceos (F=13,3%, N=11,1% P=1,5%). El IIR y el IIN también reflejaron la alta dominancia de teleósteos con valores iguales a 96,6% y 72,2%, respectivamente. Los cefalópodos y crustáceos presentaron baja importancia en la dieta; los primeros alcanzaron valores de IIR = 2,3% e IIN = 16,7%, mientras que los segundos registraron valores aún menores (IIR = 1,1%, IIN = 11,1%).

En el caso de peces teleósteos, una parte importante correspondió a restos no identificados, de tal forma que no se observó presas relevantes, a excepción del género *Astronesthes*, el cual registró un peso que representó un 12,9% de los contenidos estomacales (Tabla 47).

La similitud trófica entre machos y hembras, calculada con el Índice de Bray-Curtis mediante IIR e IIN fue igual a 4% y 15%. Con el Índice de Pianka la similitud de la dieta también fue baja (29%).

Tabla 47. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF3, año 2005.

Taxa	F%	%N	%P	IIR%	IIN%
Eucleoteuthis luminosa					
Gonatus antarcticus					
Histioteuthis sp.					
Liocranchia renhardtii					
Lycoteuthis diadema	6,7	5,6	0,0	0,4	5,6
Mastigoteuthis agassizii	13,3	11,1	0,8	1,7	11,1
Octopoteuthis sp.					
Pyroteuthis margaritifera					
Vampyroteuthis infernalis					
Acanthephyra curtirostris	6,7	5,6	1,4	0,5	5,6
Oplophorus novaezeelandiae					
Euphausiacea	6,7	5,6	0,1	0,4	5,6
Astronesthes sp.	6,7	5,6	12,9	1,3	5,6
Chauliodus vasnetzovi	6,7	5,6	5,6	0,8	5,6
Gonostoma sp.					
Idiacanthus atlanticus					
Stomias boa	6,7	5,6	3,5	0,7	5,6
Stomiformes					
Talismania bifurcata					
Teleostei n.i.	66,7	55,6	75,7	94,2	55,6
Cefalópodos	20,0	16,7	0,8	2,3	16,7
Crustáceos	13,3	11,1	1,5	1,1	11,1
Teleosteos	86,7	72,2	97,7	96,6	72,2

# d) JF4

#### • 2004

En 2004, la dieta de orange roughy en JF4 se construyó sobre la base del contenido estomacal de 9 machos y 21 hembras (30 muestras en total). La longitud corporal de los machos varió entre 34 y 49 cm LH (promedio = 42 cm LH), mientras que en hembras el

tamaño se encontró en el rango de 34–58 cm LH (promedio = 48 cm LH). El rango batimétrico en que los peces fueron colectados comprendió entre los 653 y 1020 m de profundidad.

En esta zona la dieta estuvo compuesta por 4 taxa de crustáceos, 4 taxa de cefalópodos y 3 taxa de peces teleósteos, sin considerar a las presas no identificadas. Los peces constituyeron el ítem presa más importante en frecuencia de ocurrencia (66,7%) y peso (67,9%) (Tabla 48), mientras que los crustáceos fueron más importantes en número (43,3%). En términos del IIR, la importancia de los grupos taxonómicos fue teleósteos (79,4%), cefalópodos (11,3%) y crustáceos (9,3%); en cambio en términos del IIN el orden fue teleósteos (52,9%), crustáceos (27,0%) y cefalópodos (20,1%).

Las presas más importantes en la dieta fueron *Gonostoma* sp. (F=10,0%, N=11,7%, P=40,9%) y *Oplophorus novaezeelandiae* (F=16,7%, N=8,3%, P=6,8%). La similitud trófica entre machos y hembras, calculada con el Índice de Bray-Curtis mediante IIR e IIN fue igual a 3% y 10%. De acuerdo con el Índice de Pianka la similitud de la dieta también fue baja (14%).

Tabla 48. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF4, año 2004.

m	T = 0 / 1	0/37	0.45	TTD 0 /	TT3 T0 '
Taxa	F%	%N	%P	IIR%	IIN%
Brachioteuthis picta					
Eucleoteuthis luminosa					
Gonatus antarcticus	3,3	1,7	0,2	0,2	2,3
Histioteuthis sp.					
Mastigoteuthis aggasizzi	10,0	5,0	1,0	1,7	6,9
Moroteuthis sp.	3,3	1,7	0,0	0,2	2,3
Vampyroteuthis infernalis	10,0	5,0	0,6	1,6	6,9
Cephalopoda ni	3,3	1,7	22,2	2,3	2,3
Benthoegennema burkenroadi	3,3	3,3	0,5	0,4	3,3
Euphausiacea	3,3	30,0	0,5	2,9	9,8
Gammaridea	3,3	1,7	0,2	0,2	2,3
Gnathophausia sp.					
Oplophorus novaezeelandiae	16,7	8,3	6,8	7,2	11,6
Alepocephalidae					
Astronesthes sp.					
Chauliodus vasnetzovi	3,3	1,7	8,5	1,0	2,3
Gonostoma sp.	10,0	11,7	40,9	15,0	10,6
Lestidiops sp.	3,3	1,7	0,8	0,2	2,3
Vinciguerria sp.					
Teleostei	53,3	26,7	17,7	67,3	37,0
Cefalópodos	26,7	15,0	24,0	11,3	20,1
Crustáceos	16,7	43,3	8,1	9,3	27,0
Teleosteos	66,7	41,7	67,9	79,4	52,9

#### • 2005

En 2005, la dieta de orange roughy en JF4 se construyó sobre la base del contenido estomacal de 17 machos y 16 hembras (33 muestras en total). La longitud corporal de los machos varió entre 30 y 47 cm LH (promedio LH = 40 cm), mientras que en hembras el tamaño se encontró en el rango de 40–58 cm LH (promedio LH = 47 cm). El rango batimétrico en que los peces fueron colectados comprendió entre los 441 y 808 m de profundidad.

En esta zona la dieta estuvo compuesta por 1 taxón de crustáceos, 4 taxa de cefalópodos y 5 taxa de peces teleósteos, en este último caso sin considerar a los teleósteos no identificados. Los peces constituyeron el ítem presa más importante en frecuencia de ocurrencia (90,9%), número (77,3%) y peso (97,4%) (Tabla 49), seguido en importancia por cefalópodos (F=27,3%, N=20,5%, P=2,5%) y crustáceos (F=3,0%, N=2,3% P=0,1%). El IIR y el IIN también reflejaron la alta dominancia de teleósteos con valores iguales a 96,2% y 76,2%, respectivamente. Los cefalópodos y crustáceos presentaron baja importancia en la dieta; los primeros alcanzaron valores de IIR = 3,8% e IIN = 21,5%, mientras que los segundos registraron valores aún menores (IIR = 0%, IIN = 2,4%).

Los peces más importantes en la dieta fueron *Gonostoma sp.* (F=39,4%, N=31,8%, P=45,4%) y *Chauliodus vasnetzovi* (F=18,2%, N=13,6%, P=14,2%); mientras que el cefalópodo mejor representado fue *Histioteuthis sp.* (F=15,2%, N=11,4%, P=1,7%).

La similitud trófica entre machos y hembras, calculada con el Índice de Bray-Curtis mediante IIR e IIN fue igual a 48% y 46%, respectivamente, siendo *Gonostoma sp.* la principal presa que dio cuenta de tal similitud; lo cual también se vio reflejado con el Índice de Pianka (83%).

### e) BO1

En el área del Bajo O'Higgins 1 (BO1), sólo fue posible colectar 1 estómago con contenido, durante el año 2005, correspondiente a un macho de 48 cm LH capturado a 525 m de profundidad. En su estómago se encontró 1 ejemplar de *Gonatus antarcticus* (P=34,6%) y 1 ejemplar de *Symbolophorus* sp. (P=65,4%).

## f) BO2

Los únicos cuatro estómagos con contenido colectados en el área del Bajo O'Higgins 2" (BO2) en 2004, correspondieron a un macho (43 cm LH) y tres hembras entre 47 y 52 cm LH, capturados en el veril de los 800 m de profundidad. Los taxa encontrados en estos estómagos fueron los crustáceos Gammaridea y Solenocaridae, y 2 teleósteos no identificados. El aporte en número de todas las presas fue igual a 33,3%, registrándose las mayores diferencias en cuanto al aporte en peso: teleósteos (51,5%), Gammaridae (37,9%) y Solenocaridae (10,6%).

Los únicos dos estómagos con contenido colectados en el área del Bajo O'Higgins 2 (BO2) en 2005 correspondieron a dos hembras de 47 y 50 cm, capturadas a una profundidad de 843 m. Los taxa encontrados en los estómagos fueron Stomiformes y *Gonostoma sp.*, ambos con una frecuencia de ocurrencia y porcentaje en número igual al 50%. El aporte en peso de Stomiformes fue 34,8% y de *Gonostoma sp.* Fue 65,2%.

Tabla 49. Composición alimentaria de orange roughy capturado en JF4, año 2005.

Taxa	F%	%N	%P	IIR%	IIN%
Eucleoteuthis luminosa	3,0	2,3	0,0	0,1	2,3
Gonatus antarcticus	3,0	2,3	0,0	0,1	2,3
Histioteuthis sp.	15,2	11,4	1,7	4,0	11,5
Liocranchia renhardtii					
Lycoteuthis diadema					
Mastigoteuthis agassizii	6,1	4,5	0,8	0,7	4,6
Octopoteuthis sp.					
Pyroteuthis margaritifera					
Vampyroteuthis infernalis					
Acanthephyra curtirostris					
Oplophorus novaezeelandiae	3,0	2,3	0,1	0,1	2,3
Euphausiacea					
Astronesthes sp.	6,1	4,5	10,1	1,8	4,6
Chauliodus vasnetzovi	18,2	13,6	14,2	10,3	13,8
Gonostoma sp.	39,4	31,8	45,4	62,2	31,0
Idiacanthus atlanticus	3,0	2,3	3,1	0,3	2,3
Stomias boa					
Stomiformes					
Talismania bifurcata	6,1	4,5	12,7	2,1	4,6
Teleostei ni	27,3	20,5	11,9	18,0	20,7
Cefalópodos	27,3	20,5	2,5	3,8	21,5
Crustáceos	3,0	2,3	0,1	0,0	2,4
Teleosteos	90,9	77,3	97,4	96,2	76,2

## 5.6.4. Descripción general de la dieta por zona y sexo: alfonsino

# a) JF1

En la zona de pesca "Plataforma" o JF1, la dieta de se construyó sobre la base del contenido estomacal de 17 machos, 40 hembras y 24 individuos de sexo indeterminado (80 estómagos con contenido). La longitud corporal de los machos varió entre 24 y 41 cm LH (promedio LH = 31 cm), mientras que en hembras el tamaño se encontró en el rango de 22–45 cm LH (promedio LH = 37 cm). A su vez, el tamaño de los ejemplares de sexo indeterminado varió entre 18 y 27 cm LH (promedio LH = 21 cm). El rango batimétrico en que los peces fueron colectados comprendió entre los 362 y 402 m de profundidad.

En esta zona la dieta estuvo compuesta por 5 taxa de crustáceos, 7 taxa de cefalópodos y 9 taxa de peces teleósteos. En ninguno de estos grupos se consideró las presas no identificadas. Por otro lado, se encontró en uno de los estómagos 1 ejemplar de larva leptocefala (Tabla 50).

Los crustáceos constituyeron el ítem presa más importante en frecuencia de ocurrencia (88,8%), número (72,8%) y peso (54,6%) (Tabla 50), seguido en importancia por peces teleósteos (F=80,0%, N=24,7%, P=38,9%), y de manera marginal por cefalópodos (F=30,0%, N=2,4%, P=6,4%). El IIR y el IIN también reflejaron la alta dominancia de crustáceos con valores iguales a 67,9% y 60,2%, respectivamente; seguidos en segundo lugar por peces teleósteos (IIR = 30,6%, IIN = 33,3%.

Los crustáceos más importantes en la dieta fueron Euphausiacea (F=71,3%, N=52,7%, P=11,7%), Oplophorus novaezelandiae (F=45,0%, N=11,0%, P=27,2%), y Benthoegennema burkenroadi (F=31,3%, N=7,6%, P=14,2%); mientras que el pez teleósteo mejor representado fue Diogenichthys laternatus (F=48,8%, N=19,9%, P=9,1%).

La similitud trófica entre individuos de sexo indeterminado y machos fue igual a 80% y 76%, calculada con el Índice de Bray-Curtis (BC), mediante IIR e IIN, siendo Euphausiacea y *Diogenichthys laternatus*. La comparación de la dieta entre estos 2 grupos y las hembras fue en ambos casos menor al 50%, de acuerdo con el IIR; mientras que al comparar el espectro trófico mediante el IIN, la similitud de los individuos sexo indeterminados y machos, respecto de hembras registró valores de 55% y 69%, respectivamente. En este caso, las presas Euphausiacea y *D. laternatus* también dieron cuenta de la mayor parte de la similitud. Respecto al Índice de Pianka, la similitud de la dieta entre estos 3 grupos fue en todos los casos mayor al 70%.

# b) JF2

En la zona de pesca "Jamón" o JF2, la dieta de se construyó sobre la base del contenido estomacal de 11 machos y 18 hembras (29 estómagos con contenido). La longitud corporal de los machos varió entre 30 y 45 cm LH (promedio LH= 38 cm), mientras que en hembras el tamaño se encontró en el rango de 34–46 cm LH (promedio LH = 42 cm). El rango batimétrico en que los peces fueron colectados comprendió entre los 351 y 501 m de profundidad.

En esta zona la dieta estuvo compuesta por 3 taxa de crustáceos, 5 taxa de cefalópodos y 10 taxa de peces teleósteos, en todos los casos sin considerar a las presas no identificadas (Tabla 51). Los peces constituyeron el ítem presa más importante en frecuencia de ocurrencia (96,6%), número (49,6%) y peso (81,2%), seguido en importancia por cefalópodos (F=69,0%, N=40,4%, P=9,8%) y crustáceos (F=34,5%, N=9,9%, P=8,9%). El IIR y el IIN también reflejaron la alta dominancia de teleósteos con valores iguales a 75,4% y 49,3%, respectivamente. Los crustáceos estuvieron bien representados en la dieta con valores de IIR e IIN, iguales a 20,7% y 37,6%, respectivamente. Los cefalópodos, en tanto, presentaron una baja importancia en los contenidos estomacales (IIR = 3,9%, IIN = 13,2%).

Los peces más importantes en la dieta fueron *Symbolophorus* sp. (F=31,0%, N=13,5%, P=23,0%) y *Lestidiops* sp. (F=24,1%, N=13,5%, P=12,7%); mientras que los crustáceos mejor representados fueron *Oplophorus novaezelandiae* (F=34,5%, N=21,3%, P=6,7%) y *Benthoegennema burkenroadi* (F=34,5%, N=17,7%, P=3,2%).

La similitud trófica entre machos y hembras, calculada con el Índice de Bray-Curtis fue igual al 42%, usando IIR, e igual a 54%, usando IIN. A su vez la similitud en el espectro trófico entre ambos sexos, determinada con el Índice de Pianka fue igual a un 77%. En estas tres medidas, los ítems que aportaron a la similitud fueron *Oplophorus novaezeelandiae*, *Symbolophorus* sp. y *Benthoegennema burkenroadi*.

Tabla 50. Composición alimentaria de alfonsino capturado en JF1, año 2005.

Taxa	F%	%N	%P	IIR%	IIN%
Brachioteuthis picta	5,0	0,3	0,6	0,0	0,7
Eucleoteuthis luminosa	1,3	0,1	0,1	0,0	0,2
Gonatus antacticus	2,5	0,2	0,8	0,0	0,4
Histioteuthis sp.	8,8	0,6	3,5	0,4	1,5
Mastigoteuthis aggasizzi	2,5	0,2	0,0	0,0	0,4
Moroteuthis sp.	1,3	0,1	0,0	0,0	0,2
Octopoteuthis sp.					
Pyroteuthis margaritifera	10,0	0,9	1,0	0,2	1,9
Sepiola sp.	1,3	0,1	0,3	0,0	0,2
Cephalopoda ni	2,5	0,1	0,3	0,0	0,3
Acanthephyra curtirostris	6,3	1,0	1,2	0,2	1,6
Benthesicymus tanneri	2,5	0,5	0,2	0,0	0,7
Benthoegennema burkenroadi	31,3	7,6	14,2	7,7	9,7
Oplophorus novaezeelandiae	45,0	11,0	27,2	19,4	13,9
Euphausiacea	71,3	52,7	11,7	51,8	38,5
Crustacea ni					
Astronesthes sp.					
Astronesthidae	1,3	0,2	0,1	0,0	0,3
Cubiceps pauciradiatus					
Diogenichthys laternatus	48,8	19,9	9,1	15,9	19,5
Gonostoma sp.					
Howella sp.					
Idiacanthus atlanticus	1,3	0,1	0,0	0,0	0,2
Lestidiops sp.	5,0	0,4	0,4	0,0	0,8
Myctophidae	8,8	0,5	7,3	0,8	1,3
Stomias boa	1,3	0,1	1,2	0,0	0,2
Symbolophorus sp.	11,3	0,8	11,5	1,6	1,8
Vinciguerria sp.	8,8	1,0	4,3	0,5	1,9
Teleostei	18,8	1,9	4,8	1,4	3,7
Larva Leptocephala	1,3	0,1	0,1	0,0	0,2
Cefalópodos	30,0	2,4	6,4	1,6	6,3
Crustáceos	88,8	72,8	54,6	67,9	60,2
Teleosteos	80,0	24,7	38,9	30,6	33,3
Pisces	1,3	0,1	0,1	0,0	0,2

Tabla 51. Composición alimentaria de alfonsino capturado en JF2, año 2005

Taxa	F%	%N	%P	IIR%	IIN%
Brachioteuthis picta					
Eucleoteuthis luminosa	3,4	0,7	8,0	0,7	1,0
Gonatus antacticus	3,4	0,7	0,0	0,1	1,0
Histioteuthis sp.	13,8	4,3	0,3	1,4	5,0
Mastigoteuthis aggasizzi	3,4	0,7	0,1	0,1	1,0
Moroteuthis sp.					
Octopoteuthis sp.	10,3	2,8	0,3	0,7	3,5
Pyroteuthis margaritifera					
Sepiola sp.					
Cephalopoda ni	3,4	0,7	0,2	0,1	1,0
Acanthephyra curtirostris					
Benthesicymus tanneri					
Benthoegennema burkenroadi	34,5	17,7	3,2	16,1	16,1
Oplophorus novaezeelandiae	34,5	21,3	6,7	21,5	17,6
Euphausiacea	3,4	0,7	0,0	0,1	1,0
Crustacea ni	3,4	0,7	0,0	0,1	1,0
Astronesthes sp.	3,4	0,7	6,9	0,6	1,0
Astronesthidae					
Cubiceps pauciradiatus	3,4	0,7	0,7	0,1	1,0
Diogenichthys laternatus					
Gonostoma sp.	10,3	2,1	4,5	1,5	3,1
Howella sp.	3,4	0,7	2,7	0,3	1,0
Idiacanthus atlanticus					
Lestidiops sp.	24,1	13,5	12,7	14,1	11,7
Myctophidae	13,8	6,4	10,3	5,1	6,1
Stomias boa	3,4	1,4	8,3	0,7	1,4
Stomiformes	3,4	0,7	5,2	0,5	1,0
Symbolophorus sp.	31,0	13,5	23,0	25,2	13,3
Vinciguerria sp.	3,4	0,7	0,2	0,1	1,0
Teleostei	31,0	9,2	6,8	11,1	11,0
Cefalópodos	34,5	9,9	8,9	3,9	13,2
Crustáceos	69,0	40,4	9,8	20,7	37,6
Teleosteos	96,6	49,6	81,2	75,4	49,3

## 5.6.5. Análisis de la dieta respecto de la talla y área geográfica: orange roughy

# a) 2004

Para efectuar la comparación de la dieta entre grupos de tamaño fue necesario combinar las muestras colectadas para machos y hembras. Esto debido a que el bajo número de estómagos obtenidos en cada área de pesca no era suficiente para soportar un análisis de la composición del alimento por talla y sexo de forma independiente. De esta forma se seleccionó dos grupos de tamaño: a) individuos menores a 45 cm LH (<45), y b) individuos iguales o mayores o a 45 cm LH (≥45). Las comparaciones entre grupos de tamaño se efectuaron considerando, además, todas las áreas geográficas.

Para el análisis de la dieta entre tallas y área de pesca, con las muestras de estómagos de orange roughy colectados el año 2004 se contó con 5 grupos distintos: JF2 <45 (n=8), JF2 ≥45 (n=6), JF3 ≥45 (n=16), JF4 <45 (n=12), y JF4 ≥45 (n=18).

Las Tablas 52 a 54 entregan las matrices de similitud construidas con los índices de Bray-Curtis y Pianka sobre la base de el Índice de Importancia Relativa (BC-IIR, Tabla 52, Índice de Importancia Numérica (BC-IIN, Tabla 53), y Frecuencia de Ocurrencia (P-F, Tabla 54). Estas matrices fueron utilizadas en la construcción de dendrogramas de disimilitud, los que para facilitación de su comparación se estandarizaron a un 100%.

El dendrograma construido con BC-IIR (Figura31-A), así como el construido con BC-IIN (Figura 31-B), asoció los grupos JF2 <45 y JF2 ≥45 (principalmente por los taxa *Astronesthes* sp. y *Gonostoma* sp.), y los grupos JF3 ≥45 y JF4 ≥45 (principalmente por los taxa *Gonostoma* sp. y *Oplophorus novaezeelandiae*), con valores de disimilitud en torno al 40%. En ambos dendrogramas estos conglomerados se asocian entre sí aproximadamente a un 60% de disimilitud. El grupo menos semejante fue el JF4 <45, donde una gran parte del contenido estomacal correspondió a teleósteos no identificados.

Con respecto al análisis de similitud efectuado con el Índice de Pianka (Figura 31-C), el arreglo de los conglomerados fue distintos al obtenido con los otros índices. El conglomerado JF3 ≥45 y JF4 ≥45 se mantuvo como el más semejante, en gran medida por la frecuencia de ocurrencia de O. novaezeelandiae y Gonostoma sp. Este conglomerado a su vez se asoció seguidamente con JF2 ≥45 y JF2 <45. En este caso, también el grupo menos semejante fue JF4 <45.

## b) 2005

Las Tablas 55 a 57 entregan las matrices de similitud construidas con los índices de Bray-Curtis y Pianka sobre la base de el Índice de Importancia Relativa (BC-IIR, Tabla 55), Índice de Importancia Numérica (BC-IIN, Tabla 56), y Frecuencia de Ocurrencia (P-F, Tabla 57). Estas matrices fueron utilizadas en la construcción de dendrogramas de disimilitud, los que para facilitación de su comparación se estandarizaron a un 100%.

El dendrograma construido con BC-IIR asoció directamente los grupos de tamaño <45 (n=17) y ≥45 (n=16), pertenecientes a la zona de pesca JF4, cuya relación principal fue dada por el ítem *Gonostoma* sp. Con una disimilitud levemente mayor se asociaron los grupos de tamaño <45 (n=15) y ≥45 (n=24), pertenecientes a la zona de pesca JF1, lo que fue dado en mayor medida por *Chauliodus vasnetzovi*. Este conglomerado se relacionó con los individuos <45 cm LH de JF2 (n=11), con un 40% de disimilitud. En este caso, también la especie *C. vasnetzovi* dio cuenta principalmente de esta asociación. El grupo

JF3 ≥45 (n=12) fue el menos semejante del total analizado, el cual presentó los mayores índices de frecuencia de ocurrencia, número y peso, con presas no identificadas de teleósteos.

El dendrograma construido con BC-IIN asoció los mismos grupos principales obtenidos con BC-IIR, aunque con un mayor nivel de disimilitud (Figura 32-B). La asociación entre el cluster JF1 y JF2 <45 estuvo dada principalmente por *C. vasnetzovi*, aunque también aportaron a esta asociación *Mastigoteuthis agassizii* y *Gonostoma* sp. Los individuos del conglomerado JF4 presentaron una baja similitud, la cual al igual que con BC-IIR estuvo dada por el ítem *Gonostoma* sp.

Con respecto al análisis de similitud efectuado con el Índice de Pianka (Figura 32-C), el arreglo de los conglomerados fue similar al obtenido con BC-IIN, en cuanto a las asociaciones cualitativas. Sin embargo, en cuanto al grado de similitud (en porcentaje) la conexión entre los principales conglomerados fue más semejante al análisis efectuado con BC-IIR. La asociación entre el conglomerado JF1 y JF2 <45 estuvo dada en orden de importancia por *C. vasnetzovi*, *M. agassizii* y *Gonostoma sp.* A su vez, el conglomerado JF4 <45 y JF4≥45 se asoció casi exclusivamente por *Gonostoma sp.* 

Tabla 52. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2004, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Relativa (IIR).

	JF2 <45	JF2 ≥ 45	JF3 ≥ 45	JF4 <45	JF4 ≥ 45
JF2 <45	1,00	0,61	0,40	0,06	0,44
JF2 ≥ 45	0,61	1,00	0,44	0,18	0,44
JF3 ≥ 45	0,40	0,44	1,00	0,06	0,64
JF4 <45	0,06	0,18	0,06	1,00	0,01
JF4 ≥ 45	0,44	0,44	0,64	0,01	1,00

Tabla 53. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2004, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Numérica (IIN).

	JF2 <45	JF2 ≥ 45	JF3 ≥ 45	JF4 <45	JF4 ≥ 45
JF2 <45	1,00	0,63	0,41	0,17	0,39
JF2 ≥ 45	0,63	1,00	0,55	0,25	0,47
JF3 ≥ 45	0,41	0,55	1,00	0,17	0,57
JF4 <45	0,17	0,25	0,17	1,00	0,06
JF4 ≥ 45	0,39	0,47	0,57	0,06	

Tabla 54. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2004, utilizando el Índice de Similitud de Pianka (P), sobre la base de la Frecuencia de Ocurrencia (F).

	JF2 <45	JF2 ≥ 45	JF3 ≥ 45	JF4 <45	JF4 ≥ 45
JF2 <45	1,00	0,73	0,58	0,39	0,48
JF2 ≥ 45	0,73	1,00	0,79	0,40	0,71
JF3 ≥ 45	0,58	0,79	1,00	0,18	0,79
JF4 <45	0,39	0,40	0,18	1,00	0,11
JF4 ≥ 45	0,48	0,71	0,79	0,11	1,00

Tabla 55. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2005, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Relativa (IIR)

	JF1 <45	JF1 ≥ 45	JF2 <45	JF2 ≥ 45	JF3 ≥ 45	JF4 <45	JF4 ≥ 45
JF1 <45	1,00	0,74	0,59	0,21	0,06	0,26	0,28
JF1 ≥ 45	0,74	1,00	0,54	0,41	0,05	0,34	0,36
JF2 <45	0,59	0,54	1,00	0,31	0,08	0,26	0,30
JF2 ≥ 45	0,21	0,41	0,31	1,00	0,08	0,11	0,16
JF3 ≥ 45	0,06	0,05	0,08	0,08	1,00	0,02	0,04
JF4 <45	0,26	0,34	0,26	0,11	0,02	1,00	0,72
JF4 ≥ 45	0,28	0,36	0,30	0,16	0,04	0,72	1,00

Tabla 56. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2005, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Numérica (IIN).

	JF1 <45	JF1 ≥ 45	JF2 <45	JF2 ≥ 45	JF3 ≥ 45	JF4 <45	JF4 ≥ 45
JF1 <45	1,00	0,71	0,71	0,36	0,25	0,50	0,56
JF1 ≥ 45	0,71	1,00	0,64	0,50	0,23	0,47	0,56
JF2 <45	0,71	0,64	1,00	0,51	0,37	0,42	0,52
JF2 ≥ 45	0,36	0,50	0,51	1,00	0,41	0,19	0,29
JF3 ≥ 45	0,25	0,23	0,37	0,41	1,00	0,11	0,23
JF4 <45	0,50	0,47	0,42	0,19	0,11	1,00	0,57
JF4 ≥ 45	0,56	0,56	0,52	0,29	0,23	0,57	1,00

Tabla 57. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, orange roughy 2005, utilizando el Índice de Similitud de Pianka (P), sobre la base de la Frecuencia de Ocurrencia (F).

	JF1 <45	JF1 ≥ 45	JF2 <45	JF2 ≥ 45	JF3 ≥ 45	JF4 <45	JF4 ≥ 45
JF1 <45	1,00	0,90	0,87	0,37	0,48	0,63	0,64
JF1 ≥ 45	0,90	1,00	0,82	0,52	0,39	0,73	0,72
JF2 <45	0,87	0,82	1,00	0,54	0,57	0,52	0,63
JF2 ≥ 45	0,37	0,52	0,54	1,00	0,36	0,41	0,47
JF3 ≥ 45	0,48	0,39	0,57	0,36	1,00	0,17	0,25
JF4 <45	0,63	0,73	0,52	0,41	0,17	1,00	0,87
JF4 ≥ 45	0,64	0,72	0,63	0,47	0,25	0,87	1,00

## 5.6.6. Análisis de la dieta respecto de la talla y área geográfica: alfonsino

El bajo número de estómagos con contenido colectados durante el crucero del año 2005, y el estrecho rango de talla registrados, no permitió seleccionar grupos de tamaños que fueran consistentes en todas las áreas de pesca. Por esta razón, se efectuó la comparación de la dieta conjuntamente entre áreas de pesca y sexo. Los grupos fueron los siguientes: JF1 indeterminados (i, n=24), JF1 machos (m, n=17), JF1 hembras (h, n=40), JF2 machos (m, n=11), y JF2 hembras (h, n=18).

Las Tablas 58 a 60 entregan las matrices de similitud construidas con los índices de Bray-Curtis y Pianka sobre la base de el Índice de de Importancia Relativa (BC-IIR, Tabla 58), Índice de Importancia Numérica (BC-IIN, Tabla 59), y Frecuencia de Ocurrencia (P-F, Tabla 60). Estas matrices fueron utilizadas en la construcción de dendrogramas de disimilitud, los que para facilitación de su comparación se estandarizaron a un 100%.

El dendrograma construido con BC-IIR (Figura 33-A), así como el construido con BC-IIN (Figura 33-B), asoció los grupos JF1 i y JF1 m (principalmente por el taxón Euphausiacea), los cuales en conjunto presentaron una similitud de aproxima de 30% a 50% con el grupo JF1 h. El cluster JF2 m y JF2 h, presentó una similitud menor al 50%, donde los taxa que mayormente aportaron a esta asociación fueron *O. novaezeelandiae*, *Benthoegennema burkenroadi* y *Symbolophorus* sp..

Con respecto al análisis de similitud efectuado con el Índice de Pianka (Figura 33-C), el arreglo de los conglomerados varió en la asociación de los grupos al interior del área de pesca JF1. En este caso, se observó una mayor asociación entre machos y hembras, cuya similitud fue superior al 70% (en mayor parte debido al aporte de los taxa Euphausiacea y O. novaezeelandiae.

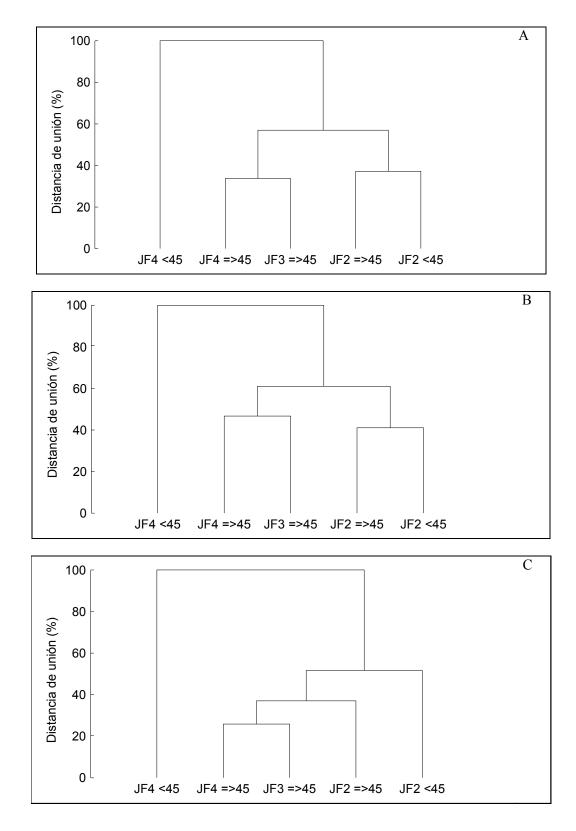


Figura 31. Análisis de conglomerados, orange roughy 2004. A =BC sobre IIR, B =BC sobre IIR, C=P sobre F%.

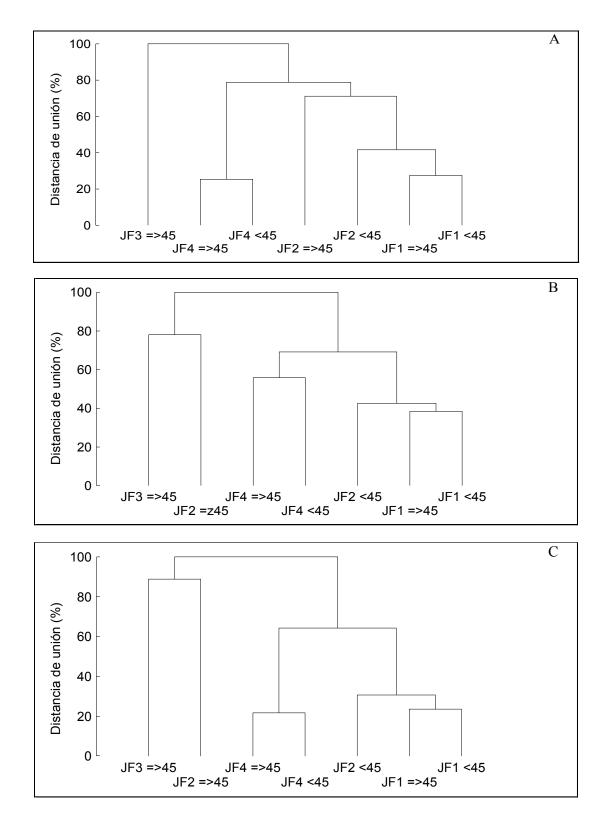


Figura 32. Análisis de conglomerados, orange roughy 2005. A : BC sobre IIR, B : BC sobre IIR, C : P sobre F%.

Tabla 58. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, Alfonsino 2005, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Relativa (IIR).

	JF1 i	JF1 m	JF1 h	JF2 m	JF2 h
JF1 i	1,00	0,80	0,40	0,01	0,01
JF1 m	0,80	1,00	0,49	0,18	0,20
JF1 h	0,40	0,49	1,00	0,35	0,40
JF2 m	0,01	0,18	0,35	1,00	0,42
JF2 h	0,01	0,20	0,40	0,42	1,00

Tabla 59. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, Alfonsino 2005, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC), sobre la base del Índice de Importancia Numérica (IIN).

	JF1 i	JF1 m	JF1 h	JF2 m	JF2 h
JF1 i	1,00	0,76	0,55	0,10	0,09
JF1 m	0,76	1,00	0,69	0,28	0,26
JF1 h	0,55	0,69	1,00	0,45	0,42
JF2 m	0,10	0,28	0,45	1,00	0,54
JF2 h	0,09	0,26	0,42	0,54	1,00

Tabla 60. Matriz de similitud entre tamaños y zonas, Alfonsino 2005, utilizando el Índice de Similitud de Pianka (P), sobre la base de la Frecuencia de Ocurrencia (F).

	JF1 i	JF1 m	JF1 h	JF2 m	JF2 h
JF1 i	1,00	0,87	0,72	0,21	0,10
JF1 m	0,87	1,00	0,91	0,52	0,43
JF1 h	0,72	0,91	1,00	0,68	0,61
JF2 m	0,21	0,52	0,68	1,00	0,78
JF2 h	0,10	0,43	0,61	0,78	1,00

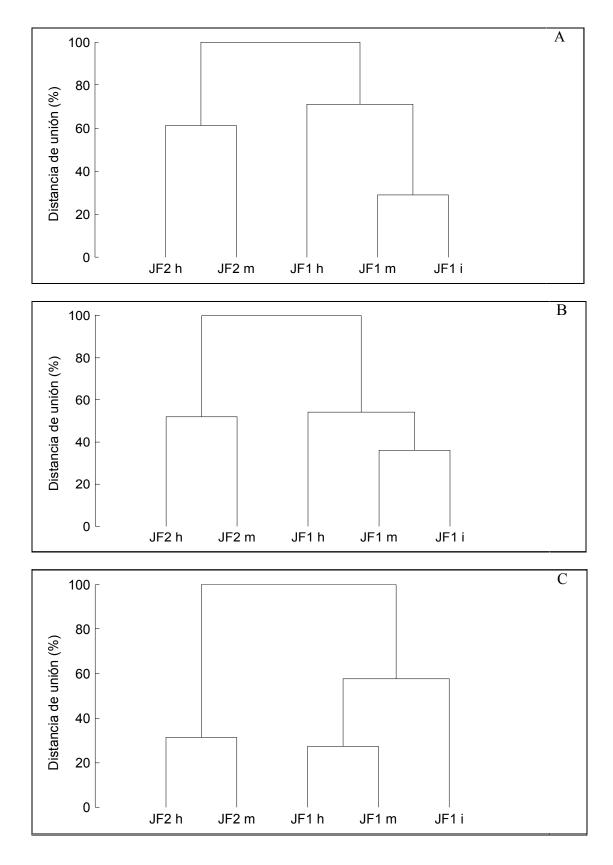


Figura 33. Análisis de conglomerados alfonsino, 2005. A = BC sobre IIR, B = BC sobre IIR, C = P sobre F%.

## 5.6.7. Análisis del tamaño mínimo de muestra: orange roughy

## *a*) 2004

Para determinar el número mínimo de estómagos de orange roughy necesarios para efectuar comparaciones de la dieta en el año 2004, se utilizó el mismo procedimiento indicado en la sección anterior. En este caso, los grupos seleccionados para calcular la diversidad acumulada fueron los siguientes: a) JF2 machos (JF2 m, n=7); b) JF2 hembras (JF2 h, n=7); c) JF3 hembras (JF3 h, n=19); d) JF4 machos (JF4 m, n=9); e) JF4 hembras (JF4 m, n=22).

Si bien la diversidad acumulada se incrementó con el aumento del número de estómagos analizados (Figura 34), en ninguno de los grupos analizados se alcanzó un máximo de diversidad, a excepción del grupo JF4 m donde se alcanzó un valor máximo de H'=2,32 a los 5 estómagos analizados, luego de lo cual, sin embargo, la diversidad disminuyó.

## b) 2005

Para determinar el número mínimo de estómagos de orange roughy necesarios para efectuar comparaciones de la dieta en el año 2005, se construyó curvas de diversidad acumulada (H') sobre la base del número de ejemplares por ítem presa versus el número de estómagos. Los grupos seleccionados para calcular la diversidad acumulada correspondieron a los siguientes: a) JF1 machos (JF1 m, n=14); b) JF1 hembras (JF1 h, n=25); c) JF2 machos (JF2 m, n=9); d) JF2 hembras (JF2 h, n=16); e) JF3 hembras (JF3 h, n=11); f) JF4 machos (JF4 m, n=17); g) JF4 hembras (JF4 m, n=16).

En general, la diversidad aumentó rápidamente al pasar de 1 a 4 estómagos, alcanzando valores en torno a H'=2 (Figura 35). Posteriormente, la tasa de incremento de la diversidad disminuye gradualmente hasta alcanzar un valor máximo acumulado a los 12 estómagos aproximadamente, luego de lo cual, la diversidad acumulada se mantiene con poca variación. El máximo valor de diversidad se registró en el grupo JF2 h, con H'=3,25 a los 12 estómagos con contenido.

### 5.6.8. Análisis del tamaño mínimo de muestra: alfonsino

Para determinar el número mínimo de estómagos de necesarios para efectuar comparaciones de la dieta, se utilizó el mismo procedimiento indicado en los análisis de orange roughy. En este caso, los grupos seleccionados para calcular la diversidad acumulada fueron los siguientes: a) JF1 indeterminados (JF1 m, n=24); b) JF1 machos (JF1 m, n=17); c) JF1 hembras (JF1 h, n=39); d) JF2 machos (JF2 m, n=11); e) JF2 hembras (JF2 m, n=18).

En general, la diversidad aumentó rápidamente en los primeros estómagos analizados (Figura 36), aunque en el grupo JF1 m H' disminuyó en un inicio, para luego aumentar a medida que se acumulaban más estómagos. En aquellos grupos se logró colectar un alto número de estómagos con contenido (JF1 i, JF1 h, JF2 h), la diversidad se mantuvo aproximadamente invariante entre los 8 y 20 estómagos analizados. Una excepción a este patrón de estabilización de la diversidad lo constituye el grupo JF1 m, en el cual luego de incrementar H' desde los 2 a 13 estómagos, esta variable disminuye.

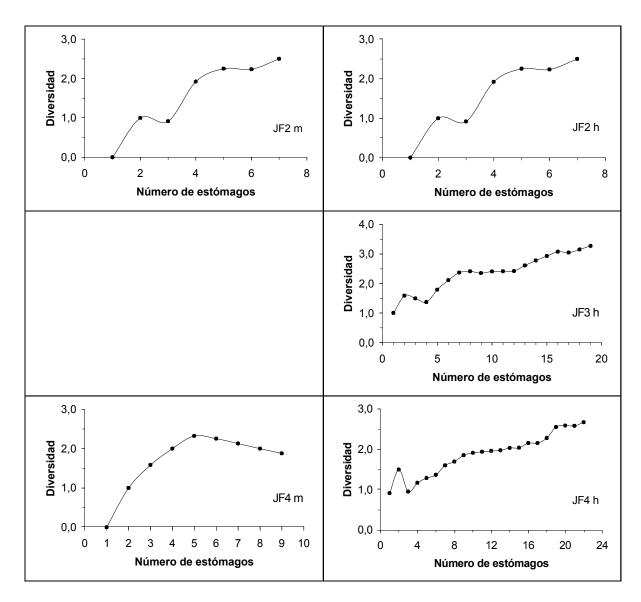


Figura 34. Curva acumulada de la diversidad de presas en los contenidos estomacales de orange roughy, en términos del número de especies, periodo 2004.

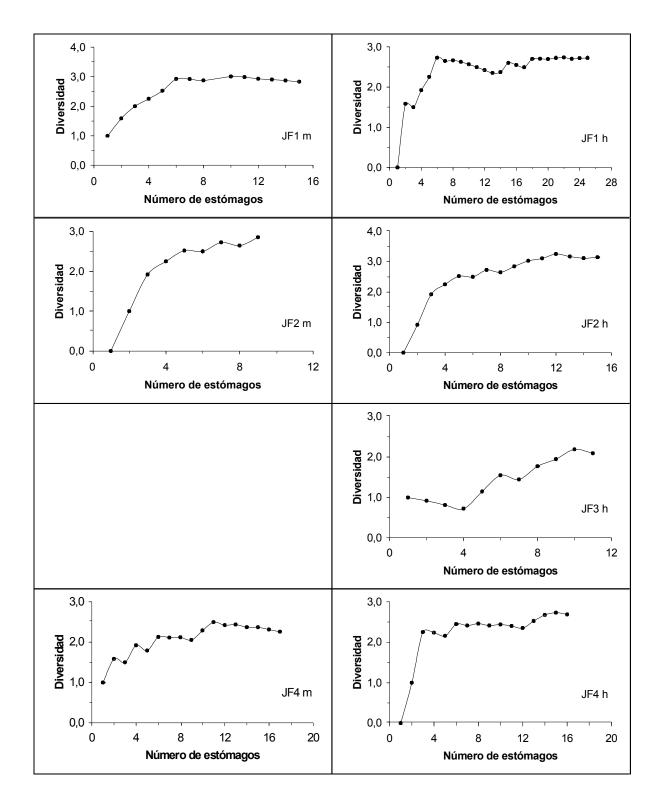


Figura 35 Curva acumulada de la diversidad de presas en los contenidos estomacales de orange roughy, en términos del número de especies, periodo 2005.

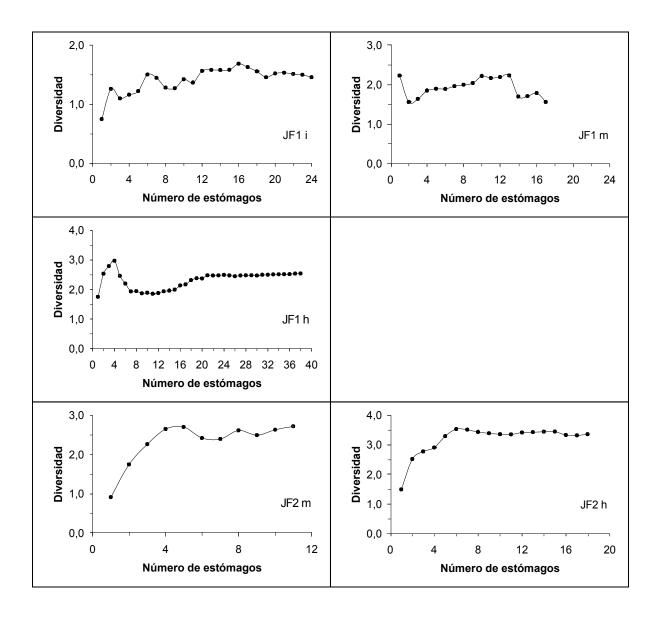


Figura 36 Curva acumulada de la diversidad de presas en los contenidos estomacales de alfonsino, en términos del número de especies, periodo 2005.

#### 5.6.9. Discusión

Los principales ítems presa en la dieta de orange roughy capturados en las áreas de pesca del archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins correspondieron a los grupos taxonómicos Teleostei y Cephalopoda, los que presentaron los mayores valores de los descriptores %N, %F y %P, y de los índices compuestos %IIR e %IIN. El grupo presa Crustacea aún cuando se encontró en los contenidos estomacales tuvo un menor aporte en la dieta. El espectro trófico de orange roughy estuvo formado por 11 taxa de cefalópodos, 10 taxa de peces teleósteos y 6 taxa de crustáceos.

Estos resultados muestran un espectro trófico distinto al reportado por Labbé & Arana (2001), quienes indican que tanto los crustáceos como peces teleósteos fueron los taxa principales en términos de frecuencia de ocurrencia, número y peso. De acuerdo con estos

mismos autores, los cefalópodos tendrían baja importancia en los contenidos estomacales de orange roughy, tanto en diversidad de especies como en los descriptores de la dieta.

Al igual que en el estudio de Labbé & Arana (2001), el decápodo *Oplophorus novaezeelandiae* fue la principal especie de crustáceo presente en la dieta de orange roughy distribuido en el archipiélago de Juan Fernández. Su presencia fue registrada en las muestras obtenidas en las áreas de pesca JF1, JF2 y JF4, en el crucero del año 2005, y en JF2, JF3 y JF4, en el crucero del año 2004. Se debe destacar que en 2004, el aporte de *O. novaezeelandiae* a la dieta de orange roughy fue mayor que el registrado en 2005, lo que llevó a aumentar la importancia de los crustáceos en su dieta.

Esta diferencia en la importancia de la dieta de *O. novaezeelandiae* entre años, no parece ser el resultado de distintos tamaños muestreales, ya que el número de estómagos con contenido colectados por monte en 2004, entre 14 y 30, fue similar al número muestreado en 2005 (15 39 estómagos con contenido). Tampoco es evidente que estas diferencias obedezcan a diferencias en los rangos batimétricos cubiertos por los lances de pesca. Los lances de pesca efectuados en las áreas JF2 y JF3 durante 2004 fueron algo más someros que en el año 2005; en el área JF4, en cambio, los lances del año 2004 fueron más profundos, con una sobreposición de aproximadamente 155 m.

De esta forma, los resultados y consideraciones señaladas indican que las diferencias encontradas en cuanto al aporte de *O. novaezeelandiae* en la dieta de orange roughy entre años, podrían ser el resultados de cambios en la disponibilidad de esta presa en las áreas de pesca.

Entre los peces teleósteos más importantes en la dieta de orange roughy, detectados durante los cruceros de 2004 y 2005, se encuentran Gonostoma sp., Chauliodus vasnetzovi y Astronesthes sp., todos pertenecientes al orden Stomiiformes. El primer taxón pertenece a la familia Gonostomatidae y los otros 2 taxa a la familia Stomiidae. Este espectro también dista del reportado por Labbé & Arana (2001), quienes señalan a Lampanyetus achiurus (Myctophiformes: Myctophidae), como el teleósteo más relevante en la dieta de ejemplares capturados en los montes del archipiélago de Juan Fernández. En este estudio L. achiurus no fue registrado como parte de la dieta, ni tampoco algún otro representante de los Myctophiformes. Esta diferencia en el espectro trófico podría ser el resultado del estado de digestión de las presas, lo cual podría haber dificultado la identificación de L. achiurus en las muestras colectadas en 2004 y 2005, o a cambios en la disponibilidad de Myctophiformes en relación a Stomiiformes. Al respecto, se debe señalar que la frecuencia de ocurrencia de teleósteos no identificados estuvo en el rango de 7,1%-53,3% en las áreas de pesca prospectadas el 2004, mientras que en el 2005 esta variable fluctuó entre 27,3% y 66,7%. En el caso del trabajo de Labbé & Arana (2001), la frecuencia de ocurrencia de peces teleósteos no identificados fue igual a 6,3%. Sin embargo, estas diferencias en la ocurrencia de teleósteos no identificados tampoco explican la ausencia de Gonostomatidae y Stomiidae en el estudio de Labbé & Arana (2001). Es probable, entonces, que hayan existido cambios importantes en la disponibilidad de peces teleósteos entre el estudio de Labbé & Arana (2001), con muestras colectadas en Agosto de 1999, y el presente estudio donde se colectaron ejemplares entre julio y agosto de 2004, y entre mayo y septiembre de 2005.

En relación a cefalópodos, también se detectó cambios en la diversidad de especies y en la dominancia de ellas entre lo reportado por Labbé & Arana (2001) y el presente estudio. En el primero, se identificó tres taxa distintos siendo *Histioteuthis* sp. la especie más importante en frecuencia de ocurrencia y número. En el segundo, *Histioteuthis* sp. se registró en el 2004 en el área JF2, mientras que en el año 2005 se identificó en las áreas JF1 y JF4. Sólo en esta última área, *Histioteuthis* sp. fue registrada como el cefalópodo más importante en la dieta de orange roughy. En este estudio los cefalópodos mejor representados en los contenidos estomacales fueron *Mastigoteuthis aggasizzi*, *Gonatus antarcticus* y *Eucleoteuthis luminosa*, las cuales no fueron reportadas por Labbé & Arana (2001). En este caso, las diferencias de la dieta entre ambos estudios parecen ser el resultado de cambios en la disponibilidad de presas.

No se detectó diferencias en la dieta de orange roughy entre sexos en ninguna de las áreas de pesca analizadas, a excepción del área JF3 en el año 2005, y del área JF4 en el año 2004, donde en ambos casos la similitud calculada con los índices de Bray-Curtis (IIR e IIN) y Pianka, fue baja entre machos y hembras. En el primero, la baja similitud entre sexos podría ser el resultado de un bajo número de estómagos (4 machos y 11 hembras), lo que de acuerdo a la curva acumulada de diversidad v/s número de estómagos, serían insuficientes para dar cuenta apropiadamente del espectro trófico; y, además, que en ambos sexos el porcentaje de peces teleósteos no identificados fue alto, lo que tiene un efecto directo sobre la descripción de la dieta y los posteriores análisis comparativos. En el área JF4 del año 2004, el número de estómagos con contenido no fue tan bajo (9 machos y 21 hembras), pero los teleósteos indeterminados también dieron cuenta de la mayor parte de la dieta en ambos sexos.

En cuanto al análisis por talla y área geográfica, se observó, en general, una mayor similitud entre distintos grupos de tamaño al interior de cada área de pesca. Para el año 2005, los grupos más semejantes entre sí fueron los individuos <45 cm LH y ≥45 cm LH, en las áreas de pesca JF1 y JF4, independientemente del tipo de índice utilizado. Además, el grupo <45 del área JF2 se asoció con el cluster JF1, también con los 3 índices de similitud. La baja similitud entre los grupos JF2 <45–JF2 ≥45 se debió a que en el primero, las principales especies fueron *Chauliodus vasnetzovi*, *Mastigoteuthis agassizii* y *Eucleoteuthis luminosa*, mientras que en el segundo el orden de importancia de las presas fue *Pyroteuthis margaritifera*, *E. luminosa* y *Gonostoma* sp. En el año 2004, los grupos con mayor similitud fueron JF2 <45–JF2 ≥45 y JF3 ≥45–JF4 ≥45. En este último cluster, las especies *O. novaezeelandiae* y *Gonostoma* sp., fueron las más importantes en ambos grupos. En este año, si existió un alto grado de semejanza entre JF2 <45–JF2 ≥45.

De esta forma, los resultados sugieren que no existirían diferencias en la dieta de orange roughy entre sexos, pero sí en cuanto al área de pesca, lo cual podría ser consecuencia de distinta disponibilidad de presas.

Sobre la base de los resultados obtenidos en el presente estudio (69 estómagos con contenido), se estableció que los principales ítems presa en la dieta de alfonsino capturado en las áreas de pesca del archipiélago de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, pertenecen a los grupos taxonómicos Teleostei y Crustacea, los que presentaron los mayores valores de los descriptores %N, %F y %P, y de los índices compuestos %IIR e %IIN. El grupo presa Cephalopoda aún cuando se encontró en los contenidos estomacales con amplia variedad, tuvo un menor aporte en la dieta. El espectro trófico de alfonsino estuvo formado por 9 taxa de cefalópodos, 13 taxa de peces teleósteos y 5 taxa de crustáceos.

Los crustáceos más importante en la dieta de alfonsino correspondieron a los decápodos *Oplophorus novaezeelandiae* y *Benthoegennema burkenroadi*, y al grupo taxonómico Euphausiacea. Este último fue particularmente importante en el área de pesca JF1 tanto en machos como en hembras, y en individuos de sexo indeterminado. En cuanto a peces teleósteos, el mictófido *Diogenichthys laternatus*, fue la presa más importante en el área JF1, y estuvo ausente de los contenidos estomacales de los ejemplares de colectados en el área JF2. Respecto a los cefalópodos, sólo presentaron algún grado de importancia en términos de frecuencia de ocurrencia los taxa *Pyroteuthis margaritifera* en JF1 (F=10,0%) e *Histioteuthis* sp. en JF2 (F=13,8%). El aporte de estos taxa en número y peso fue marginal en sus respectivas áreas de pesca.

No se detectó diferencias en el espectro trófico de machos y hembras, ni tampoco entre estos e individuos de sexo indeterminado. Las asociaciones observadas entre sexos y áreas de pesca, permiten indicar que existe una mayor semejanza entre individuos presentes en una misma área geográfica, que entre individuos de un mismo sexo provenientes de distintas áreas de pesca.

# 5.7. Caracterización de la ictiofauna capturada incidentalmente.

Las áreas de pesca donde se registró el mayor número de lances con fauna acompañante correspondieron a JF4, JF1 y JF2 (Tabla 61), las que dieron cuenta del 88% de los lances de pesca. A su vez, el 97% de todos los lances se efectuaron entre los 300 y 899 m de profundidad (Tabla 62). En 138 de los 313 lances efectuados existió captura incidental de otras especies ícticas, identificándose un total de 45 especies, de las cuales 15 dan cuenta del 90 % del total, donde *Etmopterus granulosus* (tollo lucero o tollo narigón negro) y *Gadella obscurus* suman el 45,4% (Tabla 63).

Tabla 61. Distribución por zona de los distintos lances de pesca donde se obtuvo fauna acompañante.

Especie Objetivo	Zona	Número de lances positivos	Número de lances con captura incidental	Porcentaje de lances con captura incidental	Porcentaje de la captura total (en toneladas)
	JF1	25	11	44.0%	0.83%
Alfonsino	JF2	22	7	31.8%	0.16%
Allonsino	JF4	4	3	75.0%	0.34%
	Sub-total	51	21	41.2%	0.64%
	JF1	67	30	44.8%	0.10%
	JF2	68	29	42.6%	0.32%
Orange	JF3	29	11	37.9%	0.10%
roughy	JF4	93	43	46.2%	0.15%
	BO2	5	4	80.0%	0
	Sub-total	262	117	44.7%	0.14%
Т	otal	313	138	44.1%	0.23%

Tabla 62. Distribución por profundidad de los distintos lances de pesca para el total de las áreas donde se obtuvo fauna acompañante.

Profundidad (m)	N° de lances
0 - 299	0
300 - 599	38
600 – 899	101
≥ 900	5

Tabla 63. Listado de especies, porcentaje de abundancia y porcentaje acumulativos.

Especies	%	% Acum
Etmopterus granulosus	26,8	26,8
Gadella obscurus	18,5	45,4
Caelorinchus fasciatus	6,6	51,9
Epigonus crassicaudus	6,1	58,0
Nezumia pudens	5,3	63,3
Macruronus magellanicus	4,5	67,8
Coryphaenoides subserrulatus	4,0	71,9
Helicolenus lengerichi	3,3	75,2
Caelorinchus chilensis	3,1	78,3
Macrourus holotrachys	2,4	80,7
Emmelichthys nitidus	2,3	83,0
Hydrolagus macrophthalmus	2,2	85,2
Sebastes oculatus	1,9	87,1
Apristurus brunneus	1,7	88,8
Mora moro	1,1	89,9
Halargyreus johnsonii	0,9	90,8
Bajacalifornia megalops	0,8	91,6
Macrourus carinatus	0,7	92,3
Schedophilus sp. aff huttoni	0,7	93,0
Caelorinchus aconcagua	0,7	93,7
Laemonema sp.	0,6	94,3
Pseudocyttus maculatus	0,6	95,0
Opostomias micripnus	0,6	95,5
Allocyttus niger	0,5	96,1
Lepidion ensiferus	0,5	96,5
Beryx splendens	0,5	97,0

Especies	0/0	% Acum
Caelorinchus kaiyomaru	0,4	97,4
Alepocephalus tenebrosus	0,4	97,8
Antimora rostrata	0,3	98,1
Caristius japonicus	0,3	98,4
Pseudoxenomystax albescens	0,3	98,7
Trigonolampa mericeps	0,2	98,9
Caelorinchus canus	0,2	99,1
Neocyttus rhomboidalis	0,2	99,2
Chimaera sp.	0,2	99,4
Centroscyllium nigrum	0,1	99,5
Lepidion sp.	0,1	99,6
Mola mola	0,1	99,7
Argyropelecus olfersii	0,1	99,8
Melanonus aff gracilis	0,0	99,8
Caprodon longimanus	0,0	99,8
Ruvettus pretiosus	0,0	99,9
Arctozenus risso	0,0	99,9
Centroscymnus aff macracanthus	0,0	100,0
Squalus mitsukurii	0,0	100,0

## 5.8. Estimación de las relaciones fuerza de blanco v/s longitud

# 5.8.1. Caracterización de la vejiga natatoria

Tanto alfonsino como orange roughy son especies fisoclistas, es decir, su vejiga natatoria no está conectada con el esófago; sin embargo, la morfología de ésta es diferente para ambas especies. Alfonsino posee una vejiga natatoria de paredes delgadas y contenido gaseoso. En todos los ejemplares disecados se observó pequeñas roturas en la zona ventral, probablemente originadas por la manipulación del arrastre, aplastamiento dentro de la red y/o diferencia de presión originada por la diferencia entre la profundidad de captura y la superficie (Figura 37). En las imágenes obtenidas por resonancia magnética, se observa que la vejiga natatoria se sitúa en el centro del cuerpo del pez, mostrando una inclinación promedio de 9,2º grados con respecto del eje horizontal (Figura 38).



Figura 37. Imagen superior: vejiga natatoria de alfonsino, se observa pared ventral rota. Imagen central e imagen inferior: vejiga natatoria desprendida de la cavidad corporal.

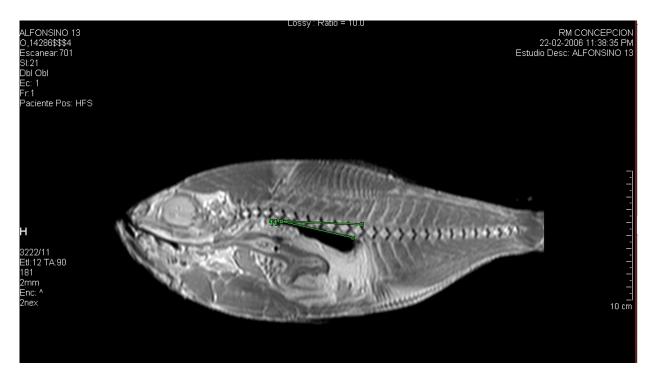


Figura 38. Posición de la vejiga natatoria de alfonsino. La imagen muestra el ángulo con respecto a la horizontal (11º para la muestra).

La vejiga natatoria de orange roughy, por su parte, posee un contenido sólido de ésteres de cera (Sargent *et al.*, 1983), lo cual sugiere que los especímenes muertos no debieran mostrar cambios en su tipo o tamaño al ser llevados a superficie (Kloser *et al.*, 1997). Orange roughy presenta también depósitos de ésteres de cera en las cavidades craneales, músculos y huesos. Los ésteres de cera podrían constituir una reserva de energía metabólica y contribuir a la boyantez de la especie. Sin embargo su rol exacto aún no está completamente establecido en peces de profundidad (Sargent *et al.*, 1983; Pleger, 1998).

La vejiga fue fácilmente visible dentro de la cavidad abdominal ocupando una posición central bajo la columna vertebral y sobre el hígado, intestino y gónadas. Su inclinación promedio respecto al eje horizontal del pez fue de 31,4° (Figura 39). Las imágenes dorsal, ventral y lateral de la vejiga, permiten observar su forma, de tipo cilíndrica, más ancha en la región de inserción al cráneo, disminuyendo progresivamente hacia la zona caudal (Figura 40).

El peso de la vejiga se relacionó positivamente con el volumen desplazado (Figura 41). Al analizar la relación entre el peso de la vejiga y la longitud estándar del pez se observó una relación directa (coeficiemte de correlación Spearman=0,77), la cual corrobora el supuesto que el peso de ésta aumenta con el tamaño del individuo (Figura 42). El peso de la vejiga correspondió al 2,7% del peso corporal total (descontando el peso de las gónadas), ésta relación peso vejiga-peso corporal se mantuvo en un rango de 1,6 a 4% en los distintos pesos y longitudes corporales observados (Figuras 43 y 44). No se ha considerado el efecto de las vísceras en esta relación, ya que en periodo de desove es normal que los peces no se alimenten y se observe sobre un 95% de estómagos vacío, sin embargo pudiera tener algúna expresión leve sobre ella.



Figura 39. Disposición de la vejiga natatoria en orange roughy. Imagen superior: resonancia magnética. Imagen central: disección. Imagen inferior: vejiga natatoria (V), gónada (G), hígado (H), corazón (C).



Figura 40. Vejiga natatoria de orange roughy. Izquierda: vista ventral. Derecha: vista lateral.

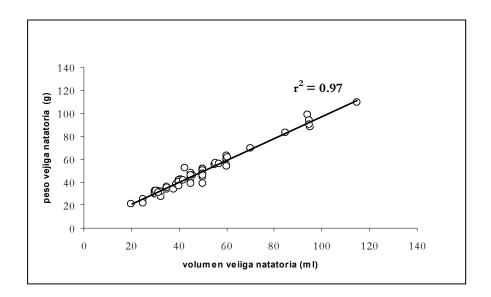


Figura 41. Relación entre peso de la vejiga natatoria de orange roughy y volumen desplazado.

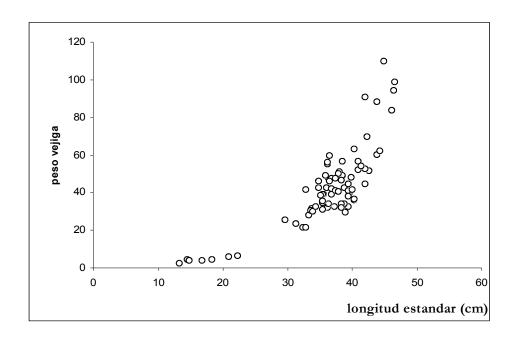


Figura 42. Relación entre el peso de la vejiga natatoria de orange roughy y la longitud estándar. (Coeficiente de Spearman= 0,77).

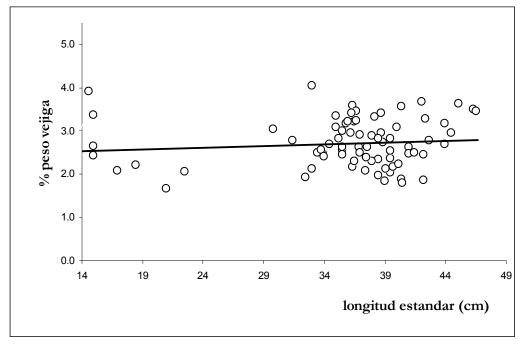


Figura 43. Relación entre el porcentaje del peso de la vejiga (con respecto al peso total sin gónadas) y la longitud estándar (orange roughy) . Se incluye la línea de tendencia.

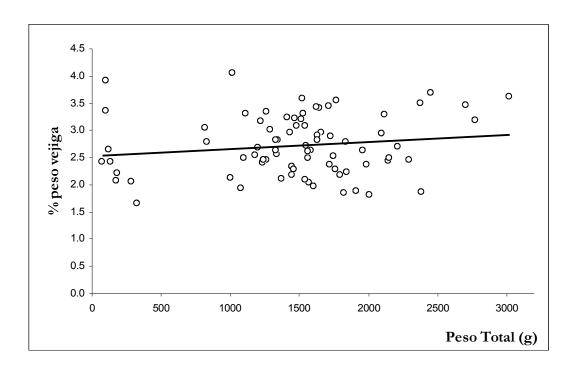


Figura 44. Relación entre el porcentaje en peso de la vejiga (con respecto al peso total sin gónadas) y el peso total (orange roughy). Se incluye línea de tendencia.

### 5.8.2. Estimación in situ

## a) Orange roughy

La media estimada de fuerza de blanco de orange roughy obtenida utilizando el método convencional de selección de blancos alcanzó a -48,7 dB  $\pm$  0,14 (EE). Al incrementar las restricciones de selección, utilizando el método de identificación de trazos individuales, este valor se redujo a -49,6 dB  $\pm$  0,56 (EE). Si bien la dispersión de datos es mayor en el método convencional, el menor número de datos incrementa el error estándar en la media estimada con el método de trazos individuales (Figura 45, Tabla 64).

# b) Alfonsino

La TS media estimada para alfonsino utilizando el método convencional alcanzó a -37,8 dB  $\pm$  0,62 (EE), y se redujo a -40,5 dB  $\pm$  0,86 (EE) al utilizar el método de selección de trazos individuales. De manera similar a lo observado en el caso de orange roughy, la aplicación de un método más restrictivo (trazos individuales), redujo el rango pero incrementó el error estándar del estimado en función del menor tamaño muestreal (Figura 46, Tabla 64).

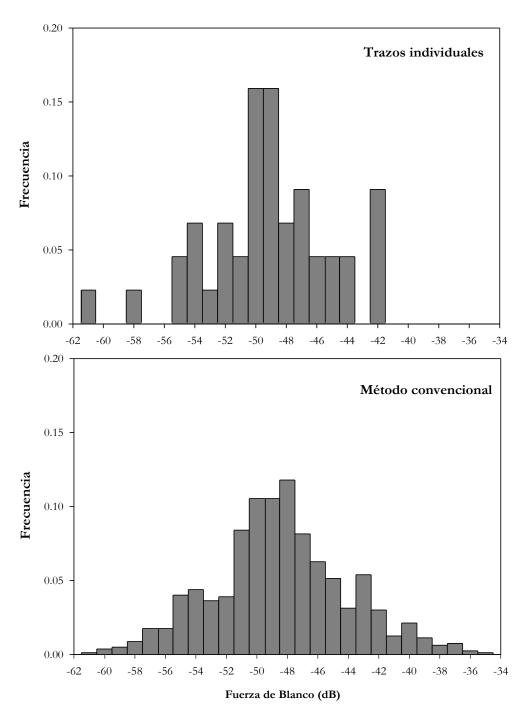


Figura 45. Distribución de frecuencias relativas de valores de fuerza de blanco de orange roughy según método de selección de blancos individuales.

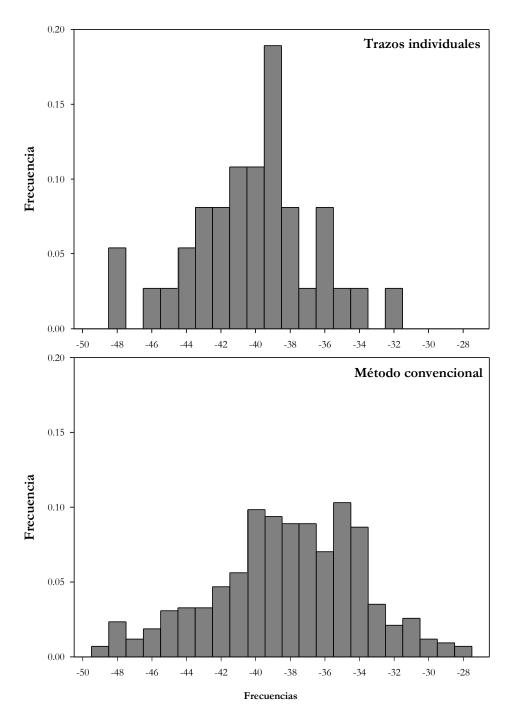


Figura 46. Distribución de frecuencias relativas de valores de fuerza de blanco de alfonsino según método de selección de blancos individuales.

Tabla 64. Estadísticos básicos obtenidos del análisis de los datos de fuerza de blanco obtenidos por especie y método

Especie	Método de selección	Media (dB)	Error estándar	Moda (dB)	Rango	n
Orange roughy	Convencional	-48,70	0,137	-48,35	-66,74 / -34,61	808
	Trazos individuales	-49,59	0,556	-50,00	-55,23 / -42,46	44
Alfonsino	Convencional	-37,81	0,615	-40,05	-48,29 / -28,22	427
	Trazos individuales	-40,54	0,859	-39,00	-48,20 / -32,33	37

### 5.8.3. Revisión crítica de métodos empleados in situ y propuesta metodológica

En la revisión ex post del proyecto, los consultores Soule et al. (Fisheries Resources Survey, Anexo I) contribuyen en destacar fortalezas y debilidades metodológicas de los estudios efectuados in situ, efectúan un exhaustivo análisis exploratorio de los datos y sugieren criterios de selección y análisis definitivo de los mismos que fueron posteriormente incorporados por el equipo del proyecto.

Soule et al. destacan la necesidad de continuar esta línea de investigación mejorando los métodos e incorporando nuevo equipamiento para obtener parámetros más robustos, que puedan ser utilizados en la estimación de biomasa absoluta según el método hidroacústico. En particular, plantean las siguientes recomendaciones para estudios futuros:

- Realizar comparaciones entre los datos de calibración obtenidos en la profundidad de interés y en superficie, para explorar efectos de la profundidad en la sensibilidad del transductor o ancho del haz acústico.
- Utilizar una segunda frecuencia para mejorar el reconocimiento de blancos individuales en la estimación de la fuerza de blanco in situ. Se sugiere utilizar 38 y 120 kHz.
- Establecer como protocolo básico una calibración del equipamiento en cada experimento.
- Muestrear la composición de peces en el área de interés, utilizando un red de trama fina destinada a capturar ejemplares cuya fuerza de blanco es similar a la de orange roughy (ej. Mictófidos).
- Aumentar el número de blancos individuales a utilizar en los análisis de estimación *in situ*.
- Disminuir la duración del pulso de 1,0 a alrededor de 0,3 ms<sup>-1</sup>.
- Mejorar la relación entre los lances de identificación y los experimentos de estimación de TS in situ. Para ello, se debe aumentar el número de muestreos, procurando que éstos sean realizados en conjunto con los experimentos.
- Implementar un sistema de filmación submarina sobre la red, que permita identificar directamente los blancos.

• Desplegar el transductor sumergible a la profundidad requerida, registrando los datos en tiempo real y utilizando un winche vertical.

La revisión crítica "ex post" de métodos empleados, realizada por Fisheries Resource Surveys, se encuentra in extenso en el Anexo I.

#### 5.8.4. Modelamiento ex situ: orange roughy

### a) resultados del modelo

La modelación ex situ de la fuerza de blanco de orange roughy mostró un patrón cíclico similar al descrito por Barr (2001), producto de las relaciones constructivas y destructivas entre la longitud de onda y el tamaño del blanco (ejemplo en Figura 47). Contra lo esperado, la contribución del tejido corporal a la fuerza de blanco del pez (tejidos blandos, músculo en general), es mayor que la de la vejiga natatoria, gónadas y columna vertebral (Figura 47).

Al integrar los modelos individuales en un modelo promedio, se mantuvo una tendencia ascendente y algo oscilatoria, más cercana a la relación propuesta por Hampton & Soule (2002) en tallas bajo 45 cm y más cercana a la relación de Doonan et al (2001) para las tallas sobre 45 cm (Figura 48). Al comparar el valor estimado por el modelo KRM para un pez de 40,7 cm (longitud estándar promedio estimada para las mediciones *in situ* del presente proyecto) se obtuvo un valor 0,3 a 1,0 dB bajo las medias estimadas *in situ*, e intermedio respecto del valor predicho por las dos relaciones TS-longitud más utilizadas para esta especie (Tabla 65). De manera similar, la predicción de TS de nuestro modelo KRM para una talla de 35,0 cm equivalente a la utilizada en otros estudios *ex situ* (Tabla 66, se encontró por sobre el valor señalado por Kloser & Horne (2003) y bajo el informado por MacClatchie & Ye (2000). Se debe señalar que en los dos estudios anteriores, sólo se consideró el efecto de la vejiga natatoria, mientras que en nuestro modelo se ha adicionado por primera vez el efecto de gónadas y columna vertebral. El efecto del ángulo de inclinación en la estimación de fuerza de blanco puede tener una influencia significativa y debería ser incorporado en futuros estudios.

Asumiendo una dependencia simple de la fuerza de blanco con respecto a la talla, los resultados del modelo KRM pueden ser expresados mediante la relación,

$$TS = 18,5 \cdot log_{10}(LE) - 79,4$$

Al aplicar esta ecuación a la talla media de las observaciones *in situ* (40,7 cm), se observó un nivel razonable de concordancia, encontrándose la predicción *ex situ* 0,46 dB bajo la media *in situ* obtenida con el método convencional y -0,29 dB sobre la media *in situ* obtenida con el método de trazos individuales.

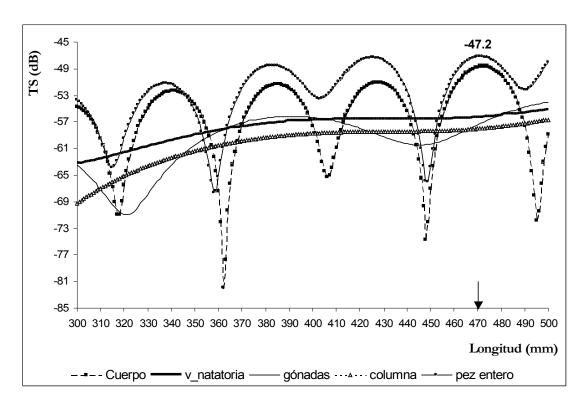


Figura 47. Fuerza de blanco (dB) en función de la longitud (mm) de un ejemplar de sexo femenino de 432 mm (LE), IGS=5,54 (insonificado a 38 kHz).

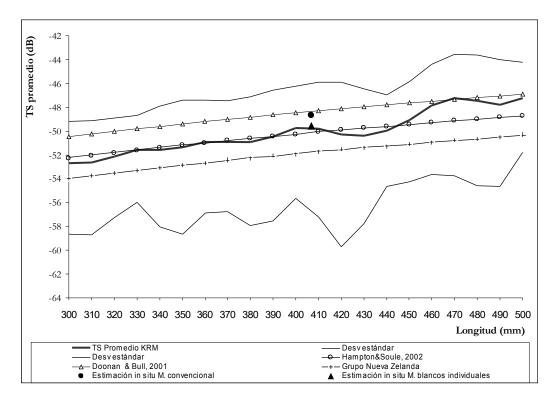


Figura 48. Fuerza de blanco (dB) graficada como función de la longitud estándar de orange roughy. Se representa el valor TS promedio entre los 20 peces modelados.

Tabla 65: Fuerza de blanco estimada para un pez de 40,7 cm de longitud según el modelo KRM y distintas relaciones TS-LS aplicadas a orange roughy.

Autores	Relación	TS estimada (dB)	ΔTS (dB)
Hampton & Soule (2002)	TS= 16,15 log LS -76,15	-50,15	0,46
Doonan & Bull (2001)	TS= 16,15 log LS -74,34	-48,34	1,35
Grupo Evaluación Stock Nueva Zelanda	TS= 16,15 log LS -77,82	-51,82	2,13
Modelación (KRM), presente trabajo		-49,69	-
Estimación in situ (convencional), presente trabajo	Estimación in situ	-48,7	0,99
Estimación in situ (trazos individuales), presente trabajo	Estimación in situ	-49,4	0,29

Tabla 66. Fuerza de blanco(dB) estimada para un pez de 350 mm, modelada por la aproximación Kirchhoff ray mode.

Autor	Método de estimación	TS promedio (dB)	$\Delta$ TS (dB
Este estudio	Modelación utilizando KRM	-51,3	-
Kloser & Horne (2003)	Modelación utilizando KRM	-52,9	1,6
MacClatchie & Ye (2000)	Modelación utilizando KRM	-50	-1,33

### b) Sensibilidad del modelo a las propiedades materiales de los tejidos.

Las propiedades materiales del cuerpo del pez y de los distintos órganos, influyen directamente sobre la densidad , velocidad del sonido e impedancia acústica resultante. Los gráficos de contorno del análisis de sensibilidad a cambios en los valores de velocidad del sonido y densidad de cada órgano sugieren que, en tejido corporal y columna vertebral, el contraste de densidad tiene mayor influencia en la reflectividad del sonido en las interfaces que el contraste de velocidad del sonido (Figuras 49 y 52). Lo inverso ocurre en el caso de la vejiga natatoria (Figura 50), mientras que la reflectividad modelada para las gónadas dependería de manera similar de ambos contrastes (Figura 51)

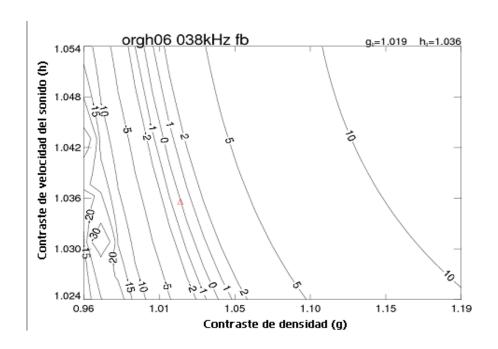


Figura 49. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en el tejido corporal de un ejemplar de sexo femenino de orange roughy de 42,7 cm (LE), a 38 kHz. El triángulo indica los valores de referencia:  $g_{0=}$  1,019 y  $h_0$ = 1,036.

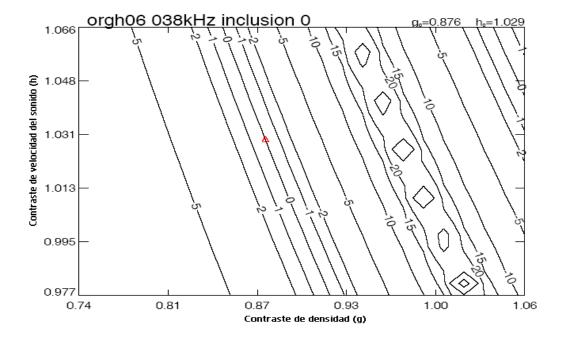


Figura 50. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en la vejiga natatoria de un ejemplar de sexo femenino de 42,7 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo indica los valores de referencia  $g_{0=}$  0,876 y  $h_0$ = 1,029.

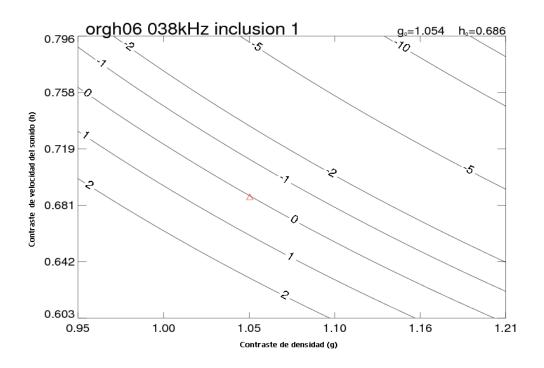


Figura 51. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en gónadas de un ejemplar de sexo femenino de 42,7 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo indica los valores de referencia $g_{0=}$  1,054 y  $h_0$ = 0,686

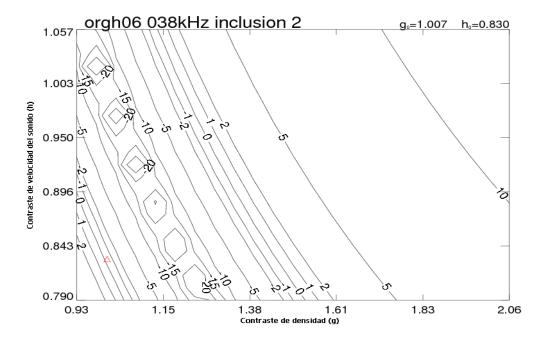


Figura 52. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en la columna vertebral de un ejemplar de sexo femenino de 42,7 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo indica los valores de referencia  $g_0$ = 1,007 y  $h_0$ = 0,830.

#### 5.8.5. Modelamiento ex situ: alfonsino

#### a) Resultados del modelo

El modelo KRM para alfonsino fue más simple que el desarrollado para orange roughy, ya que consideró la vejiga natatoria como la única inclusión contribuyendo a la reflectividad acústica del organismo. En otras palabras, dada la naturaleza gaseosa de esta vejiga, se estimó que su contribución a la impedancia del pez es significativamente mayor que las restantes inclusiones y permite ignorar las contribuciones parciales de gónadas y columna.

A diferencia del orange roughy, ni en los modelos individuales (Figura 53), ni en el modelo general basado en la integración de los modelos individuales (Figura 54), se observó una tendencia incremental continua en la TS respecto a la talla. El modelo integrado muestra una pendiente muy suave, con una cierta tendencia a decrecer en las tallas mayores. En efecto, el análisis de regresión lineal mixta indicó que un modelo lineal no explicaría una fracción significativa de la varianza, sugiriendo que este modelo podría ser más bien cuadrático. De esta manera, la pendiente del modelo KRM no fue utilizada para ajustar las observaciones *in situ* de la manera que esto se hizo en orange roughy.

A pesar del patrón inesperado de la relación TS-longitud en la salida del modelo KRM para alfonsino, el valor predicho por el modelo para un pez de 23,3 cm (-40,55 dB) se acercó notablemente a las estimaciones *in situ* obtenidas en el presente proyecto con el método de trazos individuales (-40,54 dB), aunque fue más bien distante de la media obtenida con el método convencional (-37,81 dB). La expresión matemática de la forma de la relación TS-longitud y el probable efecto de la perforación de las vejigas sobre la misma requieren posterior investigación que excede el ámbito del presente proyecto.

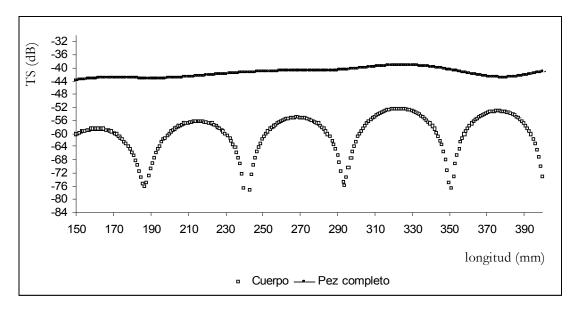


Figura 53. Fuerza de blanco (dB) en función de la longitud(mm) de un alfonsino (ALFO-07) de 315 mm (LE).

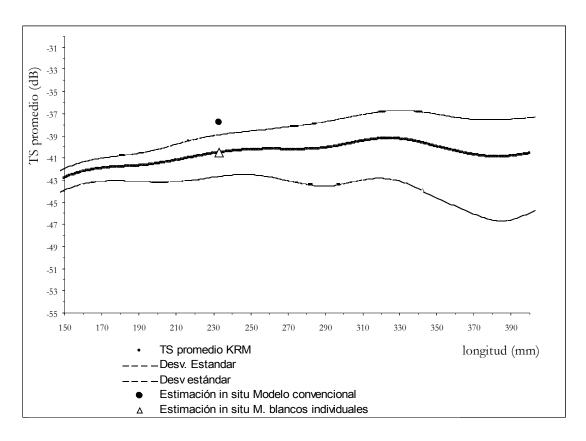


Figura 54. Fuerza de blanco (dB) graficada como función de la longitud estándar de alfonsino Se representa el valor TS promedio entre los 14 peces modelados.

### b) Efecto de las propiedades materiales de los tejidos en las predicciones del modelo.

Los gráficos de contorno del contraste de la velocidad del sonido y densidad de la vejiga natatoria muestran curvas diagonales que sugieren que el modelo es sensible de manera similar a ambos parámetros, g y h (Figura 55). En el caso del tejido corporal, el modelo se mostró más sensible a cambios en el contraste de velocidad del sonido (Figura 56).

#### 5.8.6. Discusión.

El presente estudio representaría la primera estimación de fuerza de blanco reportada a nivel mundial en alfonsino, ya sea por métodos *in situ* o *ex situ*. Por otro lado, corresponde a la primera estimación *in situ* efectuada sobre un stock chileno de orange roughy y a la primera estimación *ex situ* donde se incorpora las contribuciones de columna vertebral y gónadas a un modelo KRM. De esta manera el proyecto ha logrado contribuir significativamente al conocimiento de la fuerza de blanco de estas especies y stocks y de su relación con la longitud individual de sus miembros. Sin perjuicio de ello, es necesario entender que esta no es una tarea finalizada, ya que la incertidumbre y los posibles sesgos asociados a estas estimaciones requieren de multiples esfuerzos, que por aproximaciones sucesivas se espera converjan hacia valores más exactos. Para ejemplificar lo anterior, se puede mencionar el caso del arenque europeo *Clupea harengus*, una especie que ha concentrado un notable número de estudios acústicos, sobre cuya

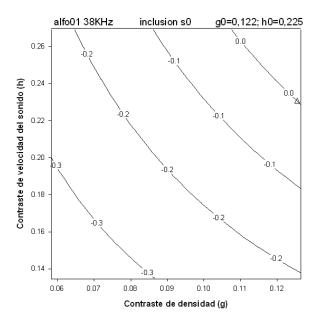


Figura 55. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en la vejiga natatoria de un alfonsino de 19,0 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo abierto indica los valores de referencia  $g_0$ = 0,122 y  $h_0$ = 0,225.

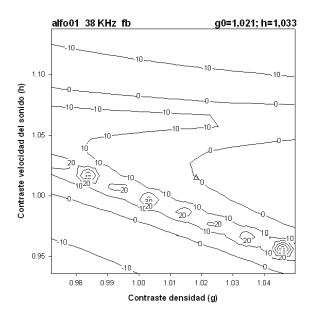


Figura 56. Gráfico de contorno que muestra variaciones en la TS (dB) como función del contraste de densidad (g) y velocidad del sonido (h) en el tejido corporal de un alfonsino de 19,0 cm (LE) a 38 kHz. El triángulo abierto indica los valores de referencia  $g_{0=} = 1,021$  y  $h_0 = 0,225$ .

fuerza de blanco permanecen importantes discrepancias entre distintos autores (Didrikas & Hansson, 2004), así como información creciente de la existencia de que la TS es afectada significativamente por factores adicionales a la longitud individual (Ona, 2003).

Mientras que todas las estimaciones de TS comparten desafíos relativos a una adecuada representación de la distribución de tallas, de la incertidumbre en la identificación de los blancos seleccionados y las componentes conductuales de la reflectividad acústica observada, estos desafíos se incrementan notablemente cuando se trata de especies de profundidad. En este último caso, la resolución volumétrica del ecosonda disminuye, las artes de muestreo directo tienden a ser más ineficaces en capturar los blancos-objetivo y se agregan factores adicionales de error en la identificación de los blancos. Uno de estos factores es la existencia de especies sin vejiga natatoria o con vejigas rellenas con ésteres de cera (orange roughy), cuyas propiedades acústicas coinciden en intensidad con las de peces simpátricos de mucho menor tamaño (p.e. mictófidos). En nuestra investigación, nos apoyamos en un transductor sumergible que permitió acercar el instrumento de medición a los blancos, incrementando así la resolución volumétrica de las observaciones. También aplicamos exigentes filtros de selección de blanco, destinados a reducir de manera sustancial, las posibilidades de incorporar blancos dobles y blancos erroneamente identificados en el análisis. Un paso posterior, sería la utilización de un transductor multifrecuencia que, en la experiencia de Kloser (comm. pers.) permitiría incrementar el poder discriminatorio entre orange roughy y peces mictófidos.

En el contexto anterior, un primer paso es estimar la TS media de un stock con niveles aceptables de precisión y exactitud. Hasta ahora, este ha sido el objetivo de los trabajos en orange roughy de McClatchie et al. (1999), McClatchie & Ye (2000) y Kloser & Horne (2003). En general, dada la variabilidad en la talla (y otros factores), no es razonable extrapolar estos valores medios ni entre stocks ni entre años, lo que hace deseable la existencia de relaciones de fuerza de blanco y talla como las solicitadas en el proyecto. Para ello, tradicionalmente se ha planteado dos métodos alternativos: i) meta-análisis de mediciones de TS media efectuados in situ sobre agregaciones de distinta talla media, y ii) modelación ex-situ de las propiedades acústicas de la especie-objetivo. La primera aproximación excede el ámbito temporal y de recursos del presente proyecto y se ve, adicionalmente, limitada en orange roughy por la inexistencia de agregaciones de juveniles que permitiera obtener mediciones in situ en el sector izquierdo de la curva. La segunda, posee la limitación de ignorar los efectos de aspectos conductuales y fisiológicos, que sólo pueden ser observados cuando los peces se encuentran en condiciones naturales. En el presente proyecto, hemos tomado una aproximación innovadora, en la cual utilizamos la modelación ex situ para estimar la pendiente de la curva de TS-longitud, mientras que utilizamos las mediciones in situ para escalar la curva, anclándola a valores realistas definidos por las TS medias observadas en el campo.

Nuevos estudios y métodos de análisis son esperables en la integración propuesta de metodologías *in situ* y *ex situ*, incluyendo la estimación de la distribución de ángulos de incidencia (del haz acústico sobre los blancos) *in situ* y su efecto sobre los resultados del modelo *ex* situ. Esta aproximación está siendo desarrollada como parte de una tesis de magister (Lafon, no publicado) que, basada en los resultados del presente proyecto generará nueva información y eventuales correcciones a los estimados propuestos, en el mediano plazo.

# 5.9. Caracterización del ambiente físico y biótico de orange roughy y alfonsino.

#### 5.9.1. Características oceanográficas transecta zonal este - oeste (BO2 a JF1).

# a) Perfiles verticales

La temperatura mostró distintos patrones en los primeros 200 m, con termoclinas cercanas a los 100 y 180 m. Bajo los 200 m, la disminución de la temperatura con la profundidad fue más constante. La salinidad mostró valores sobre 34,5 entre los 150 y 380 m, los cuales se pudo asociar con masas de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). A lo largo de esta transecta la picnoclina se ubicó aproximadamente entre los 80 y los 300 m de profundidad. La capa de mezcla fluctuó entre los 80 y 160 m. El oxígeno mostró una fuerte oxiclina entre los 80 y 200 m, a excepción de las estaciones más oceánicas (Estaciones 1, 2 y 3; Figura 57). Valores de oxígeno menores a 1 ml·l¹ tienden a ubicarse entre los 150 y 320 m de profundidad en asociación con el máximo de salinidad.

### b) Transectas

La transecta zonal con los perfiles indicados anteriormente se muestra en la Figura 57. Tanto la termoclina como la haloclina y la oxiclina tienden a ascender hacia la zona costera desde alrededor de los 200-250 m hasta los 100 m de profundidad. La capa superior del océano que se ubica por sobre estas clinas presentaron temperaturas entre 13° a 15°C, salinidades entre 33,8 y 34,2 y oxígeno entre 3,5 y 5 ml l<sup>-1</sup>. De acuerdo a los diagramas T-S (Figura 58a) esta capa superficial correspondería a Agua Subantártica (ASAA). Bajo estas clinas se ubicó el AESS con un espesor variable pero con un núcleo centrado en alrededor de los 250 m con temperaturas entre 10,5 y 11,0°C, salinidad de 34,55 y contenido de oxígeno menor a 1,5 ml l<sup>-1</sup>. La separación entre estas dos masas de agua apareció señalada por mayores grados de estratificación localizados entre los 80 y 200 m de profundidad (Figura 58b). Es destacable en el análisis zonal, un núcleo de mayor espesor entre las longitudes -75° y -76,5° W y una probable intensificación de otro núcleo hacia el Este de los -74° W. Esta distribución pudo corresponder a propagaciones de ondas planetarias o giros de mesoescala del orden de los 200 km. Destaca, además, que el límite inferior de las AESS bordeó la cúspide de los montes submarinos JF1, JF2 y JF4. Bajo las AESS se encontró las AIA con temperaturas de 5°C y salinidad de 34,3.

#### c) Velocidades geostróficas

La presencia de un núcleo de AESS entre los 200 a 400 m de profundidad (Figura 59, inferior), deformó el campo de densidad generando gradientes de presión que modificaron el flujo Norte-Sur (meridional). Cercano a los 200 m de profundidad, el flujo geostrófico se alternó mostrando corrientes hacia el norte en el sector de Bajo O'Higgins 2 (velocidades positivas o colores rojos) y hacia el sur en el sector de Juan Fernández 4 (velocidades negativas o colores azules), con magnitudes que fluctuaron entre los 0 y 15 cm s-1 (Figura 59, central)

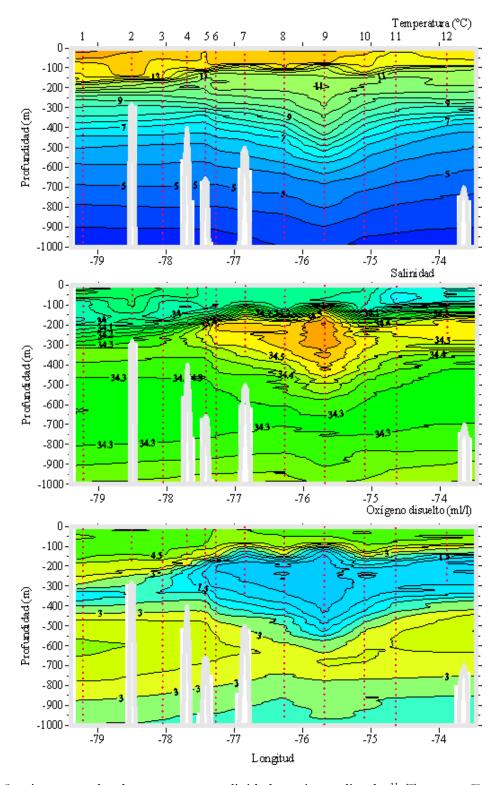


Figura 57. Secciones zonales de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto<sup>11</sup>. Transecta Este-Oeste; 16 al 22 de Septiembre de 2005. Montes submarinos no están a escala.

<sup>11</sup> Imágenes de los montes son sólo referenciales, no están a escala

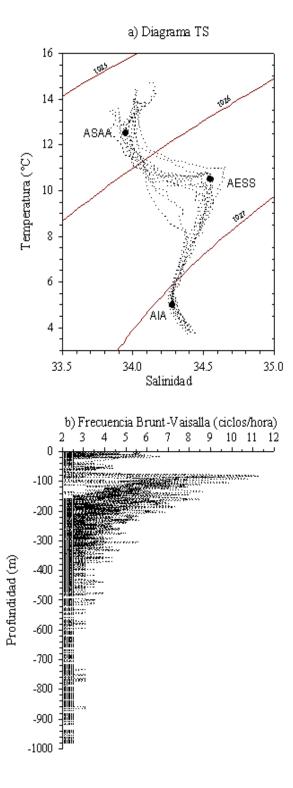


Figura 58. a) Diagramas T-S. b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos/hora). Transecta Este-Oeste; 16 al 22 de Septiembre de 2005.

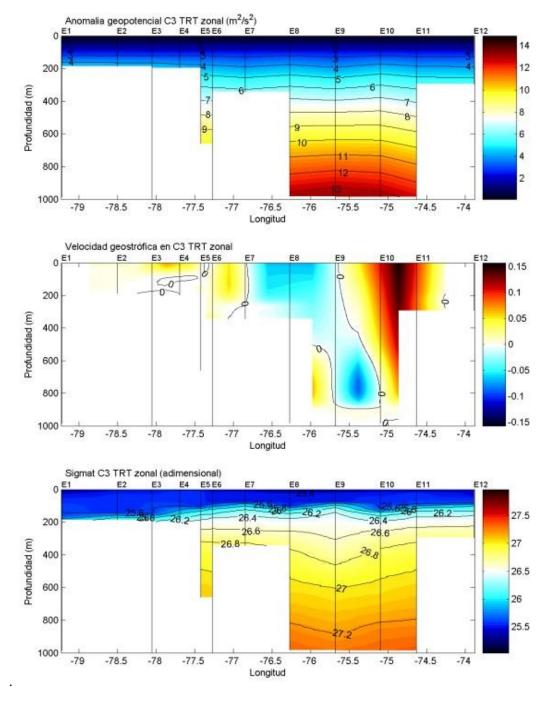


Figura 59. Panel superior: Anomalía geopotencial (m²/s²). Panel central: Velocidad geostrófica Norte-Sur (en m/s). Panel inferior: Transecta zonal de Sigma-t. Transecta Este-Oeste; 16 al 22 de Septiembre de 2005.

#### 5.9.2. Características oceanográficas monte submarino Punta Sierra.

# a) Perfiles verticales

La transecta que cruza el monte submarino Punta Sierra en dirección Este-Oeste se muestra en la Figura 60. La capa superficial de 50 m presentó temperaturas entre 12 y 15°C y salinidad cercana a 34,3. En relación a datos más oceánicos, las AESS se encontraron más cercanas a la superficie, mostrando salinidades cercanas a 34,7. El límite inferior de las AESS, alrededor de los 500 m de profundidad, se situó cercano a la cúspide de este monte submarino.

### b) Transectas

En la transecta meridional, la distribución vertical es similar a lo encontrado en la transecta zonal. Sin embargo, la elevación de las isopicnas en la Estación 3 ubicada sobre este monte submarino sugiere un mayor efecto de este monte sobre el flujo meridional (norte-sur; Figura 61).

En relación con los índices termosalinos indicados para áreas oceánicas las masas de agua en este sector costero mostraron salinidades mayores (Figura 62a). Por otra parte, los mayores grados de estratificación se encontraron desplazados hacia profundidades más someras (40 a 60 m), comparados con datos más oceánicos (Figura 62b).

### c) Velocidades geostróficas

Las velocidades geostróficas norte-sur en torno al monte Punta Sierra (Figura 63, centro), mostraron un flujo hacia el sur en el costado este y hacia el norte en su costado oeste. Las velocidades este-oeste, por su parte (Figura 63, centro), mostraron un flujo hacia el oeste en su costado sur y un flujo hacia el este en su costado norte. Esto indicaría una tendencia de circulación en torno a este monte submarino, bajo los 200 m de profundidad.

#### 5.9.3. Características oceanográficas monte submarino Bajo O'Higgins 2 (8 de Junio de 2005)

# a) Perfiles verticales

La estructura vertical de temperatura mostró una capa superficial isotermal cercana a los 50 m de profundidad, bajo ella se encontró una termoclina que alcanza hasta los 90 m (Figura 64). En el perfil de salinidad destacó un mínimo sub-superficial de entre 60 y 100 m de profundidad con valores cercanos a 34,2. La picnoclina fue relativamente somera y se ubicó entre los 60 y 100 m de profundidad, aproximadamente. En esta estación no se registraron datos de oxígeno disuelto.

#### b) Transectas

Las secciones zonales en este monte submarino fueron consistentes con lo observado en la Figura 57 para el caso de las AESS, las cuales nuevamente se ubicaron en torno a los 200 m de profundidad. El AIA, con valores cercanos a 34,3, se encontró más reducida. Los diagramas T-S mostraron aguas cercanas al núcleo más oceánico de las AESS. El AIA, por su parte, presentó valores de salinidad levemente más altos debido, probablemente, a la mezcla con AESS. En superficie, la presencia de aguas más cálidas

(probablemente Aguas Subtropicales) afectaron la línea de mezcla entre ASAA y AESS (Figura 65). Los mayores grados de estratificación (> a 7 ciclos/hora) se observaron entre 80 y 100 m de profundidad. Los 100 m próximos al monte fueron dominadas por AIA de valores de salinidad de 34,4 y temperaturas entre 4,5 y 6 °C.

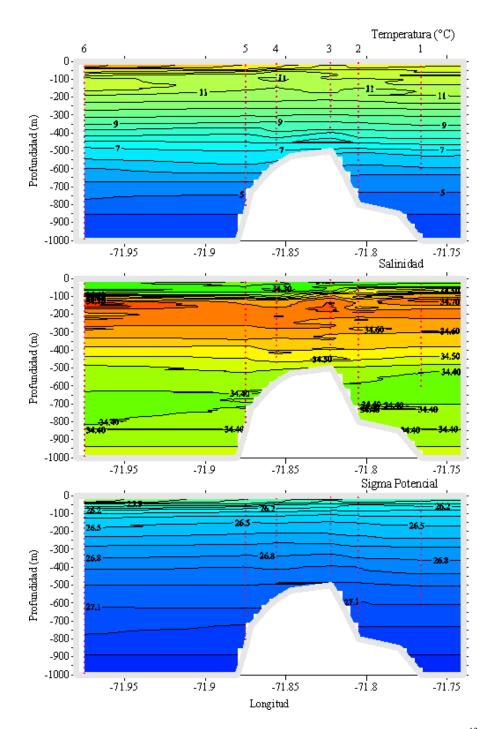


Figura 60. Secciones zonales de temperatura, salinidad y sigma potencial. Punta Sierra<sup>12</sup>; 15 de Mayo de 2005.

<sup>12</sup> Imagen de Punta Sierra es sólo referencial, no está a escala

### c) Velocidades geostróficas

El gradiente zonal de densidad observado entre las estaciones 4 y 5 provocó estimaciones de corrientes geostróficas con dirección hacia el norte, con una intensidad de 20 a 30 cm s<sup>-1</sup> (Figura 66). En el costado oeste de este monte submarino predomina un flujo hacia el sur de baja intensidad (< 10 cm s<sup>-1</sup>).

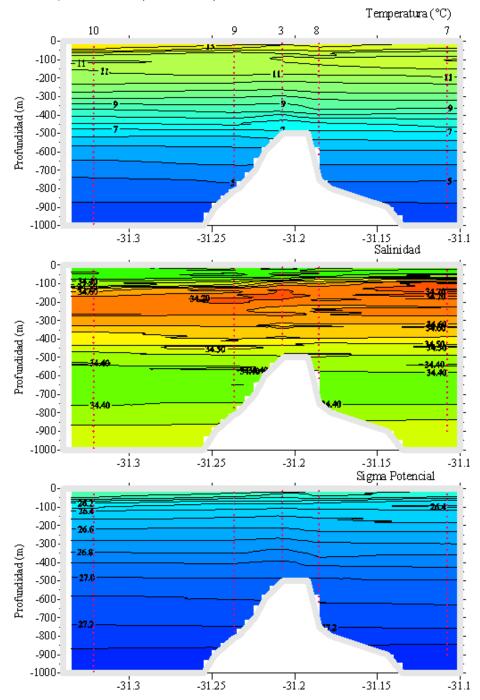


Figura 61. Secciones meridionales de temperatura, salinidad y sigma potencial. Punta Sierra<sup>13</sup>; 15 de Mayo de 2005.

<sup>13</sup> Imagen de monte Punta Sierra es sólo referencial, no está a escala

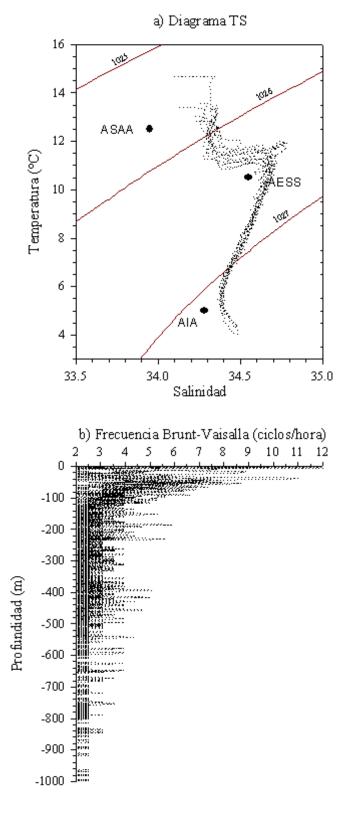


Figura 62. a) Diagramas T-S. b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora<sup>-1</sup>). Punta Sierra; 15 de Mayo de 2005.

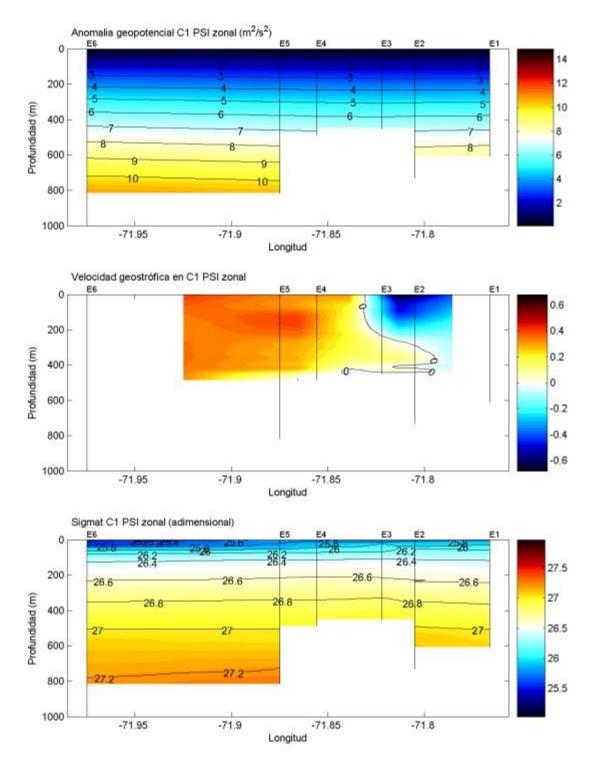


Figura 63. Superior: anomalía geopotencial (m² s-²); Medio: velocidad geostrófica Norte-Sur (en m/s); Inferior: transecta zonal de Sigma-t. Punta Sierra; 15 de Mayo de 2005.

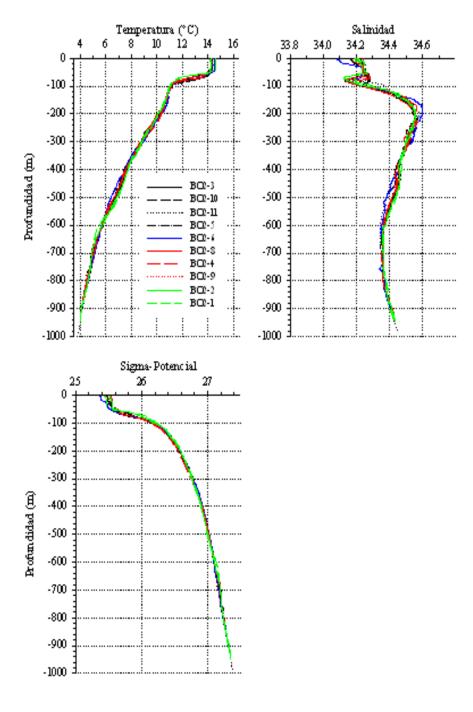


Figura 64. Perfiles verticales de temperatura, salinidad y sigma-potencial. Bajo O'Higgins; 8 de Junio de 2005.

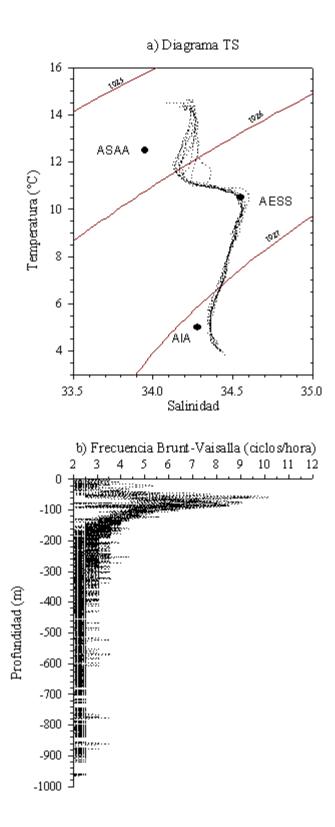


Figura 65. a) Diagramas T-S.; b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora-¹). Bajo O'Higgins; 8 de Junio de 2005.

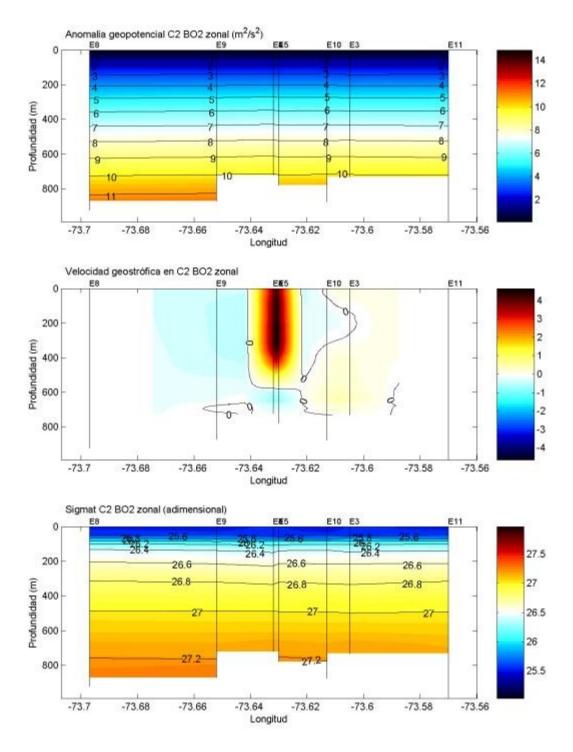


Figura 66. Superior: anomalía geopotencial (m² s-²); Medio: velocidad geostrófica Norte-Sur (en ms¹); Inferior: transecta zonal de Sigma-t. Bajo O'Higgins; 8 de Junio de 2005.

### 5.9.4. Características oceanográficas monte Bajo O'Higgins 2 (Septiembre 22, 2005)

### a) Perfiles verticales

La estructura vertical de temperatura mostró una capa superficial isotermal cercana a los 90 m de profundidad en la mayoría de los casos. En relación al Crucero 2, esta capa superficial se presentó un poco más fría (~ 1°C) y menos salina, alrededor de 33,9. Se observó una termoclina marcada alrededor de los 100 m y otra más leve entre los 250 y 400 m de profundidad, relacionada con el límite inferior de las AESS (Figura 67).

### b) Transectas

Debido a problemas operacionales con el CTD la transecta meridional tiene datos sólo hasta cerca de los 400 m. Destaca el agua de menor salinidad en la capa superficial y la presencia de AIA de salinidad cercana a 34,3 entre los 500 a 700 m de profundidad (Figura 68), aguas que corresponderían a las proximidades del monte submarino. La transecta meridional mostró una distribución similar con leves perturbaciones verticales en el campo de densidad.

## c) Diagramas T-S y estratificación

Los diagramas T-S (Figura 69) muestran que los puntos de inflección en los perfiles se ajustaron mejor a los índices termosalinos estimados con la transecta zonal oceánica calculados entre Bajo O'Higgins 2 y Juan Fernández 1, dejando en claro que la capa superficial menos salina correspondió a ASAA. Los mayores grados de estratificación se observaron entre los 80 y 140 m de profundidad (> a 7 ciclos hora-¹). En relación con el Crucero 2 se observan valores relativamente altos (entre 4 a 5 ciclos hora-¹) entre 200 a 400 m de profundidad consistente con la estructura de los perfiles verticales de temperatura.

### d) Velocidades geostróficas

El gradiente zonal de densidad mostró corrientes hacia el sur, separadas por un flujo hacia el norte en los primeros 200 m de profundidad. Las corrientes este-oeste mostraron un flujo hacia el este, dividido por un flujo hacia el oeste (Figura 70 y 71).

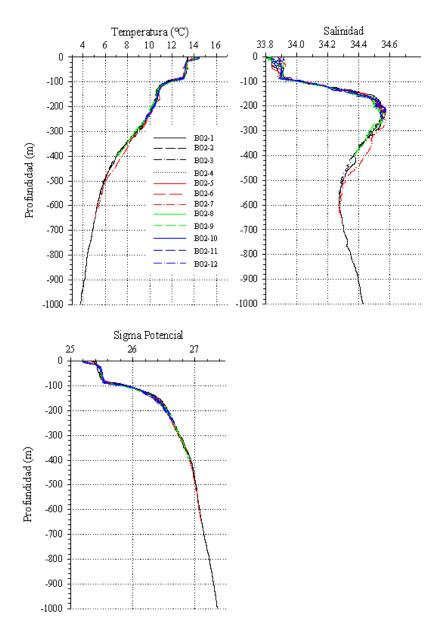


Figura 67:. Perfiles verticales de temperatura, salinidad y sigma-potencial. Bajo O'Higgins 2; 22 de Septiembre de 2005.

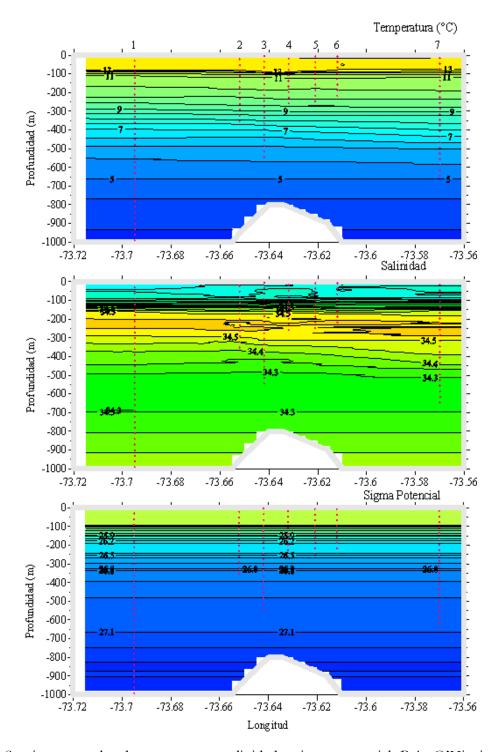


Figura 68. Secciones zonales de temperatura, salinidad y sigma potencial. Bajo O'Higgins 2<sup>14</sup>; 22 de Septiembre de 2005.

<sup>14</sup> Imagen de monte BO2 es sólo referencial, no está a escala.

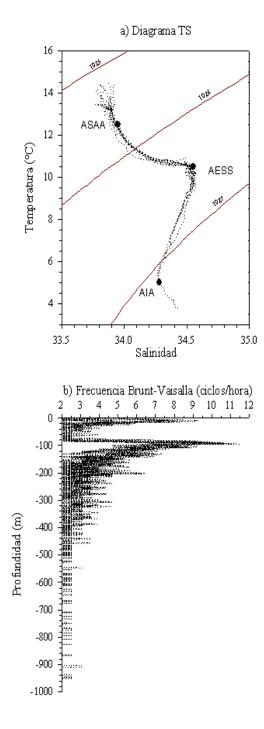


Figura 69. a) Diagramas T-S; b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora<sup>-1</sup>) Bajo O'Higgins 2; 22 de Septiembre de 2005.

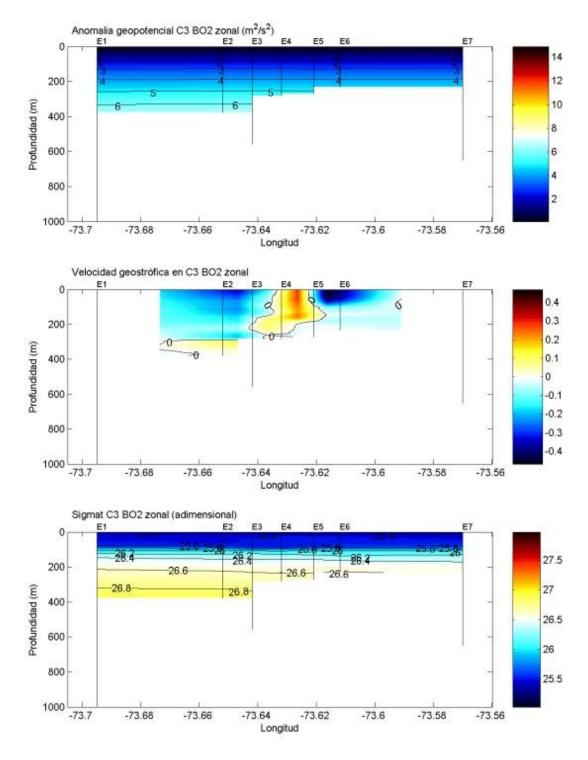


Figura 70. Superior: anomalía geopotencial (m<sup>2</sup>s<sup>-2</sup>); Medio: velocidad geostrófica Norte-Sur (en ms<sup>-1</sup>); Inferior: transecta zonal de Sigma-t. Bajo O'Higgins 2; 22 de Septiembre de 2005.

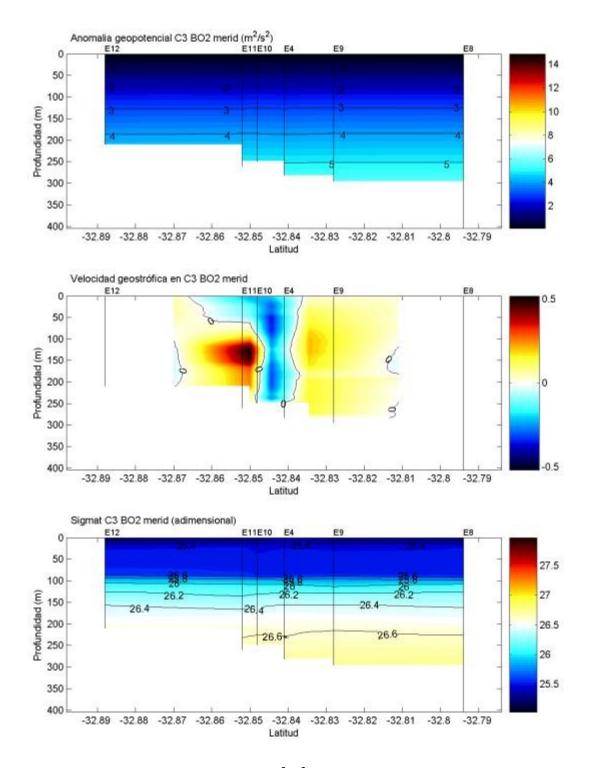


Figura 71. Superior: Anomalía geopotencial  $(m^2/s^2)$ ; Medio: Velocidad geostrófica Este-Oeste (en m/s); Abajo: Transecta meridional de Sigma-t. Bajo O'Higgins 2; 22 de Septiembre de 2005.

#### 5.9.5. <u>Características oceanográficas monte submarino Juan Fernández 4</u>

Este sector se trabajó sólo durante el Crucero 2 , realizando 8 estaciones entre el 31 de Julio y el 8 de Agosto de 2005.

### a) Perfiles verticales

La estructura vertical de temperatura mostró una capa superficial relativamente isotermal en los primeros 120 m de profundidad (Figura 72), con valores de salinidad que fluctuaron entre 34,0 y 34,2. Bajo esta capa superficial se encontraron tres clinas intensas (termoclina, haloclina y oxiclina) en profundidades entre 120 y 300 m generadas por la presencia de las AESS. Los registros más profundos y cercanos al fondo corresponden a AIA con salinidades de 34,3 y temperatura de 5°C.

# b) Diagramas T-S y estratificación

Los diagramas T-S indicaron un predominio de ASAA en la capa superficial, con influencia de aguas más cálidas, probablemente Agua Subtropical (AST). Las AESS mostraron salinidades y temperaturas un poco menores a las determinadas para la Transecta Zonal. El AIA presentó los valores esperados. La estratificación presentó un máximo entre 100 y 200 metros (Figura 73).

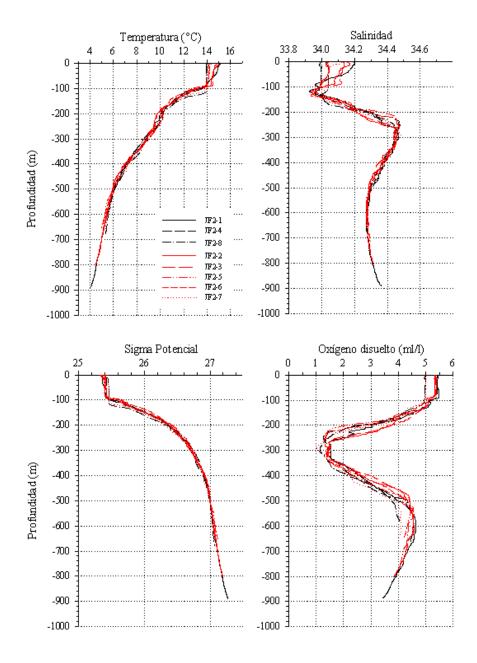


Figura 72. Perfiles verticales de temperatura, salinidad, sigma-potencial y oxígeno disuelto. Monte JF4; 31 de julio al 8 de agosto de 2005.

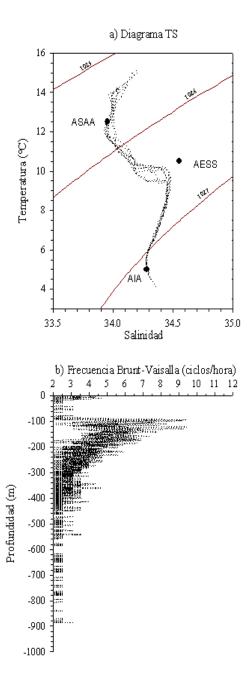


Figura 73. a) Diagramas T-S; b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora<sup>-1</sup>) Monte JF4; 31 de julio al 8 de agosto de 2005.

### 5.9.6. Monte submarino JF3; 7 de Agosto de 2005

# c) Perfiles verticales

La estructura vertical de temperatura mostró una capa superficial isotermal en los primeros 100 a 120 m de profundidad. Esta capa superficial presentó valores de salinidad cercanos a 34,2 y valores de oxígeno disuelto alrededor de 5 ml l<sup>-1</sup>. El mínimo subsuperficial de salinidad se encuentra entre 100 y 200 m. Bajo este se ubicó la

haloclina, generada por la presencia de las AESS. La columna de agua apareció mezclada en los primeros 100-120 m de profundidad, con una picnoclina ubicada entre 120 a 300 m de profundidad. En mayores profundidades muestreadas se detectó AIA.

# d) Diagramas T-S y estratificación

Los diagramas T-S mostraron el predominio de ASAA en la capa superficial con influencia de aguas más cálidas, probablemente Agua Subtropical (AST). Las AESS muestran tendencia a debilitarse a medida que se avanzó hacia el oeste. Los valores de salinidad de esta masa de agua no superan los 34,4 y los valores de oxígeno disuelto bordearon los 2 ml l<sup>-1</sup>. Producto del debilitamiento de las AESS la estratificación también disminuyó en intensidad (no superó los 7 ciclos hora<sup>-1</sup>) ubicándose entre 100 y 200 metros.

#### 5.9.7. Monte submarino JF3; 1 al 7 de Septiembre de 2005)

### a) Perfiles verticales

La estructura vertical de temperatura mostró una capa superficial, aproximadamente isotermal, en los primeros 100 m de profundidad. Esta presentó valores de salinidad cercanos a 34,0 y valores de oxígeno disuelto próximos a 4,8 ml l¹. El mínimo subsuperficial de salinidad se presentó debilitado, entre 100 y 140 m, aproximadamente. Bajo este mínimo subsuperficial se ubicó la haloclina generada por la presencia de las AESS. La columna de agua apareció bien mezclada en los primeros 100 m de profundidad con una picnoclina ubicada entre 100 a 250 m de profundidad. A las mayores profundidades muestreadas se detectó AIA con valores de oxígeno entre 3.5 y 4 ml l¹¹

# b) Diagramas T-S y estratificación

Los diagramas T-S mostraron el predominio de ASAA en la capa superficial con menor influencia de aguas más cálidas. Al igual que para el Crucero 2 en este lugar, las AESS se ubicó en salinidades cercanas a los 34,4 y valores de oxígeno disuelto que disminuyeron a 1 ml l<sup>-1</sup>. La estratificación fue levemente superior al Crucero 2 (cerca de 8 ciclos hora<sup>-1</sup>) ubicándose entre 100 y 150 metros.

#### 5.9.8. Monte submarino JF2; 13 al 19 de Julio de 2005

### a) Perfiles verticales

Durante este crucero se efectuó un total de 15 estaciones indicadas. La estructura vertical de temperatura mostró una capa superficial isotermal de 100 m de profundidad cercana a los 15°C (Figura 74). En los perfiles de salinidad destacó el mínimo subsuperficial entre 100 y 160 m de profundidad con valores entre 33,9 y 34,0. La picnoclina se ubicó entre los 100 y 300 m de profundidad, aproximadamente. En esta estación no se registraron datos de oxígeno disuelto.

# b) Transecta zonal y meridionales

Las AESS mostraron un debilitamiento con un núcleo centrado en los 300 m con salinidades que no superaron los 34,5 y temperaturas entre 9 y 10°C. El mínimo

subsuperficial de salinidad se observó en torno a los 150 m de profundidad. El AIA, con valores de salinidad cercanos a 34,3, se ubicó entre los 500 y 800 m de profundidad que coincidió con los flancos del monte submarino. En torno a este monte submarino se observó una clara depresión de las isopicnas. La sección meridional mostró una distribución de masas de agua similar pero con mayores elevaciones de las isotermas e isopicnas cuando el flujo pasó por sobre el monte submarino (Figura 75).

## c) Diagramas T-S y estratificación

Los diagramas T-S mostraron el debilitamiento de las AESS con valores de salinidad que no superaron los 34,5 y temperaturas menores fluctuantes entre 8 a 10°C. En superficie, existió un predominio de las ASAA pero con influencia de aguas un poco más cálidas (probablemente Aguas Subtropicales, Figura 76). Los mayores grados de estratificación (> a 8 ciclos hora-¹) se observaron entre 100 y 120 m con un segundo máximo centrado entre 160 y 200 m de profundidad. Este segundo máximo estuvo asociado a la presencia de un mínimo subsuperficial de salinidad.

## d) Velocidades geostróficas

Debido a que el método geostrófico requiere de dos estaciones de la misma profundidad, en el eje vertical las figuras pierden resolución cuando una de las estaciones tiene menor profundidad. En este caso el cálculo se efectúa hasta la profundidad donde ambas estaciones tienen datos.

El gradiente zonal de densidad generó corrientes meridionales con dirección hacia el norte en el sector más cercano a Juan Fernández 2 con velocidades entre 10 y 30 cm s<sup>-1</sup>. Por otra parte, el gradiente meridional de densidad generó una corriente intensa hacia el oeste.

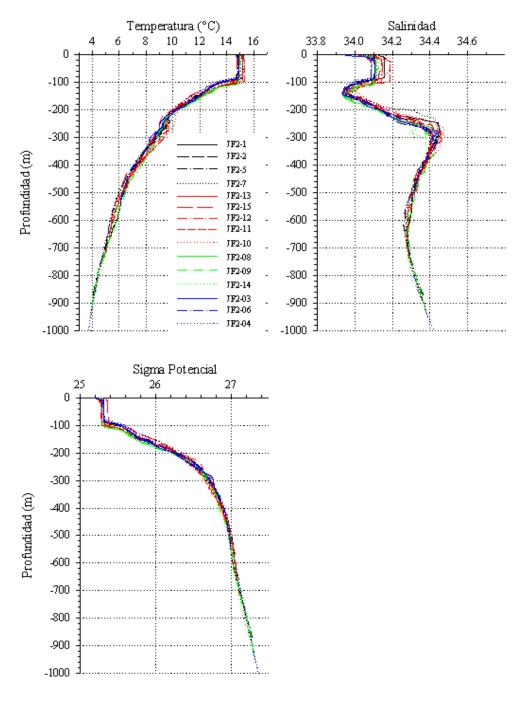


Figura 74. Perfiles verticales de temperatura, salinidad y sigma-potencial. JF2; 13 al 19 de Julio de 2005.

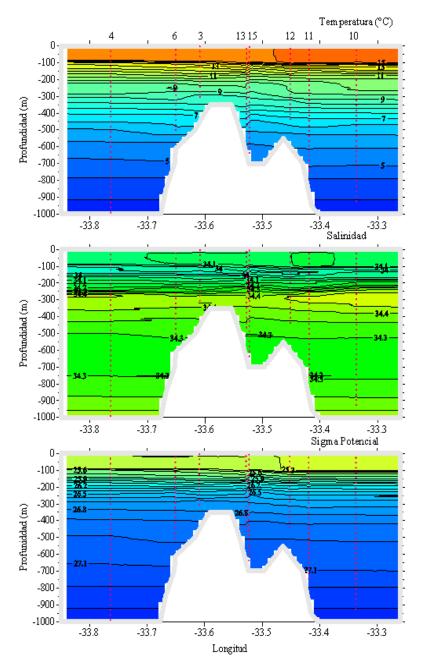


Figura 75. Secciones meridionales de temperatura, salinidad y sigma potencial. Crucero 2. JF2<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Imagen del monte JF2 es referencial, no está a escala

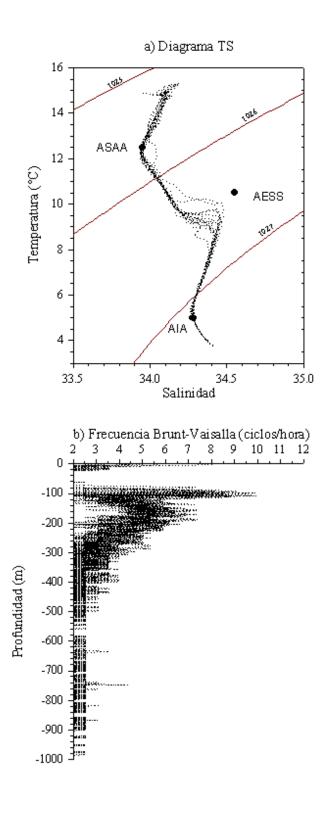


Figura 76. a) Diagramas T-S; b) Estratificación vertical medida como frecuencia Brunt-Vaisala (en ciclos hora-¹) .

#### 5.9.9. Monte submarino JF2; 13 al 14 de Septiembre de 2005

#### a) Perfiles verticales

Durante este crucero se efectuó un total de 12 estaciones. La estructura vertical de temperatura mostró una capa superficial isotermal entre 100 a 120 m de profundidad y temperatura entre 13 a 14°C. La picnoclina se ubicó entre los 100 y 300 m de profundidad, aproximadamente. Los perfiles de salinidad y de oxígeno indicaron la presencia de AESS entre 200 a 300 m de profundidad.

#### b) Transectas

Las AESS mostraron debilitamiento con un núcleo centrado en los 300 m, donde se registró salinidades que no superaron los 34,5, siendo el aporte de AESS superior al del crucero 2. Estas AESS se ubicarían en el sector superior del monte sumergido. El AIA, con valores de salinidad cercanos a 34,3, se ubicó entre los 500 y 800 m de profundidad, cubriendo el sector correspondiente a las laderas del monte. Las isolíneas mostraron una elevación hacia el este lo cual indicó un flujo geostrófico hacia el norte. La sección meridional mostró una distribución de masas de agua similar pero con perturbaciones importantes en el flujo meridional en el costado sur de este monte submarino. El mismo monte parece provocar una discontinuidad horizontal en las AESS.

#### c) Diagramas T-S y estratificación

Los diagramas T-S mostraron perfiles relativamente bien ajustados a los índices termosalinos utilizados. Los mayores grados de estratificación (> a 8 ciclos/hora) se observaron entre 100 y 160 m de profundidad.

#### d) Velocidades geostróficas

Consecuente con isopicnas que se elevaron hacia el Este, en superficie se observó un intenso flujo geostrófico hacia el norte (entre 10 a 20 cm/s). Por otra parte, el gradiente meridional de densidad generó una corriente subsuperficial hacia el Oeste en la parte sur de este monte, y una corriente hacia el Este, en su lado norte.

#### 5.9.10. Monte submarino JF2; 13 de Junio al 5 de Julio de 2005

#### a) Perfiles verticales

La estructura vertical de temperatura mostró una capa superficial isotermal en los primeros 100 m de profundidad, con temperaturas relativamente altas (alrededor de 16°C) y salinidades que fluctuaron en torno a los 34,2 a 34,3. El mínimo subsuperficial de salinidad se encontró entre 100 y 200 m, aproximadamente, bajo este se ubicó la haloclina, generada por la mezcla de ASAA y AESS debilitadas. La parte superior del monte coincidiría con la haloclina. La columna de agua apareció bien mezclada en los primeros 100 m de profundidad.

#### b) Diagramas T-S y estratificación

Los diagramas T-S sugirieron el predominio de ASAA en la capa superficial con influencia de aguas más cálidas, probablemente Agua Subtropical (AST). Las AESS se presentaron más debilitadas, con salinidad inferior a 34,5 y temperatura cercana a los

10°C. La estratificación mostró un máximo cercano a los 100 m y otro en alrededor de 180 m de profundidad.

#### 5.10. Ictioplancton y biomasa zooplanctónica.

#### 5.10.1. Transecta zonal este-oeste (Bajo O'Higgins a Juan Fernández 1).

La transecta mostró mayores abundancias de huevos, larvas de peces y biovolumen de zooplancton en las zonas correspondientes a los montes sumergidos Bajo O'Higgins 2 por el este, y los montes Juan Fernández 1 a 3, por el oeste. No se encontró huevos ni larvas de orange roughy (Tabla 67). Cinco taxa fueron identificados en estado larval: cuatro especies de mictófidos y una especie de Bathylagidae. La especie más frecuente fue el mictófido Diogenichthys atlanticus (presente en cinco estaciones, Tabla 68), mientras que la más abundante fue Hygophum brunni.

Tabla 67. Áreas de muestreo, crucero, número de estaciones con muestras de zooplancton, estaciones con huevos y larvas de peces y estaciones con huevos de orange roughy, colectados durante el periodo de estudio. Promedio y desviación estándar de huevos de orange roughy corresponden sólo a estaciones positivas.

Area muestreo	Crucero	Estaciones	Estaciones	Estaciones con	Abundancia	Estaciones
Titea muestreo	Cruccio	zooplancton	con huevos	huevos	prom. (desv est)	con larvas
		totales			huevos	
		totales	de peces	Orange Roughy		de peces
		<b>&gt;</b> T	<b>3</b> T	<b>&gt;</b> T	Orange Roughy	
		N	N	N	h/1000m³	N
Punta Sierra	1	10	3	0	0	7
Bajo O'Higgins 2	2	10	6	0	0	7
	3	12	11	0	0	11
Juan				<u> </u>	<u> </u>	
Fernández 4	2	7	7	7	185.6 (247.1)	1
Juan Fernández 3	2	1	1	1	32 (-)	1
	3	5	5	1	1218 (-)	3
Juan Fernández 2	3 2	15	15	12	111.9 (195.0)	11
	3	12	11	0	0	4
Juan						
Fernández 1	2	6	6	4	162.6 (239.9)	5
Transecta E-O						
	3	13	11	0	0	11
TOTAL		91	76	25	181.5 (297.1)	61

Tabla 68. Larvas de peces. Número de estaciones positivas en que se presentó cada taxón en estadio larval en el área y periodo de estudio. En paréntesis se indica el número total de estaciones en que se hizo muestreo zooplanctónico en cada zona.

TAXA	P. Sierra	Bajo O'Higgins 2		JF-4	JF-3		JF-2		JF-1	TRANS.	TOTAL
	Crucero 1 (10)	Crucero 2 (10)	Crucero 3 (12)	Crucero 2 (7)	Crucero 2	Crucero 3	Crucero 2	Crucero 3	Crucero 2	Crucero 3	
					(1)	(5)	(15)	(12)	(6)	(13)	(91)
Myctophidae		•			l .	I.	l .			I.	
Hygophum bruuni	6	6	10			1	4	1	2	4	34
Diogenichthys atlanticus							2		2	5	9
Lampanyctodes hectoris							3		1		4
Protomyctophum crockeri			1			1	2	1		2	7
Protomyctophum chilensis			2					1		2	5
Symbolophorum sp						1					1
Diaphus sp.							1				1
Myctophidae indeterminado I									1		1
Myctophidae indeterminado II								1			1
Gonostomatidae				ı							
Cyclotone acclididens								1			1
Bathylagidae					Į.		Į.	<u>!</u>	!	Į	<u> </u>
Bathylagus sp						1				3	4
Scomberosocidae					l		l	l	l		l
Scomberesox saurus	3										3
Sternoptichidae					l		l	l	l		l
Argyropelecus sladeni	1										1
Argyropelecus sp.									1		1
Alocephalidae				I.	I		I	ı	ı		I
Alocephalus sp.	2										2
Microstomatidae				I.	I		I	ı	ı		I
Nansenia (groenlandica?)									1		1
Paralepididae											
Paralepididae I							1				1
Paralepididae II							1	1			2
Type 2	1										1
Type 5				1							1
Type 6			3							1	4
Larvas indeterminadas	2	1	8	1		2	6	2	1	5	28

#### 5.10.2. Monte submarino Punta Sierra

Las abundancias de huevos de peces fue baja, encontrando los mayores valores en las estaciones al norte y sur más alejadas del monte y en una estación ubicada al lado oeste del monte. Las abundancias de larvas también fueron bajas, presentándose los mayores valores en las estaciones alejadas del monte y alrededor del mismo en las estaciones sobre las isobatas entre los 700 y 800 m. Los bio-volúmenes mayores estuvieron ubicados en la estación alejada más al oeste del monte, y sobre el monte mismo (isobatas <800m). Cuatro taxa fueron identificados en estadio larval, correspondientes cada uno de ellos a una familia diferente: Myctophidae, Scomberesocidae, Sternoptichidae y Alocephalidae. El taxa más frecuente y también más abundante fue el mictófido *Hygophum bruuní*, presente en 6 de las 10 estaciones muestreadas. No se encontró huevos ni larvas de orange roughy.

#### 5.10.3. Monte submarino Bajo O'Higgins 2

#### a) 8 de junio de 2005

La distribución de huevos de peces fue similar en las 10 estaciones muestreadas de zooplancton, tanto sobre el monte como en las estaciones alejadas de él. La distribución de larvas, relativamente semejante a la de huevos, sólo difirió en que abundancias levemente menores ocurrieron en el sector oeste alejado del monte. Los bio-volúmenes determinados fueron semejantes en todas las estaciones muestreadas, tanto sobre el monte como alejadas de él. Solo una especie de pez fue identificado sobre el monte en estado larval (*Hygophum bruuni*), estando presente en 6 de las 10 estaciones muestreadas para zooplancton. No se encontró huevos ni larvas de orange roughy.

#### b) 22 de septiembre de 2005

Las abundancias de huevos de peces totales y los bio-volúmenes de zooplancton fueron mayores que en el crucero de junio, pero su distribución similar alrededor del monte sumergido. Las larvas totales, en cambio, fueron más abundantes en las estaciones sobre el monte sumergido. Tres especies de peces de mictófidos ocurrieron en este crucero sobre el monte siendo nuevamente, *Hygophum bruuni*, la especie más abundante y frecuente (presente en 10 de las 12 estaciones de zooplancton). No se registraron huevos ni larvas de orange roughy.

#### 5.10.4. Monte submarino JF4

No se detectó diferencias notables entre estaciones en las abundancias totales de huevos ni en el bio-volumen de zooplancton. Solo se encontraron larvas en una estación, con baja abundancia. Se observaron huevos de orange roughy (Figura 77) en todas la estaciones muestreadas para zooplancton.

#### 5.10.5. Monte submarino JF3.

#### *a)* 7 *de agosto de 2005*

Se observó huevos y larvas de peces . También se encontró huevos de orange roughy, en baja densidad (32 h ·1000m<sup>-3</sup>) .

#### b) 1 al 7 de septiembre de 2005

La estación situada sobre la isobata de 800 m presentó mayores abundancias de huevos totales, de larvas totales y de bio-volumen, siendo también la única que presentó huevos de orange roughy en alta abundancia (>1200 h 1000 m<sup>-3</sup>). Cuatro especies de peces ocurrieron en estadio larval en 3 de las 5 estaciones muestreadas, siendo sus abundancias muy reducidas en todas las estaciones. *Hygophum bruuni* fue nuevamente la especie mas abundante.

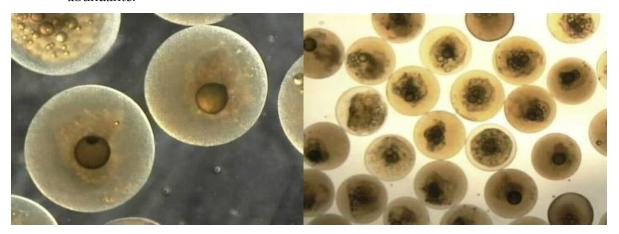


Figura 77. Fotografías de huevos de orange roughy

#### 5.10.6. Monte submarino JF2

#### a) 13 al 19 de julio

Se observó huevos de orange roughy en la mayoría de la estaciones (12 de 15 estaciones; ausentes en las más alejadas del monte en sus sectores sur y este). Siete taxa fueron identificados sobre este monte: 5 mictófidos y 2 paralepididos. El taxa más frecuente y abundante fue *Hygophum bruuni* junto *a Diogenichthys atlanticus*.

#### b) 13 al 14 de septiembre

Se observó mayores abundancias de huevos y larvas de peces, pero no se observó huevos de orange roughy. Seis taxa fueron identificados en estado larval, todos ellos en bajas concentraciones.

#### 1.1.2. Monte submarino JF1

Este monte submarino, visitado durante el segundo crucero, fue muestreado principalmente en su flanco este. Huevos y larvas de peces estuvieron presentes en todas las estaciones, incluyendo huevos de orange roughy en 3 de las 6 estaciones. Seis taxa de estadíos larvales fueron separados, siendo el más abundante el mictófido *Lampanyctodes hectoris*.

#### 5.11. Batimetría

La batimetría de los montes estudiados permite identificar dos patrones topográficos: sistemas más complejos con presencia de cimas principales y secundarias discretas, donde se puede incluir los montes JF1 (Figura 78), JF2 (Figura 79) y JF4 (Figura 81), todos pertenecientes al archipiélago de Juan Fernández; y sistemas más simples con colinas o mesetas únicas, que incluye los montes JF3 (Figura 80), BO1 (Figura 82), BO2 (Figura 83) y PSI (Figura 84).

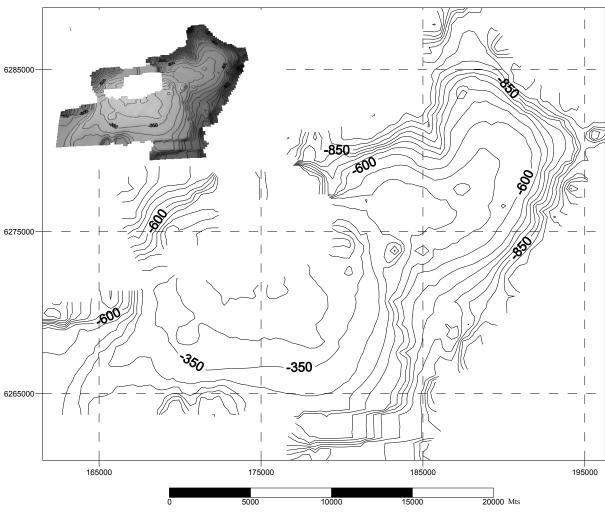


Figura 78. Mapa batimétrico del monte JF1, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte JF1.La zona blanqueda no fue cubierta en el presente proyecto.

Proyección UTM Datum WGS84 Huso 18s

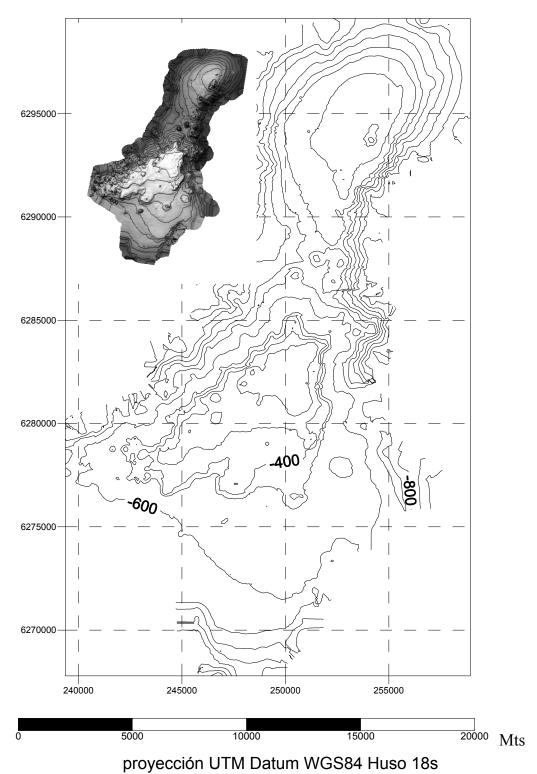
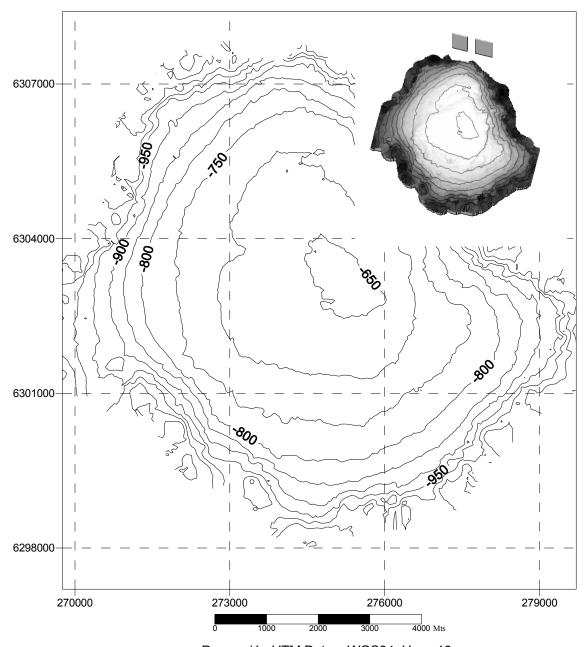


Figura 79. Mapa batimétrico del monte JF2, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte JF2.



Proyección UTM Datum WGS84 Huso 18s

Figura 80. Mapa batimétrico del monte JF3, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte JF3.

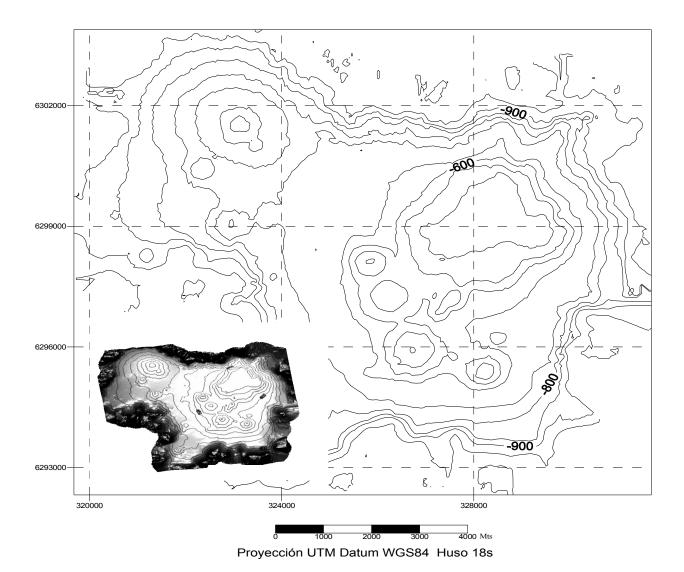


Figura 81. Mapa batimétrico del monte JF4, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto inferior muestra la imagen tridimensional del monte JF4.

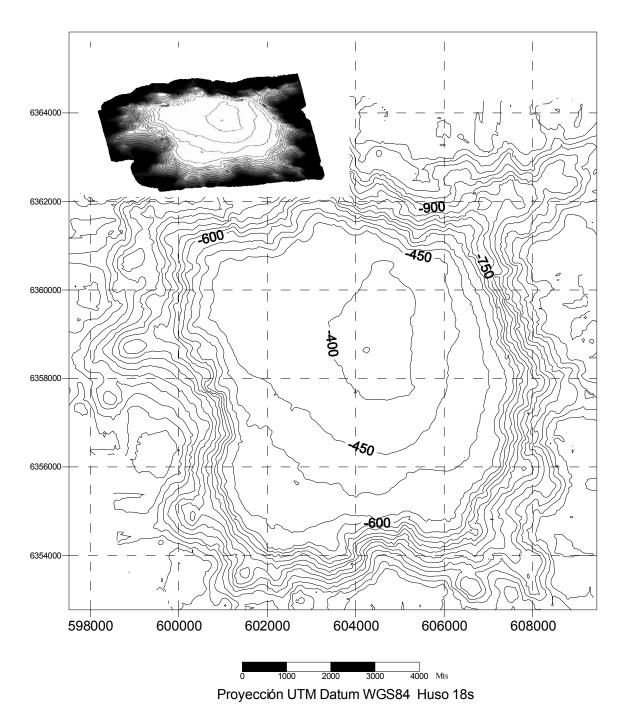


Figura 82. Mapa batimétrico del monte BO1, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte BO1.

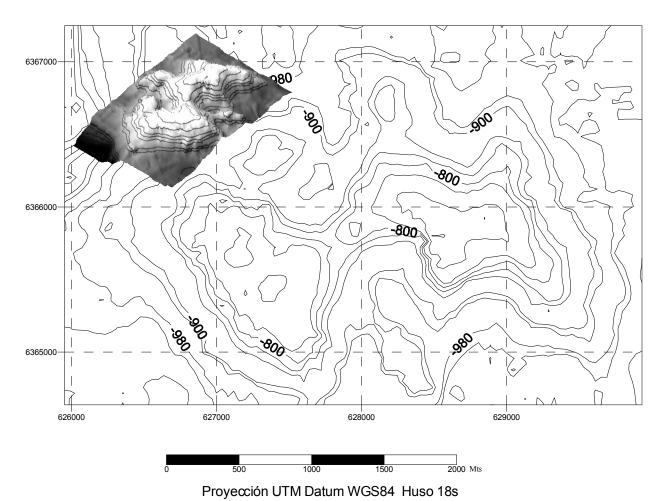
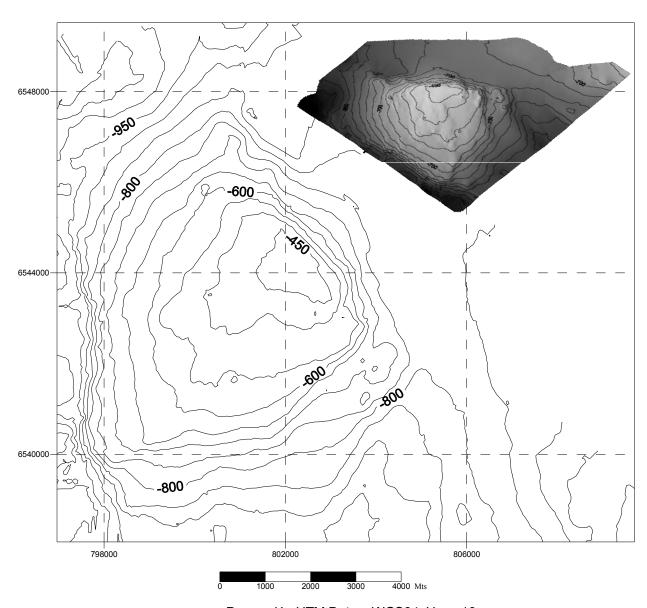


Figura 83. Mapa batimétrico del monte BO2, isolíneas de profundidad corresponden a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). Inserto superior muestra la imagen tridimensional del monte BO2.



#### Proyección UTM Datum WGS84 Huso 18s

Figura 84. Mapa batimétrico del monte BO1, las isolíneas de profundidad corresponde a 50 m. (la escala a sido modificada para efectos de presentación). La figura superior muestra la imagen tridimensional del monte BO1.

#### 6. CONCLUSIONES

La abundancia y biomasa estimada de orange roughy corresponderían a "la fracción desovante del stock adulto presente en los montes JF1-JF4 de Juan Fernández y BO1-BO2 de Bajo O'Higgins durante la época invernal de 2005".

- El coeficiente de dispersión promedio de la fracción del stock de orange roughy presente en el área y período de estudio fue estimado en 70 m²·km² ± 8,7 (EE) y 45 m²·km² ± 18 (EE), para las zonas de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, respectivamente.
- El área total de distribución efectiva de orange roughy  $\hat{\alpha}$  fue estimada en 16 km² ± 1,3 (EE) y 7 km² ± 2,2 (EE), para las zonas de Juan Fernández y Bajo O'Higgins, respectivamente
- La abundancia y biomasa de la fracción del stock de orange roughy presente en el área y período de estudio fueron estimadas en 10,16 · 10<sup>6</sup> individuos ± 1,0 (CV) y 19.727 ton ± 0,11 (CV), utilizando la relación TS-longitud estándar generada como parte del presente estudio.
- El coeficiente de dispersión promedio de la fracción del stock de alfonsino presente en el área y período de estudio fue estimado en 800 m<sup>2</sup> · km<sup>-2</sup> ± 210 (EE).
- El área total de distribución efectiva de alfonsino  $\hat{\alpha}$  fue estimada en 50,4 km<sup>2</sup> ± 6,0 (EE).
- La abundancia y biomasa de la fracción del stock de alfonsino presente en el área y período de estudio fueron estimadas en 23 · 10<sup>6</sup> individuos ± 0,12 (CV) y 20.000 toneladas ± 0,14 (CV).
- Se sugiere considerar los valores anteriores como estimados relativos de abundancia y biomasa relativos, dada la incerteza que aun existe sobre la fracción del stock representada en la evaluación y, secundariamente, sobre las relaciones de fuerza de blanco en ambas especies.
- Las mediciones de fuerza de blanco (TS) realizadas in situ permitieron estimar valores promedio de -49,6 dB ± 0,56 (EE) en agregaciones de orange roughy y de -40,5 dB ± 0,86 (EE) en alfonsino, pero no permitieron establecer la pendiente de la relación TS-longitud.
- Nuevos estudios in situ deben ser efectuados, utilizando dos o más frecuencias, orientados a
  corroborar los presentes resultados, ampliar el rango de tallas muestreales, evaluar la
  variabilidad entre agregaciones, y considerar otros factores biológicos que inciden sobre la
  TS.
- La modelación *ex situ* fue exitosa en orange roughy, donde fue posible obtener una curva TS-longitud consistente con los resultados *in situ* y con otros estudios. La deformación de la vejiga gaseosa de alfonsino como resultado de la captura impidió obtener resultados satisfactorios para esta especie.
- La relación TS-longitud estándar (LE, en cm) propuesta para orange roughy, a partir de la integración de resultados in situ (intercepto) y ex situ (pendiente), fue definida por la ecuación:

$$TS=18.5 \cdot log(LE) - 79.4$$

• La relación TS-longitud estándar (LE, en cm) propuesta para alfonsino a partir de los resultados *in situ*, fue definida por la ecuación:

$$TS=20,0 \cdot log(LE) - 67,7$$

- La dieta de orange roughy capturado en las áreas de pesca del archipiélago de Juan Fernández estuvo compuesta principalmente por peces teleósteos, seguido en importancia por cefalópodos y crustáceos Destacan los peces stomiformes Gonostoma sp., Chauliodus vasnetzovi y Astronesthes sp.; los cefalópodos Mastigoteuthis aggasizzi, Gonatus antarcticus y Eucleoteuthis luminosa; y el crustáceo decápodo Oplophorus novaezeelandiae.
- La dieta de alfonsino capturado en las áreas de pesca del archipiélago de Juan Fernández estuvo compuesta principalmente por peces teleósteos, seguido en importancia por crustáceos y cefalópodos. Destacan el mictófido Diogenichthys laternatus, y los crustáceos decápodos Oplophorus novaezeelandiae y Benthoegennema burkenroadi, y el crustáceo Euphausiacea.
- La mayor presencia de un Monogenea Diclidophoridae en JF2 a JF4 sugiere un mayor aislamiento o densidad del roughy en esa zona de pesca, en relación a Bajo O'Higgins,
- En el caso de alfonsino, las diferencias parasitarias encontradas se deben considerar de corta duración e indicarían variaciones en la dieta del alfonsino en ambas zonas de pesca.
- En el área y periodo de estudio se encontró una termoclina ubicada entre los 100 y 180m. La salinidad mostró valores sobre 34,5 entre los 150 y 380 m, que pueden asociarse a AESS.
- La picnoclina se ubicó aproximadamente entre los 80 y los 300 m de profundidad. La capa de mezcla fluctuó entre los 80 y 160 m. El oxígeno mostró una fuerte oxiclina entre los 80 y 200 m, a excepción de las estaciones más oceánicas.
- El límite inferior de las AESS bordea la cúspide de los montes submarinos JF1, JF2 y JF4. Bajo las AESS se ubica el AIA (Agua Intermedia Antártica), hábitat preferente del orange roughy, con temperaturas de 5°C y salinidad de 34,3.
- Los resultados de la evaluación hidroacústica y del análisis de plancton coinciden en la
  ausencia de reproductores, huevos y larvas de orange roughy en Bajo O'Higgins y Punta
  Sierra, durante las fechas de muestreo. Esto sugiere un fuerte desfase temporal respecto a
  Juan Fernández o, eventualmente, la ausencia de actividad reproductiva en estas áreas.

#### 7. REFERENCIAS

- Arana, P. M. & R. Vega. 2000. Longline exploratory fishing survey in deep waters around Robinson Crusoe Island (Juan Fernández Archipelago), Chile. Investig. Mar. 28: 219-230.
- Branch, T. 2001. A review of orange roughy *Hoplostehus atlanticus* fisheries, estimation methods, biology and stock structure. S. Afr. J. mar. Sci. 23: 181-204.
- Barr, R. 2001. A design study of an acoustic system suitable for differentiation between orange roughy and other New Zealand deep-water species. J. Acoust. Soc. Am. 109: 164-178.
- Blackman, S.S. 1986. Multiple-target tracking with radar applications. Dedham, MA, Artech House, Inc., 1986, 463 p.
- Bloom, S.A. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5: 125-128.
- Botsford, L.W., J.C. Castilla & C.H. Peterson. 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. Science 277: 509-515.

- Boyer, D.C. & I. Hampton. 2001. Development of acoustic methods for assessment of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) biomass off Namibia, with special reference to biases inherent in deep-water acoustic surveys. S. Afr. J. mar. Sci. 23: 223-240.
- 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 Valparaiso). Universidad Austral de Chile/Fisheries Resource Surveys, Cape Town, South Africa. CT 03-12. 95 p.
- Bray, J. & J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecol Monogr. 27: 325-349.
- Chu, D., P.H. Wiebe, N.J. Copley, G.L. Lawson & V. Puvanendran. 2003. Material properties of North Atlantic cod eggs and early-stage larvae and their influence on acoustic scattering. ICES J. Mar. Sci. 60: 508-515.
- Clarke, K.R. & R.H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a biological effects study. Mar Ecol. Prog. Ser 92: 205-219.
- Clay, C.S. & J.H. Horne. 1994. Acoustics models of fish: Atlantic cod (*Gadus morua*). J. Acoust. Soc. Am. 96: 1661-1668.
- Clifford, H. T. & W. Stephenson. 1975. An Introduction to Numerical Classification. San Francisco (CA), Academic Press.
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 726-738.
- Cressie, N.A.C. 1991. Statistics for Spatial Data. John Wiley and Sons, Inc., New York. 900 p.
- Didrikas, T. & S. Hansson. 2004. In situ target strength of the Baltic Sea herring and sprat. ICES. J. mar. Sci. 61:378-382.
- Doonan, I. & B. Bull. 2001. Absolute biomass for 1999, NE and East Chatham Rise. Notes to the Deepwater working group, 9 March 2001.
- 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.
- Essington, T.E., J.F. Kitchell, C. Boggs, D.E. Schindler, R.J. Olson & R. Hillborn. 2002. Alternative fisheries and the predation rate of yellowfin tuna in the eastern Pacific. Ocean. Ecol. Appl 12: 724-734.
- 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.
- Froese, R. & D. Pauly (eds.). 2003. FishBase. World Wide Web electronic publication. <a href="http://www.fishbase.org">http://www.fishbase.org</a>. Consultada el 20 de mayo de 2007.
- 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. Marine Fisheries Surveys Pty Limited, Nelson, NZ. 63 p.
- Horne, J. K. & M. Jech. 1999. Multi-frequency estimates of fish abundance: constraints of rather high frequencies. ICES J. Mar. Sci. 56:184-199
- Horne, J.K. & M. Jech. 2005. Models, measures and visualizations of fish backscatter. Chapter 13. *In*: Sounds in the Sea. From Ocean Acoustic to Acoustical Oceanography. H. Medwin (Ed.), Cambridge University Press., U.K. 374-397
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. J. Fish. Biol. 17: 411-429
- Ida K., Mukai, T., Kang, D. & Masanori Sato. 2004. Morphological observation of marine organisms by underwater ultrasonography. OCEANS MTS/IEEE TECHNO-OCEAN 1: 357-363.
- Jech, J. M. & J. K. Horne. 2002. Three-dimensional visualization of fish morphometry and acoustic backscatter. Acoustic Research Letters Online 3: 35-40.
- 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.
- Krebs, C.J. 1989. Ecological Methodology. Harper and Row, Publishers, New York. 654 p.
- Kloser, R., Williams, A. & J.A. Koslow. 1997. Problems with acoustic target strength measurements of a deepwater fish, orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*, Collet). ICES J. Mar. Sci. 54: 60-71.
- Kloser, R.J. & J.K. Horne. 2003. Characterizing uncertainty in target-strength measurements of a deep water fish: orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). ICES J. Mar. Sci. 60: 516-523.
- Labbé, F.J. & P.M. Arana. 2001. Alimentación de orange roughy, *Hoplostethus atlanticus* (Pisces: Trachichthydae), en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 36: 75-82.
- Lehodey, P., R. Grandperrin & P. Marchal. 1997. Reproductive biology and ecology of a deep-demersal fish, alfonsino *Beryx splendens*, over the seamounts off New Caledonia. Mar. Biol. 128: 17-27.
- Lillo, S., R. Bahamonde, B. Leiva, M. Rojas, M.A. Barbieri, M. Donoso & R. Gili. 1999. Prospección del recurso orange roughy (Hoplostetus spp.) y su fauna acompañante entre la I y la X Región. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaiso. 141 p.
- 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.
- MacCullagh, P. 1980. Regression models for ordinal data (with discussion). J. of the Royal Statistical Society, series B. 42: 109-142.
- Mackenzie, K.V. 1981. Nine-term equation for sound speed in the oceans. J. Acoust. Soc. Am. 70: 807-812.
- McClatchie, S. & Z. Ye. 2000. Target strength of an oily deep-water fish, orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) II. Modeling. J. Acoust. Soc. Am. 107: 1280-1285.
- McClatchie, S., Macaulay, G., Coombs, R., Grimes, P. & A. Hart. 1999. Target strength of an oily

- deep-water fish, orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) I. Experiments. J. Acoust. Soc. Am. 106(1): 131-142.
- McCullagh, P. 1980. Regression models for ordinal data (with discussion). J. of the Royal Statistical Society, seriesB. 42: 109-142.
- Markaida, U. & O. Sosa-Nishizaki. 1998. Food and feeding habits of the swordfish *Xiphias gladius* L., off western Baja California. *In:* B.e.a. (eds.) (ed.) Biology and fisheries of swordfish, *Xiphias gladius*.
- Niklitschek, E., D. Boyer, R. Merino, I. Hampton, M. Soule, J. Nelson, J. Cornejo, A. Lafon, C. Oyarzún, R. Roa & T. Melo. 2005. Estimación de la biomasa reproductiva de orange roughy en sus principales zonas de concentración, 2004. Universidad Austral de Chile, Valparaíso. FIP 2004-13. 159 p.
- 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.
- Olson, R.j. & F. Galván-Magaña. 2002. Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. Fish. Bull. 100: 279-298.
- Ona, E. 2003. An expanded target strength relationship for herring. ICES J. mar. Sci. 60:493-499.
- Pianka, E.R. 1973. The structure of lizards communities. Annual Review of Ecology and Systematics 4: 53-74.
- Pleger, C. 1998. Buoyancy in marine fishes: direct and indirect role of lipids. Amer. Zool. 38: 321-330.
- Pond, S. & G.L. Pickard. 1983. Introductory Dynamic Oceanography. Pergamon Press Inc., New York. 329 p.
- Reid, P.C., E.J. Battle, S.D. Batten & K.M. Brander. 2000. Impacts of fisheries on plankton community structure. ICES J. Mar. Sci. 57: 495-502.
- Sargent, J.R., Gatten, R.E. & N.R. Merret. 1983. Lipids of *Hoplostethus atlanticus* and *H. mediterraneus* (Beryciformes: Trachichthydae) form deep water to the west of Britain. Mar. Biol. 74: 281-286.
- 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.
- Secor, D.H. 1999. Specifying divergent migrations in the concept of stock: the contingent hypothesis. Fisheries Research 43: 13-34.
- Simmonds, J. & D.N. MacLennan. 2005. Fisheries Acoustics. Theory and Practice, Oxford. 437 p.
- Stanton, T.K. 1982. Effects of transducer motion on echo-integration techniques. J. Acoust. Soc. Am. 72: 947-949.
- Whittle, P. 1954. On stationary processes in the plane. Biometrika 41: 434-449.
- Young, Z., F. Balbontín, J. Rivera, M. Ortego, R. Tascheri, M. Rojas & S. Lillo. 2000. Estudio biológico pesquero del recurso orange roughy. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaiso. IT FIP/ 99-05. 73 p.

Young, Z., E. Díaz, R. Bahamonde, R. Tascheri, Y. Muñoz, A. Olivares, M.I. Ortego, J. Rivera & J. Oliva. 2004. Monitoreo y prospección orange roughy, año 2001. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso (Chile). Informe FIP 2001-04. 127 p.

# ANEXO I

REVISION CRITICA *ex post* DE METODOS EMPLEADOS Y PROPUESTA METODOLOGICA, (FISHERIES RESOURCE SURVEYS)



# IN-SITUTARGET STRENGTH EXPERIMENTS CONDUCTED ON ALFONSINO AND ORANGE ROUGHY ON THE JUAN FERNANDEZ ARCHIPELAGO, CHILE, AUGUST/SEPTEMBER 2006

F. V. BONN

## **REPORT BY**

M. A. SOULE, I. HAMPTON and J.C. NELSON

#### **Executive summary**

This report details the methods, analysis and results of *in situ* target strength experiments conducted by the Centro Trapanada, Universidad Austral de Chile (UADC), on orange roughy and alfonsino on the Juan Fernandez Archipelago, off the coast of Chile. The work was carried out from a commercial vessel (*F.V. Bonn*) between 22 August and 04 September 2006, using a drifting 38- kHz Simrad ESDD split-beam transducer, fired from the surface by an EK60 echosounder through 660 m of cable whose effect on the system sensitivity and beam pattern was established in tank calibrations in Simonstown, South Africa, prior to the experiment. The field data (including at-sea calibration data) were collected by UADC, while the equipment preparation, tank calibrations and the analyses reported in this document, were carried out by Fisheries Resource Surveys cc. (FRS), Cape Town, South Africa.

In all, 51 target strength experiments were conducted on two roughy and four alfonsino aggregations, accompanied by 26 target-identification trawls. 21 of these experiments were rejected because of a system fault and a further 21 due the absence of unambiguous roughy or alfonsino aggregations, leaving four roughy experiments and five alfonsino experiments for analysis.

The roughy mean was -47.79 dB with a standard error (calculated from the individual means of the four experiments) of 0.94 dB. The mean roughy length in the experiment was estimated as 41.49 cm from the three applicable identification trawls which were conducted in the vicinity of the aggregation. The target strength value agrees with that calculated from one of the 38-kHz roughy target strength/length relationships currently used in New Zealand, (Doonan and Bull, 2001) although there are reasons why close agreement with this expression, or the other expression currently in use in New Zealand (derived from work by Kloser and Horn, 2003), should not necessarily be expected. We point out that although the current result appears credible and has been obtained through strict screening of the data, it cannot be regarded as conclusive since the possibility that the targets were not predominantly roughy cannot be excluded on available evidence.

The estimated mean target strength of alfonsino from the five experiments was –38.1 dB with a standard error of 0.4 dB. We have greater confidence in this value than in the roughy value because of the larger number of targets and greater certainty regarding target identity. The estimate is however somewhat devalued by greater uncertainty regarding the size of the fish

because of doubts over the applicability of the single identification trawl used to estimate the mean length.

Considering that this experiment was the first of its kind on orange roughy in Chilean waters, and probably the first attempt anywhere to estimate alfonsino target strength *in situ*, it can be concluded from the fact that a complete methodology was developed and credible target strength estimates obtained for both species, that the experiment was particularly successful. We recommend further work along these lines with the present equipment, or extensions of it, to obtain more defensible target strength estimates for use in estimating absolute biomass of these species from acoustic surveys. A number of recommendations for improving the methodology, including the use of net-mounted acoustic and photographic equipment, are made.

# **CONTENTS**

Executiv	e Sum	mary	1			
1.	Intro	Introduction				
2.	Meth	hods	4			
	2.1	Equipment	5			
	2.2	Calibration	6			
	2.3	Experiments conducted	7			
	2.4	Experimental procedure	8			
	2.5	Data collection	10			
	2.6	Data analysis	10			
3.	Resu	ults	14			
	3.1	Calibration	14			
	3.2	Roughy target strength estimates	17			
	3.3	Alfonsino target strength estimates	22			
4.	Disc	cussion	27			
	4.1	Orange Roughy	27			
	4.2	Alfonsino	29			
5.	Cond	clusions	31			
	5.1	General	31			
	5.2	Specific conclusions	31			
6.	Reco	ommendations	33			
7.	Refe	erences	35			
Appendio	ces		36			
В. С.	. Time	k calibrations eline of experiments and trawls wl and catch record gth distributions	36 57 59 60			

# IN-SITUTARGET STRENGTH EXPERIMENTS CONDUCTED ON ALFONSINO AND ORANGE ROUGHY ON THE JUAN FERNANDEZ ARCHIPELAGO, CHILE, AUGUST/SEPTEMBER 2006

#### F.V. BONN

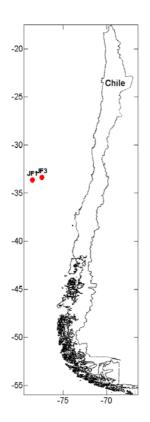
#### 1.0 Introduction

This report details the methods, analysis and results of a series of deep-water *in-situ* target strength experiments conducted on orange roughy (*Hoplostetus atlanticus*) and alfonsino (*Beryx splendens*) on the Juan Fernandez Archipelago by the Centro Trapananda, Universidad Austral de Chile (UADC) between 22 August and 04 September 2006. The investigation formed part of project FIP2005-13.

The field experiments were conducted by personnel from UADC, using a deep-water target strength system designed and tank-tested by Fisheries Resource Surveys cc (FRS) in May 2006 under contract to UADC. In addition to the development and tank-calibration of the system, FRS was tasked with processing, analyzing and interpreting the data recorded during the experiments and, where possible, with producing target strength estimates for the targeted species.

#### 2.0 Methods

The experiments were conducted from F.V. Bonn, (a commercial wet-fish trawler operating out of Talcahuano). The areas targeted were the sea mounts JF1 and JF3 in the Juan Fernandez Archipelago (Fig. 1 overleaf).

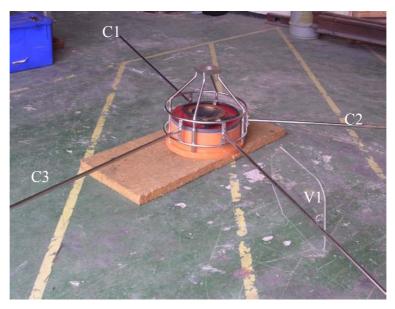


**Fig. 1:** The location of the seamounts JF1 and JF3 off the coast of Chile where target strength experiments on orange roughy and alfonsino were conducted.

#### 2.1 Equipment

In addition to the EK60 echo-sounder required to fire the transducer, the system consisted primarily of the three components shown in Fig. 2, viz:

- A Simrad ES38DD 38 kHz split-beam transducer (depth compensated to 1500 m) with a nominal (circular) beam width of 7.1°.
- A protective stainless steel cage, which housed the transducer during deployment. The cage assembly included a perspex current vane, which was attached to prevent rotation of the transducer at depth, and three 1.5 m-long rods for calibrating the system at the surface (Fig. 2).
- A 660 m length of transducer cable containing a molded kevlar braid with an overall load limit of 1500 kg. The cable was terminated with a custom-designed waterproof strain relief fitting and a Burton underwater connector, matched to the ES38DD transducer plug. The strain relief termination attached directly to the transducer cage during deployment (Fig. 3).



**Fig. 2:** The transducer and cage with the calibration rods (C1, C2 and C3) and stability vane (V1) attached.



Fig. 3: The custom-designed waterproof strain relief cable termination (a) before and (b) after being fitted to the transducer assembly



Further details of the system are contained in the Annexures to Appendix A.

## 2.2 <u>Calibration</u>

A comprehensive tank calibration was performed on the system at the Institute for Maritime Technology (IMT), Simonstown, South Africa, in May 2006, prior to delivery. Details are given in

Appendix A. Additional near-surface calibrations of the system were carried out in Chile during the initial field deployment of the system in June, and again on completion of the target strength work on 04 September.

Both the field and the tank calibrations were carried out in accordance with the general procedures outlined in Foote *et. al.* (1987). In the near-surface field calibrations, the sphere was manipulated by means of the calibration rods shown in Fig. 2, through which the nylon suspension lines were passed. After attachment of the sphere, the transducer assembly was lowered to a depth of approximately 6 m to minimize interference from sidelobes reflecting off the hull. Once the system had stabilized, the range of the sphere was adjusted until it was at the range selected for calibration (16m and 6m for the June and September calibrations respectively). The calculated sound speed was entered into the environmental menu in the EK60 sounder. The beam was plotted by systematically moving the sphere across the beam to cover the four splitbeam quadrants using an electronically-controlled motorised reel system.

In addition to the above calibrations, a 60 mm copper sphere was suspended below the transducer during a number of the target strength experiments (see Appendix B) for continuous monitoring of the on-axis sensitivity of the system at the operating depth during the course of the target strength measurements. Unfortunately, the sphere was lost during Experiment OR08 on 26 August, so there was no sphere reference between this date and 01 September (Experiment ALF50) when a replacement sphere was obtained and attached.

Targets were identified by aimed trawling with an Alberto 144 bottom trawl (Net opening 8.9 m) fitted with a fine-mesh liner in the cod-end. Details of the net are given in Niklitschek *et al.*, 2006.

#### 2.3 Experiments conducted

The target strength experiments were conducted between 23 August and 01 September. In all, 51 experiments were conducted: 29 on two roughy aggregations, and 22 on four alfonsino aggregations, located on JF3 and JF1 respectively. In total, 26 identification trawls were carried out in support of the experiments. A detailed time-line for the experiments and trawls is given in in Appendix B, and details of the trawls in Appendix C.

Data files OR23 to OR33 and ALF45 to ALF57, were discarded since it was clear from the distorted nature of the initial target strength distributions that the transducer was not operating correctly during these experiments. (This was not evident at the time since the calibration sphere

had been lost, but was noted as soon as the replacement calibration sphere was attached on 01 September, towards the end of the survey). The problem was traced to a faulty connection, which was confirmed by correlating the fault to times when the transducer was re-connected for deployment. Because of this problem, the processing was restricted to files OR01 to OR22 and ALF34 to ALF44.

#### 2.4 Experimental procedure

Once the targets had been located and identified, the transducer assembly was lowered from the stern to approximately 100 m above the aggregation under investigation. This limit was strictly observed, (particularly when working on orange roughy), to limit any form of response to the transducer assembly, which would most probably have introduced bias into the TS estimates. For roughy, which were found in deeper water than the alfonsino, 580 m of cable was played out below the surface, while for alfonsino, the length was reduced to between 200 and 275 m. In all experiments, the directional vane shown in Fig. 2 was attached to prevent rotation of the transducer during deployment.

The deployments were carried out with the vessel drifting over the aggregation, and took approximately 45 minutes to complete on average (Appendix B). In cases where the vessel had to change position (eg. if sequential data sets were to be collected, or the vessel had drifted off the aggregation), the transducer was kept at depth while the vessel steamed slowly to the new position. A typical echo-recording and track chart from such a sequence is shown in Fig. 4.

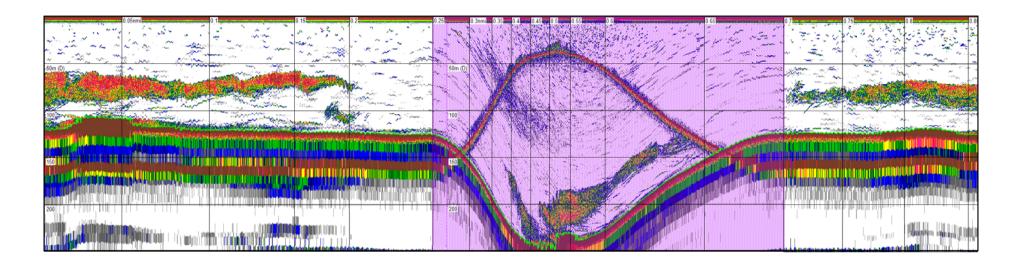
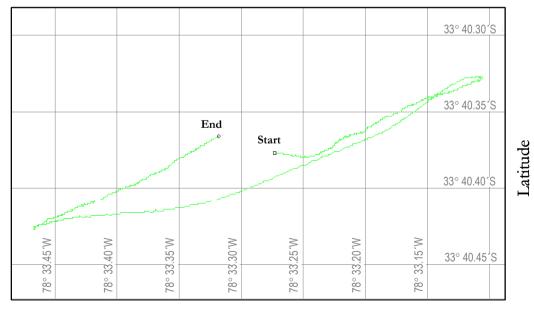


Fig. 4: Echogram and track chart recorded while drifting over an aggregation of alfonsino (Experiment ALF42) on JF1 on 31 August. Note the strong sidelobe echo and the apparent "tilt" in the single target echo traces in the highlighted panel as the vessel was re-positioned with the transducer suspended on 250 m of cable. Echogram distance and range intervals are 0.05 nmile and 50 m respectively. Sv colour threshold is –75 dB.



Longitude

#### 2.5 <u>Data Collection</u>

The transceiver settings and parameters used in the collection of the target strength data are shown in Table 1. Note that two sets of parameters were used for the *sample interval*, *sound speed* and *absorption* during the survey. The first was applied during experiments OR1 to OR5 and the second (shown in parentheses) during the remainder of the experiments. The gain and beamwidth parameters were obtained from the field calibration in June. These values were changed during post-processing to those shown in bold italics to optimize the beam compensation algorithm, as explained later.

EK60 Transceiver Parameter	Setting
Gain (dB)	19.40
Sa Correction factor (dB)	-0.45
2-Way beam angle (dB)	-20.6
Pulse duration (ms)	1.024
Bandwidth (Hz)	2425
Angle sensitivity	21.9
Sample interval (m)	0.1912 (0.1887)
Sound speed (ms <sup>-1</sup> )	1494 (1474)
Absorption (dB km <sup>-1</sup> )	9.79 (10.23)
Alongships 3dB beamwidth (deg)	6.60 / <b>7.54</b>
Alongships offset (deg)	0.03
Athwartships 3dB beamwidth (deg)	6.67 / <b>7.60</b>
Athwartships offset (deg)	0.03

**Table 1:** Transceiver settings and parameters used in the collection of the target strength data. The beamwidth values in bold italics were those used in the processing of the data.

#### 2.6 <u>Data analysis</u>

From files where the transducer was correctly connected, targets were extracted for regions where:

1. There was conclusive evidence of aggregated fish. Note that in all but four of the useable roughy files there were either no such aggregations, or where there were aggregations, there was interference from multi-path echoes from the surface and/or bottom which made the data unusable for target strength estimation. There were more useable files

from the alfonsino experiments, where there were more and better-defined aggregations further off the bottom and little interference from multi-path echoes.

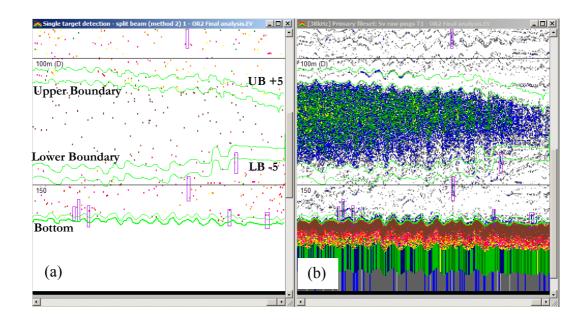
- 2. The transducer assembly was level. This was ascertained by checking for asymmetry in the shape of echoes from single target echoes and the presence of side-lobe echoes from the bottom, which become more evident when the transducer is tilted. An example of the echo trace from a tilted transducer, where the data were rejected by being classified as "bad data" in Echoview can be seen in the highlighted panel in Fig. 4.
- 3. The targets were close to the aggregation (within 5 m for roughy and 2 m for alfonsino), and more than 2m from the bottom. The aggregations were generally demarcated automatically through the Echoview "SHAPES" module and excluded by declaring the data as "bad", but this was not possible for the first six roughy experiments (OR1 to OR6) due to a lack of navigation data, without which SHAPES will not function. The aggregation boundaries for these experiments (OR1 and OR2) were therefore manually defined, based on an S<sub>v</sub> threshold of –70 dB.

Throughout, noise spikes were manually removed to ensure that they were excluded from the analysis.

To gain more understanding of the nature of the targets in the vicinity of the aggregations, echograms were subdivided into cells (typically 10 m in depth and 20 pings in length) at various distances from the aggregation, from which targets of sufficiently low-density were extracted for target strength analysis. This was done in the hope of finding differences in the target strength distributions between the cells, which would be helpful in characterizing the various types of scatterer present (eg. roughy, alfonsino, other demersal fish, myctophids etc.), and in distinguishing between them.

Fig. 5 shows an example of the regions from which data were extracted from an experiment (OR2) where there was a clearly identifiable roughy aggregation close to the bottom. Note the depth channels immediately above and below the (manually) demarcated aggregation (UB + 5m and LB - 5m respectively), from which targets were extracted, the 2 m wide bottom-referenced zone, and the removal of the noise spikes. The mean densities in the upper and lower target-

selection channels in this case were estimated as 0.004 and 0.007 fish m<sup>-3</sup> respectively, assuming a mean TS of –50 dB.



**Fig. 5:** Single target detections (a) shown alongside the corresponding echogram (b) recorded during experiment OR2 on JF3. Note the demarcation of the upper and lower boundaries of the aggregation and the 5-m low-density zones (UB+5, LB-5) from which targets were extracted. The bottom 2m exclusion zone is also shown together with a number of "bad data" regions where high intensity spikes were identified and excluded from the analysis. Thresholds were set at -70 dB in both panels.

The selection and processing of echoes from single targets from regions meeting Criteria (1) to (3) was carried out on raw sample data files (logged using EchoLog 60) using the split-beam detection algorithm (Method 2) in SonarData Echoview Version 4.0.82.6547. The target screening parameters in Echoview were initially adjusted so that the number of targets detected was similar to that output by the internal EK60 target-detection algorithms on replay. During this comparison some discrepancies were noted, the most significant being a sharp reduction in the number of targets detected by Echoview compared to the EK60 when the "maximum normalized pulse length" in the EK60 algorithm was reduced to 0.8 ms. While this does not necessarily indicate a fault with the Echoview detection software, users should be aware that the pulse duration limit in Echoview could be a critical setting under certain conditions.

Echoes from single targets were extracted from the raw sample data using the screening criteria listed in Table 2.

Single Target Detection Parameter	Setting		
TS threshold (dB)	-70 (ORH), - 65 (ALF)		
Pulse length determination level (dB)	7.00		
Minimum normalized pulse length (ms)	0.5		
Maximum normalized pulse length (ms)	1.2		
Beam compensation model	Simrad LOBE		
Maximum beam compensation (dB)	6.0		
Maximum standard deviation: Minor-axis angles (°)	0.5		
Maximum standard deviation: Major-axis angles (°)	0.5		

**Table 2:** Single-target detector settings used in Echoview for analysis of raw sample data from roughy (ORH) and alfonsino (ALF).

Note that the maximum standard deviation was set conservatively to avoid the amplitude bias which Soule *et. al.* (1995) found can be introduced when ambient noise levels are high relative to the target strength of the fish under investigation. This was deemed prudent in view of the low target strength of roughy and the 15 dB reduction in system sensitivity due to the long transducer cable (Appendix A).

From all the calibrations it was clear that the beam compensation for the default angle sensitivity and beamwidth settings (21.9 and 7.1° respectively) was not optimum because of phase shifts introduced by the cable, and that an adjustment was required to reduce the compensation error and increase the number of single targets extracted by allowing data to be accepted over a wider beam aperture. It was found by trial and error during post-processing of the field calibration data that the compensation error could be effectively removed by setting the along - and athwartships beamwidth settings to 7.54 and 7.60 ° respectively and the angle sensitivity to the default of 21.9 (Table 1). An example of the removal of the compensation error may be seen in the following section (Fig. 7).

#### 3.0 Results

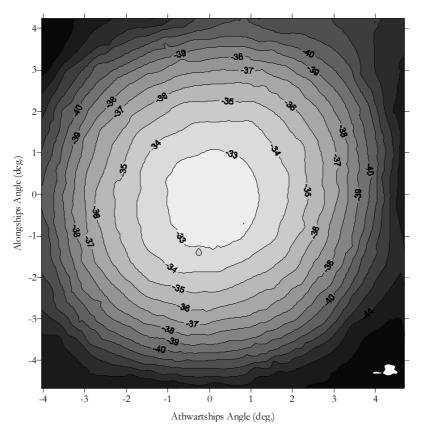
#### 3.1 Calibration

The results of the near-surface field calibrations conducted on 10 June and 04 September are presented in Table 3 below.

EK60 Transceiver	Calibration			
Parameter	10/06/2006	04/09/2006		
Gain (dB)	19.40	19.47		
Sa correction (dB)	-0.45	-0.39		
2-Way beam angle (dB)	-20.60	-20.60		
Angle sensitivity (both axes)	24.61	21.90		
Alongships 3 dB beamwidth (deg.)	6.60	7.27		
Alongships offset (deg.)	0.03	0.07		
Athwartships 3 dB beamwidth (deg.)	6.67	7.22		
Athwartships offset (deg.)	0.03	0.06		

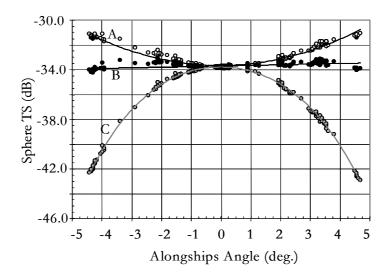
**Table 3**: Results of the field calibrations of the deep-water target strength system conducted at the surface on 10 June and 04 September

Fig. 6 shows a contoured intensity plot from the June calibration. It confirms the circular shape of the beam and shows no significant distortion or irregularity. The apparent slight variation in gain (0.07 dB) over the 3-month period between calibrations suggests an increase in sensitivity of approximately 3%, although the difference is probably within experimental error. The apparent increase in both the along and athwartships beamwidths (which was noted in the tank calibration as well – see Appendix A) is due primarily to use of the default angle sensitivity setting (21.90) during the September calibration. The initial value of 24.61 applied in June was the value chosen in the tank calibration to compensate for the apparent change in angle sensitivity brought about by the 660 m long transducer cable (see Appendix A).



**Fig. 6:** Contoured intensity plot of ES38DD beam obtained from the sphere calibration on 10 June. The angle sensitivity setting was 24.61. Contour intervals: 1.0 dB.

While changes in angle sensitivity and/or beam parameter settings will affect the performance of the real-time beam compensation, adjustments to the parameters in the compensation algorithm can be made during post processing to restore the accuracy of the beam compensation. An example of this is given in Fig. 7, which shows the alongships beam pattern derived from the calibration on 04 September (i.e. after the target strength experiments were completed), assuming the default angle sensitivity of 21.9 and taking the beam angles as 6.60 and 6.67 deg from the measurements on 10 June (Table 3). Note the parabolic form of the compensated response (Curve A) which indicates that at these settings, echoes would be increasingly over-compensated for, and target strengths increasingly over-estimated, as the distance from the axis increased, by as much as 2 dB at an angle of 4°. This response is a direct result of having used the default angle sensitivity (21.9) with the beam angles of 6.60 and 6.67 deg. obtained from the calibration on 10 June (Table 3). By a process of trial and error, it was found that for an angle sensitivity of 21.9, a uniform compensated response (Curve B) could be obtained over almost the full extent of the main lobe (ie. about 10 deg.) by increasing the beamwidth settings to 7.54 and 7.60 deg.

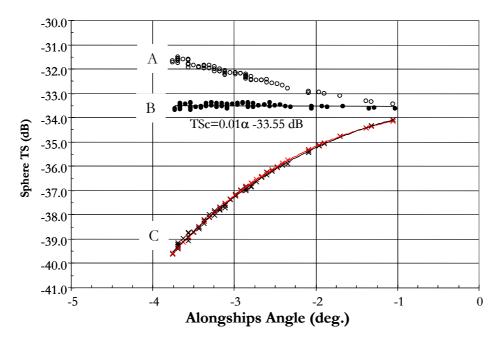


**Fig. 7:** Compensated (A) and uncompensated (C) beamplots obtained from sphere calibration on 04 September for an angle sensitivity setting of 21.9 and along- and athwartships beamwidths set at 6.60 and 6.67 deg. respectively. Curve B was obtained by adjusting the beam settings to give a uniform compensated response over the full extent of the main lobe.

An additional factor to be considered when conducting deep-water experiments, where the transducer has to be deployed at a variety of different depths, is the possibility of changes in system sensitivity and/or directivity pattern due to the effects of pressure on the transducer. One such effect was noted by Kloser (1995), who showed that the sensitivity of an air-backed transducer with a rubber matching face was affected by depth and subject to hysterisis when raised or lowerd. In the current study a 60 mm copper calibration sphere was attached approximately 6 m below the transducer for a number of experiments, thus enabling the system sensitivity at operational depth during these experiments to be monitored. The results are shown in Fig. 8, which shows both the compensated (Curve A) and uncompensated (Curve C – black line) target strength of the sphere in the alongships direction at a depth of approx. 580 m during experiment OR7. The angle sensitivity and beamwidth settings were the same as in Fig. 7. Curve B is the compensated response for the revised beamwidth settings of 7.60 and 7.54 deg. between the angular limits of 6 dB (equivalent to approximately 3.8 deg. off-axis) set for accepting fish echoes in the target strength analysis (Table 2).

Of particular interest is the curve shown in red (Curve C – red line ), which was derived from a  $4^{th}$  order polynomial equation used to model the beam at the surface during the final calibration on 04 September. Note that it is almost identical to the response measured at depth (Curve C –

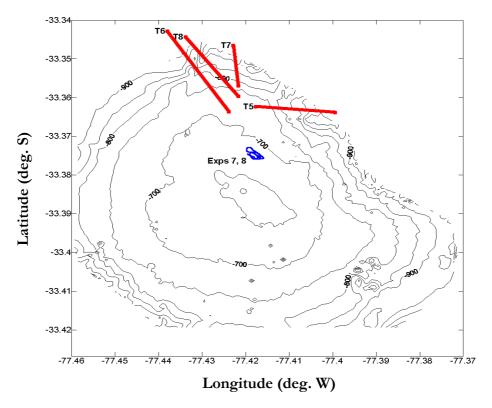
black line). The straight line used to approximate the revised (compensated) target strength response (Curve B) has an intercept of –33.55 dB with a slope of -0.01 dB deg. <sup>-1</sup>. Based on this analysis, it would appear that the oil-backed ES38DD transducer used in these experiments does not show any significant change in sensitivity or beamwidth with depth.



**Fig. 8:** Compensated (Curve A) and uncompensated (Curve C, black line) beamplots obtained from sphere echoes logged during TS experiment OR7 on 26 August. Curve (B) shows the revised compensation response and the corresponding straight-line approximation equation. Curve C (red line) was plotted from a 4th order polynomial used to model the alongships beam during the final "surface" calibration on 04 Sept.

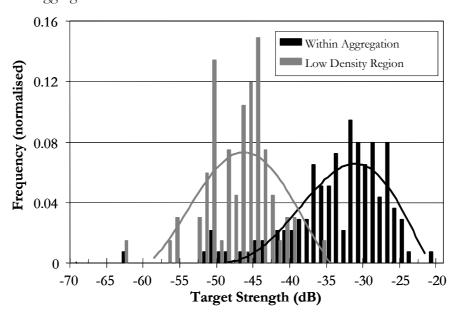
#### 3.2 Roughy target strength estimates

Only four of the roughy experiments (OR1, OR2, OR7 and OR8, all collected from Aggregation 1 on JF3) yielded data meeting all the criteria for further processing. An example echogram from one of them (OR2) is shown in Fig. 5. The location of the identification trawls carried out in relation to two of the experiments (OR7 and OR8) is shown in Fig. 9. (This could not be done for OR1 and OR2 since no navigation data were logged with the files from these experiments). Further details of the trawls used for target identification may be found in Appendices B and C.



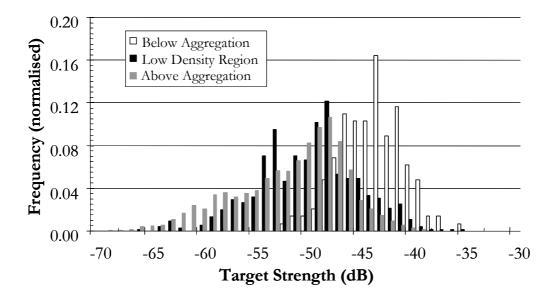
**Fig. 9:** The location of TS drift experiments OR7 and OR8 and associated identification trawls T5, T6, T7 and T8 on JF3. The drift tracks for experiments OR1 and OR2 could not be plotted due to the unavailability of navigation data.

In Fig. 10, the target strength distribution for all 67 single targets within the 5 m low-density zone on the periphery of the aggregation in Fig. 5 is shown. To illustrate the bias introduced by accepting targets from high-density regions, the corresponding distribution for targets accepted from within this aggregation is also shown.



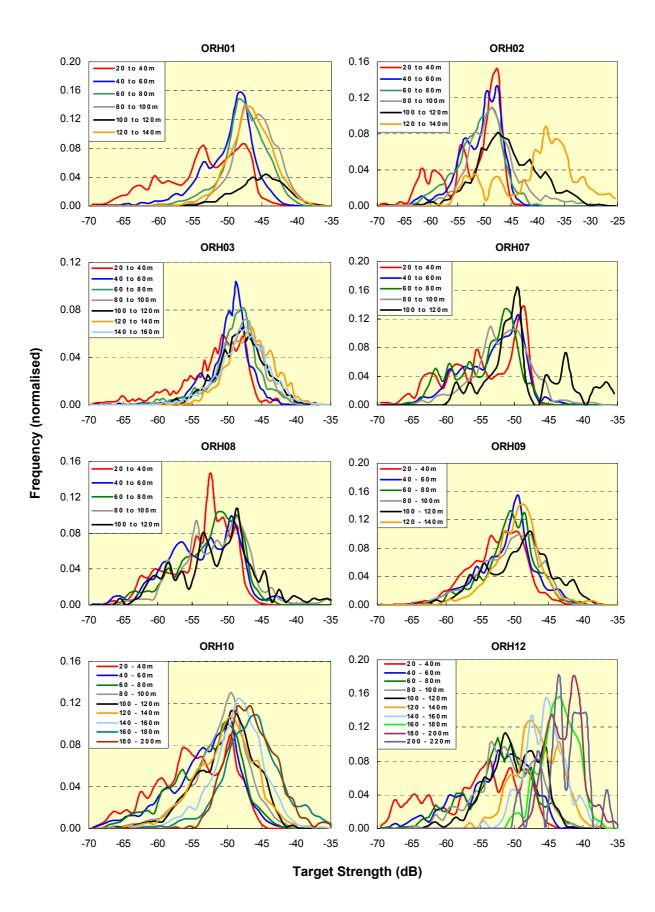
**Fig. 10:** Target strength distributions from within (black bars) and the periphery (grey bars) of the aggregation in Fig. 5.

Target strength distributions for targets from files OR1, OR2, OR7 and OR8 between the transducer and the 2 m bottom exclusion zone, above and below the Aggregation 1 are plotted in Fig. 11.



**Fig. 11:** Combined TS distributions for experiments ORH01, ORH02, ORH07 and ORH08 for the three detection zones as defined in the text i.e. the regions above and below Aggregation 1 (extending to the transducer and to the 2 m bottom exclusion zone respectively), and the low-density region on the periphery of the aggregation.

Fig. 12 shows target strength distributions stratified into 20 m-wide depth channels for all the roughly files including eight (ORH13 to ORH21) from roughly Aggregation 2.



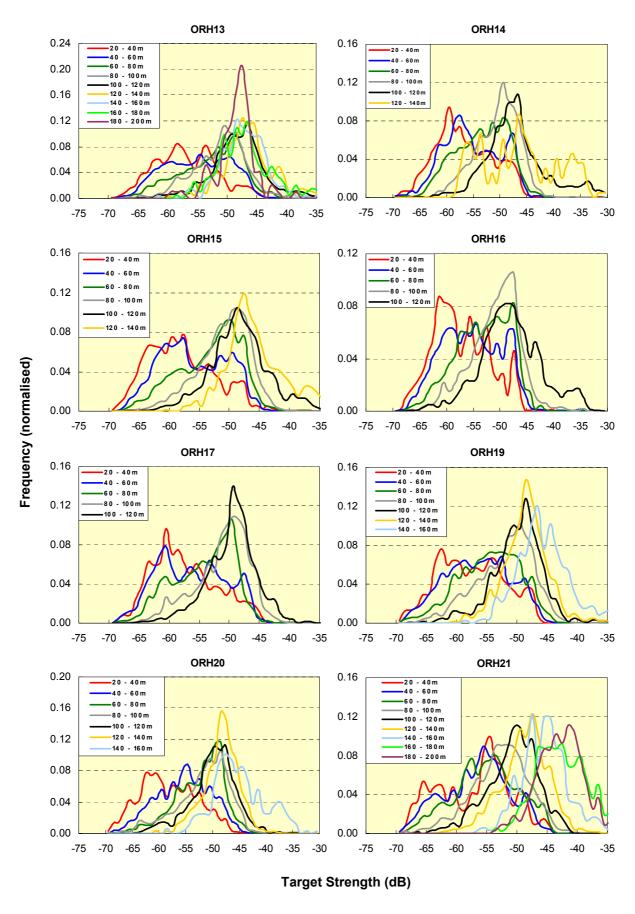


Fig. 12: Target strength distributions stratified into 20m-wide depth channels for all the roughy files including eight (ORH13 to ORH21) from roughy Aggregation 2.

The mean target strengths computed from each of the distributions in Fig. 11 by averaging the values in the linear domain without truncation at either end of the distribution, are set out in Table 4. Also shown are the numbers of targets in each distribution, and the mean length of roughy in the catches associated with Aggregation 1. This was calculated from the combined length distribution of roughy in Trawls 5, 6 and 7 shown in Fig. D-1, Appendix D.

The standard error in the mean TS for the low-density region, computed from the variation between the individual means, without weighting by sample size, was 0.94 dB.

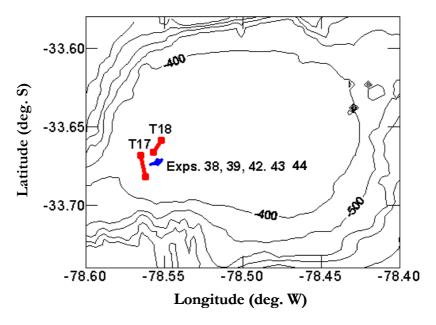
	Roughy Mean Length (cm)	Single Target Detection Zone					
Exp.		Above Agg.		Low Density Region		Below Agg.	
		N	TS <sub>mean</sub> [dB]	N	TS <sub>mean</sub> [dB]	N	TS <sub>mean</sub> [dB]
ORH 01		4680	-47.16	57	-43.45		
ORH02 $_{\rm A}$		1218	-50.08	106	-45.51		
ORH02 $_{\rm B}$	41.49	2286	-50.83	173	-50.85		
ORH02 $_{\rm C}$		1862	-48.95	67	-45.92	146	-43.10
ORH07 $_{\rm A}$		1112	-52.05	48	-49.27		
ORH07 $_{\rm B}$		981	-51.64	32	-50.07		
ORH07 $_{\rm C}$		1124	-51.58	111	-49.86		
ORH08		3621	-51.83	155	-48.87		
N <sub>tot.</sub> /TS <sub>mean</sub>		16884	-50.19	749	-47.79	146	-43.10

**Table 4:** Mean target strengths computed from the distributions in Fig. 11, the number of targets in each case and the mean length of orange roughy in the four trawls associated with Experiment 1. Subscripts following file nos. refer to separate regions within the same file.

#### 3.3 Alfonsino target strength estimates

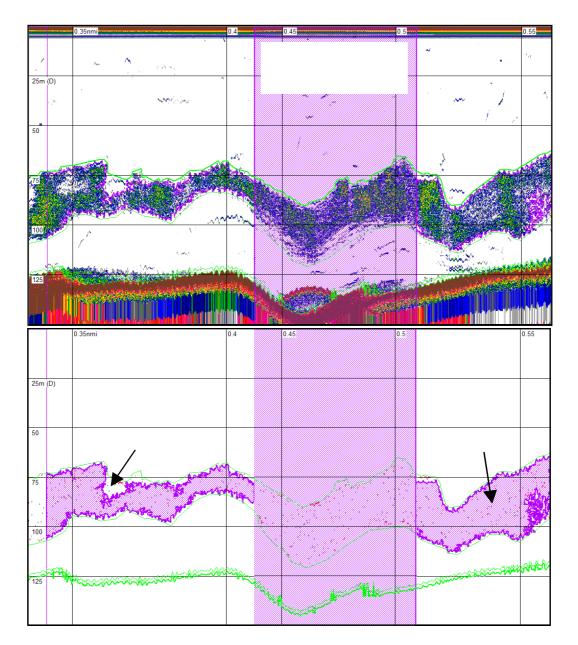
Data for estimation of alfonsino target strength were taken from five files, viz: ALF38, ALF39, ALF42, ALF43 and ALF44, all of which were collected from Aggregation 2 on JF1. Fig. 13 shows the location of the identification trawls (T17 and T18) associated with these experiments. Information on the catches in these trawls can be found in Appendix C, and the length

distribution of alfonsino in Trawl T17 in Fig. D-4, Appendix D. (Note that there was no catch in Trawl T 18).



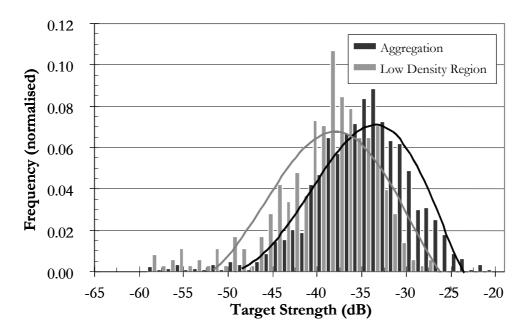
**Fig. 13:** The location of TS drift experiments ALF38, ALF39, ALF42, ALF43 and ALF44 on JF1 and associated identification trawls.

In each case, the boundaries of the aggregations were defined automatically via SHAPES, utilising an  $S_v$  threshold of -65 dB. Potential single targets were extracted from manually-determined low-density sectors extending approximately 1 to 2 m above and below the aggregation as described earlier, and illustrated in Fig. 14.



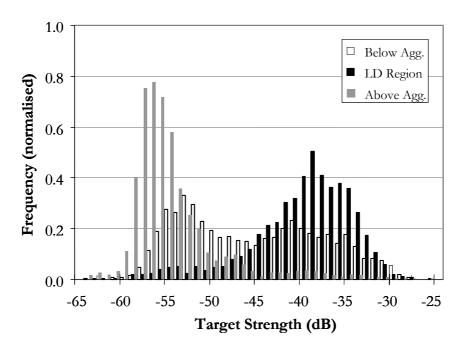
**Fig. 14:** Echogram showing an aggregation of alfonsino recorded on JF1 (ALF39) on 31 August. "Bad data" regions were defined where there was evidence of transducer tilt (side-lobe echo above bottom in top panel) and encompassing the densest sections of the aggregation. Note also the defined low-density zones immediately adjacent to the aggregation. Detected single targets can be observed - both within the aggregation, and to a lesser extent in the adjacent low-density zones (bottom panel).

In Fig. 15, the target strength distribution for single targets extracted from within the 2 m low-density zone on the periphery of the aggregation in ALF42 is shown. To illustrate the bias introduced by accepting targets from high-density regions, the corresponding distribution for targets accepted from within this aggregation is also shown.



**Fig. 15:** Target strength distributions from within (black bars) and the periphery (grey bars) of the aggregation for alfonsino file ALF42.

In Fig. 16, the target strength distribution for all alfonsino files analysed (ALF38, ALF39, ALF42, ALF43 and ALF44) is compared with those from single targets in the water column above and below the aggregation.



**Fig. 16:** Target strength distributions from above and below alfonsino Aggregation 2, extracted from Files ALF38, ALF39, ALF 42, ALF43 and ALF 44, compared with the distribution from the low-density (LD) region on the periphery of the aggregation.

The mean target strengths computed from each of the distributions in Fig. 16 by averaging the values in the linear domain without truncation at either end of the distribution, are set out in Table 5. Also shown are the number of targets in each distribution, and the mean length of roughly in the single trawl (T17) associated with the experiment in which there was a catch. The TS values in parenthesis were obtained by truncating the lower end of the distribution at –50dB.

	Alfonsino Mean Length (cm)	Single Target Detection Zone							
Exp.		Above Aggregation		Low Den	Below Aggregation				
		N	TS <sub>mean</sub> [dB]	N	TS <sub>mean</sub> [dB]	N	TS <sub>mean</sub> [dB]		
ALF 38		861	-42.76	197 (190)	-37.57 (-37.42)	1073	-38.62		
ALF 39		1947	-49.66	237 (232)	-37.44 (-37.35)	1192	-36.98		
ALF 42	22.9	3184	-53.37	355 (330)	-37.61 (-37.30)	2610	-41.21		
ALF 43		5308	-55.04	365 (319)	-39.36 (-38.79)	1253	-43.62		
ALF 44		9766	-51.99	1256 (1125)	-38.19 (-37.72)	1098	-42.64		
Total/Mean		21066	-48.08	2410 (2196)	-38.12 (-37.72)	7226	-39.90		

**Table 5:** Mean target strengths computed from the distributions in Fig.16, the number of targets in each case and the mean length of alfonsino in Trawl T17. The values in parenthesis were obtained by truncating the lower end of the (low-density) distribution in Fig.16 at –50 dB.

The standard error in the mean target strength from the low-density region, estimated in the same manner as for the roughy, was 0.40 dB.

#### 4.0 Discussion

#### 4.1 Orange roughy

Of the 29 files of acoustic data collected, only four proved to be useful for target strength estimation because of a) the incorrect connection of the transducer in 10 of the files, and b) the lack of a clearly-defined, unambiguous roughy aggregation in all but four of the remaining 19 files. The rejection of all data from beyond the periphery of the aggregation further substantially reduced the useable data set. The net result of all of the above screening (which was necessarily strict) was to reduce the number of targets used in the analysis to 749 (Table 4). While this would be an acceptable number in say, an *in situ* target strength experiment on a monospecific layer of pelagic fish of known identity and narrow size range, we consider that in this case, a much larger data set would have been preferable.

Fig. 10 clearly illustrates the effect of accepting apparent single target echoes from regions where the density is too high. For his particular file, the estimated mean target strength from targets within the aggregation (-31.1 dB) was 14.9 dB higher than that for targets taken from its periphery. The difference is clearly due to the acceptance of multiple echoes from the aggregation as single.

Fig. 11 shows that the distribution of target strengths from the low density region on the periphery of the aggregation was broadly similar to that for all 16 884 single targets in the same file accepted from the entire water column between the transducer and the aggregation, although the mean target strength of targets from the periphery of the aggregation (-47.79 dB) was 2.40 dB higher than from the water column above it (Table 4). In contrast, the distribution from targets between the aggregation and the bottom in the one file (ORH02<sub>C</sub>) in which the aggregation was off the bottom was distinctly shifted upwards, and the mean was 4.69 dB higher than that from the periphery (Table 4).

Examination of the depth-stratified distributions in Fig. 12 shows a reasonably consistent broad peak centred on about -50 dB for the upper 5 channels (ie. 20 – 120 m below the transducer) in most of the files, and a general tendency towards increasing target strength with increasing depth. In most of the files recorded from Aggregation 2 (ORH13 to ORH21) there is a broad second peak centred on about -60 dB in the first two channels (ie. 20 to 60 m below the transducer), which is not evident in the files from Aggregation 1. We speculate that this peak originated from

macrozooplankton and/or micronekton well off the bottom which was absent or less prevalent above Aggregation 1.

One possible interpretation of these distributions is that the targets on the edges of the aggregation were indeed roughy or predominantly roughy, whereas those below it were other demersal species of higher target strength, and those above predominantly weaker targets such as myctophiids. If so, the mean from the periphery would be a valid *in situ* estimate of roughy target strength, comparable with estimates from *in situ* target strength/length relationships currently in use in New Zealand, viz:

$$TS = 16.15 \text{ Log L} - 77.82 \tag{1}$$

and

$$TS = 16.15 \log L - 74.34 \tag{2}$$

where L is the mean standard length in cm. Eqn. 1 is an expression adopted by the New Zealand Ministry of Fisheries Deep Water Assessment Working Group, based on measurements off Tasmania by Kloser and Horn (2003). Eqn. 2 is taken from results of experiments reported by Doonan and Bull (2001), supported by arguments in Coombs (2004). For L = 41.49 cm (Table 4), these expressions give target strength estimates of -51.69 and -48.21 dB respectively. Although the agreement with the higher estimate from Eqn. 2 is encouraging, it should be treated with caution since:

- 1. Eqn. 1 may be biased (cf. the 3.48 dB discrepancy between Eqns. 1 and 2) and/or not directly applicable to the roughy in the current experiment, which were considerably larger than those on which the New Zealand and Australian work was based (mean 35 cm). In particular, it must be remembered that the length dependency was based on *ex situ* measurements on smaller, tethered fish (McClatchie *et al.*, 1999) and therefore must be suspect when applied to the fish in the current experiment. Note that a small difference in the exponent will cause a relatively large shift in the estimated target strength. For example, an L<sup>2</sup> dependency (ie. a 20 Log L form) rather than the L <sup>1.615</sup> dependency in Eqns. 1 and 2 gives target strength estimates of -45.46 dB and -41.98 dB respectively for a length of 41.49 cm; both of which are higher than the current estimate.
- 2. The fish in the current experiment may have had a different mean orientation with respect to the transducer than those in the New Zealand and Australian experiments for

any number of behavioural reasons, or tilt of the transducer. Orientation effects have been invoked by others (eg. McClatchie and Ye, 2000) to explain differences between *ex situ* and *in situ* measurements of roughy target strength.

- 3. The length distribution in Fig. D-1, Appendix D, may not be representative of the length distribution in the files from which the data were taken, particularly since two of the three trawls on which the distribution was based (T5 and T6) do not appear from the small size of the catches (viz. 41 and 247 kg) to have sampled an aggregation. Note also from Fig. D-2 that there was a wide size range in all three trawls, and evidence of a bi-modal distribution, neither of which is desirable in *in situ* target strength experiments.
- 4. There could be calibration/compensation errors of the order of 0.5 dB, which although not large enough to fully explain any discrepancies between these and other estimates, could have been a contributing factor.

Unfortunately, given the similarity of the target strength distributions and the closeness of the means, we cannot exclude the possibility that the targets on the periphery of the aggregation were the same as those between it and the transducer, and that they were therefore not roughy since roughy are known to avoid objects close to them when off the bottom (eg. Koslow *et. al.*, 1995). The fact that few other fish were taken in the two large catches (Trawls T7 and T8) associated with Aggregation 1 (Appendix C) is inconclusive since it cannot be assumed that the low-density targets in the water column above the aggregations would have been caught by the bottom either on shooting or retrieval. Target identity therefore remains uncertain.

In summary, we conclude that, although the data are self-consistent, and the estimate of roughy target strength obtained from a critically-selected sub-set of the data is not inconsistent with comparable data from both this experiment and others, the uncertainty in target identity, and to a lesser degree, the small number of acceptable targets and the uncertainty regarding the size of the fish, has reduced the value of the estimate to the extent that it would be unwise to use it in any quantitative sense at this stage.

#### <u>Alfonsino</u>

As for roughy, the amount of useable data was severely reduced by the transducer connection fault (which necessitated discarding 11 of the 22 files recorded), and the fact that in only five of

the remaining files were the targets suitable for target strength estimation. In this case however, the aggregations were more numerous, less ambiguous and better defined, enabling many more (2410) single targets to be extracted from the edges of the aggregations than was possible for roughly.

The difference in the target strength distributions for targets taken from within an alfonsino aggregation and from its edges, shown in Fig. 15, again illustrates the bias introduced when the density is too high for the reliable extraction of echoes from single targets. Note however, by comparison with Fig. 10, that the shift in distribution was far less marked than for roughy, and that the shift in the means was far less (4.3 dB vs 14.9 dB). This is a consequence of the lower density of the alfonsino aggregation compared to the roughy aggregation. (Assuming a mean TS of –38 dB for alfonsino and –50 dB for roughy, we estimate that the average number of fish per resolution cell was 1.52 in the alfonsino aggregation, and 59.6 in the roughy aggregation).

In sharp contrast to the roughy, the target strength distribution for targets taken from the low density region on the edges of the aggregations was markedly different from that for targets above the aggregation (Fig. 16). Many more targets were taken from below the aggregations than in the roughy experiments since the aggregations were further off the bottom and the lower edges better defined. Fig. 16 shows that the distribution from this region was distinctly bimodal, and that the modes co-incided reasonably well with the modes in the other two distributions, particularly with that from the low-density region. It is tempting to conclude that below the aggregation there was a mixture of the species in the aggregation (presumably alfonsino) and those in the water column above it, although in both cases the modal peaks differ by about 3 dB.

If, as seems likely, the aggregation was indeed an alfonsino aggregation, the mean target strength of targets in the low-density region, computed with no truncation of the data (-38.12 dB – Table 5) would appear to be a valid *in situ* estimate of alfonsino target strength. It is encouraging that with the exception of Experiment ALF43, the means for the five experiments lie within 0.5 dB of the overall mean, and that the standard error in this mean is low (0.4 dB).

While the above target strength estimate is encouraging *per se*, it is of some concern that the length distribution for Aggregation 2 in Fig. D-4, from which the mean length in Table 5 (22.9 cm) is calculated, and to which the target strength value is to be applied, is taken from a single trawl (T17) in which only 189 kg were caught, which makes it unlikely that the trawl sampled an aggregation. This, together with the fact that only 86 fish were sampled and that the length distribution was wide and irregular and markedly different from that derived from the large (23.8

tonne) catch from Aggregation 1 (Fig. D-3), casts doubt over the appropriate mean length to use with the target strength estimate obtained from Aggregation 2. This somewhat degrades the estimate, which is particularly unfortunate given the apparently good target strength measurements obtained from this aggregation.

#### 5.0 Conclusions

#### 5.1 General

Considering that this experiment was the first of its kind on orange roughy in Chilean waters, and probably the first attempt anywhere to estimate alfonsino target strength *in situ*, it can be concluded from the fact that a complete methodology was developed and credible target strength estimates obtained (particularly for alfonsino), that the experiment was clearly a success. It is particularly noteworthy that the work was done from a commercial vessel with no specialized equipment on board other than the target strength system. This approach is highly cost-effective compared to the usual practice of using a specialized research vessel for such experiments.

#### 5.2 Specific conclusions

- 1. The equipment prepared for this experiment was suitable for the task, shown by the fact that, despite the losses in the cable, the signal/noise ratios for single roughy targets at ranges of around 100 m were more than adequate for target strength estimation, as predicted from the pre-cruise tank calibration in Appendix A.
- 2. Changes in the transducer beam pattern due to phase shifts introduced by the 660 m long cable, and consequent errors in the default beam compensation in the sounder, could be corrected for by adjustments to the nominal beamwidths and/or the angle sensitivity of the phase detector. Comparison between calibration data collected at depth and at the surface showed no effects of depth on transducer sensitivity or beamwidth.
- 3. The transducer assembly could be effectively deployed from a commercial vessel to the maximum depth required (approximately 550 m), and the data collected on-line, using a standard (non slip-ring) vertical winch.

- 4. The mean target strength of orange roughy, estimated from 749 single-target echoes taken from within 5 m of one of the few aggregations detected (-47.8 dB), is credible for roughy of that size (mean standard length 41.45 cm), but the results cannot be regarded as conclusive since the possibility that these targets were not predominantly roughy cannot be excluded on the available evidence.
- 5. The estimated mean target strength of alfonsino, estimated from 2410 single-target echoes taken from within 2 m of one aggregation (-38.1 dB) is to the best of our knowledge the first *in situ* estimate of alfonsino target strength. The value is more defensible than the orange roughy estimate because of the larger number of targets, the lower standard error (0.40 vs 0.94 dB) and the greater certainty regarding target identity. Unfortunately, the uncertainty regarding the size of the fish, due to the wide size range in the area and the possibility that the single useable identification trawl did not sample the aggregation adequately, reduces the value of the estimate somewhat.
- 6. Since further processing of the data is unlikely to mitigate any of the deficiencies in the current results, more detailed analysis of the data, although possible, does not appear to be warranted at this stage.
- 7. From the experience gained here, many recommendations can be made for future *in situ* target strength experiments on deep-water species in Chile and elsewhere. The most important of these are presented in the following Section.

#### 6.0 Recommendations

- The current lowerable system is basically suitable for target strength studies of deep-water species in Chilean waters and should continue to be used for future experiments of this kind.
- 2. The system can be improved by the addition of attitude sensors to monitor transducer tilt, and/or drive a gimbal-mounting to keep the transducer firing vertically. A second second frequency (eg. 120 kHz) could be added to assist in target identification, as was done by Kloser and Horn (2003), and improve single-target recognition (see Point 5 below). Note however that since both of these improvements would be expensive, the likely benefits would have to be carefully weighed against the costs before proceeding.
- 3. A calibration sphere should be attached for all experiments, as was the intention in the current exercise.
- 4. A fine-meshed aimed midwater trawl should be employed to sample fish off the bottom which have target strengths in the same range as the target species (eg. myctophiids in the case of roughy), and which could therefore be confused with them.
- 5. The number of single targets accepted for analysis needs to be increased by reducing the number of targets per resolution cell and improving the ability to distinguish between single and multiple targets. Ways of achieving the former include:
  - Shortening the range to the targets where this is possible without causing the fish to react to the transducer in such a way as to change their mean target strength. There may be more chance of doing this for alfonsino than for roughy, since they did not appear to react as strongly as roughy to the transducer assembly.
  - Shortening the pulse duration from 1.0 ms to, say, 0.3 ms, which would reduce the pulse volume by roughly a factor of 3, albeit with some reduction in signal/noise ratio because of the bandpass filtering.
  - Working on aggregations of lower density than those in the current study.

Single-target recognition can be improved by tracking candidate single targets as they pass through the beam, and through use of a second, co-axial high- frequency transducer to check for consistency in the bearing of a candidate single target in the two beams (eg. Demer *et al.*, 1999). Improvements in the recognition of single targets would enable targets to be extracted from regions of higher density (perhaps even from within aggregations in some cases), improving confidence in target identity.

- 6. Identification trawls should be more closely integrated into the experiments, which should result in a greater proportion of them being useful for the identification and sizing of targets, which was the major problem in the current study. The fact that only 12 of the 26 identification trawls in this study were allocated to target strength experiments (Appendix C), and that only five of these (three of which had small catches) were ultimately used for target identification and sizing, suggests that there is considerable scope for improvement in this regard.
- 7. Consideration should be given to collecting target strength data from a split-beam sounder and downward-looking video cameras mounted on the headline of the net, which would enable the targets to be identified directly both photographically and by the catch. Recent experiments on orange roughy and oreo dories in New Zealand waters with a self-contained acoustic and camera system mounted on the headline of a commercial bottom trawl have shown that this is entirely practical. (Kulinchenko, SciFish Inc., Seattle, USA, pers. comm.). Success with this approach would completely remove the identification/sizing problem, although the question of changes in target strength due to reactions to the net would have to be addressed through examination of the video images. (We are encouraged by the fact that in the New Zealand experiments, the roughy did not appear to react to the net within the range window from which target strength data would be taken).
- 8. The encouraging results from the current experiment (which was essentially a pilot study) should be followed up by further experimental work to build on the considerable experience gained, and to obtain more defensible target strength estimates for both species for use in estimating absolute biomass from acoustic surveys.

#### 7.0 References

Demer, D. A., Soule, M. A., Hewitt, R. P., (1999). "A multiple-frequency method for potentially improving the accuracy and precision of *in-situ* target strength measurements," *J. Acoust. Soc. Am.* 105, 2359-2376.

Doonan, I., and B. Bull 2001. Absolute biomass for 1999, NE and East Chatham Rise. Notes to the Deepwater Working Group, 9 March 2001.

Foote, K.G., Knudsen, H.P., Vestnes, G, MacLennan, D. N., and Simmonds, E. J. (1987). Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. *ICES coop. Re.* Rep. 144. 69pp.

Kloser, R.J. and J. Horne 2003. Characterizing uncertainty in target-strength measurements of a deepwater fish: orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). *ICES J. mar. Sci.* 60: 516-523.

Koslow, J.A., Kloser, R.J. and C.A Stanley 1995. Avoidance of a camera system by a deepwater fish, the orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). *Deep-Sea Res.*, *Part 1* 42: 233-244.

McClatchie, S., Macauly, G., Coombs, R.F., Grimes, P. and A. Hart 1999. Target strength of an oily deep-water fish, orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). 1. Experiments, *J. Acoust. Soc. Am.* 106: 131-142.

McClatchie, S. and Z. Ye 2000. Target strength of an oily deep-water fish, orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). 2. Modelling, *J. Acoust. Soc. Am.* 107: 1280-1285.

Soule, M. A., Barange, M., and Hampton, I. 1995. Evidence of bias in estimates of target strength obtained with a split-beam echo-sounder. *ICES J. mar. Sci.*, 52:139-144.

#### APPENDIX A

# TANK CALIBRATION OF A SIMRAD ES38DD TRANSDUCER FOR UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

May 2006

#### Introduction

This report describes the tank calibration of a deep-water (1500-m rated) Simrad ES38DD transducer, purchased by the Universidad Austral de Chile for use in target strength (TS) experiments on orange roughy and alfonsino in the vicinity of the Juan Fernandez Archipelago (off the coast of Chile) during 2006.

For the experiments, the transducer was connected to a 660-m length of SK1619 split-beam cable supplied by PDM Neptec Pty. Ltd. in the United Kingdom. The initial calibration of the system was carried out by Fisheries Resource Surveys (FRS) in a 20m long by 10m deep hydroacoustic test tank at the Institute for Maritime Technology (IMT) in Simonstown, South Africa during May 2006.

#### Materials and Methods

When deployed at sea, the transducer is installed in a protective stainless steel cage, securely clamped to a custom-designed cable termination as shown in Figs. A-1a and A-1b below.



**Fig. A-1a**: The ES38DD transducer mounted in the protective cage used for deployment at sea.



**Fig. A-1b**: The custom-designed stainless steel cable termination.

The termination provides strain relief for a short (1.0 m) "breakout" cable which is connected to the transducer pigtail via a Burton (5500 series) 8-pin underwater connector. It also maintains the integrity and strength of the kevlar braid by preventing water ingress into the body of the cable.

The primary target used during the calibration was a 38.1 mm tungsten carbide sphere with a TS of – 42.4 dB at 38 kHz. The transducer was fired from a SIMRAD EK60 split-beam scientific echo sounder running under ER60 software (Vers. 2.1.1) and transmitting a 1ms pulse at 2 kW. The full cable length (660 m) was used to connect the sounder and transducer during calibration. (Detailed specifications for the SK1619 cable can be found in Annexure A of this report).

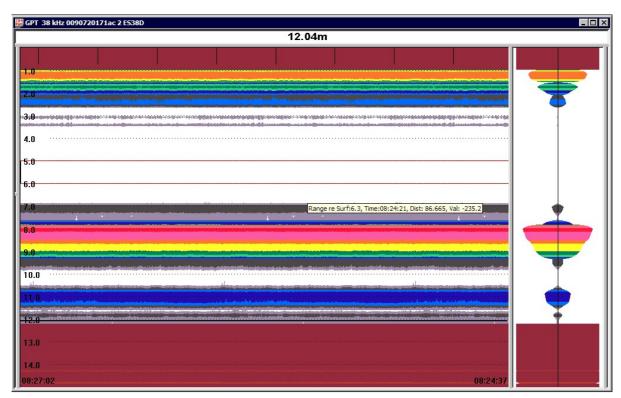
The transducer was mounted on a galvanised-steel frame attached to a rotatable shaft for the duration of the experiments (see Fig. A-2 below). This allowed the transducer beam to be horizontally scanned across the tank under either manual or automatic control in pre-defined angular increments. Note that the transducer was mounted with the forward marker pointing upward towards the rotator shaft.



Fig. A-2: The ES38DD transducer attached to the mounting frame and rotator shaft immediately prior to being deployed in the tank.

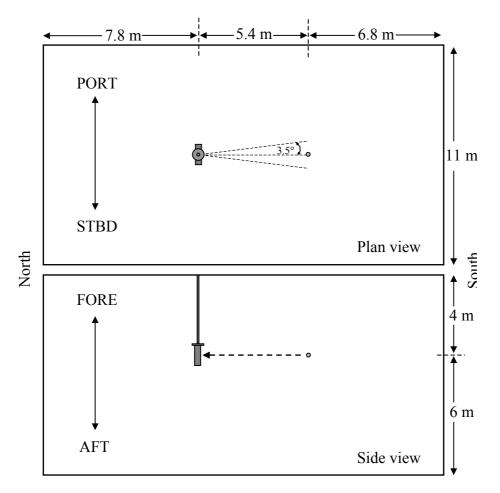
The optimum range for the measurements was determined by lowering the transducer assembly, and moving it incrementally along the length of the tank towards the far (south) wall. When the

transducer was approx. 12 m from this wall, reflections from the tank boundaries at a range of about 5.5m from the transducer were negligible (Fig. A-3), thus providing a low-noise range "window" within which to conduct measurements. (Note that this distance is approx. twice the near-field limit of the ES38DD transducer). The geometry is shown in Fig. A-4.



**Fig. A-3:** EK60 echogram showing reflections from the tank walls at a ping rate of 1 ping/sec. Measurements were ultimately carried out with the sphere deployed at a nominal range of 5.5 m from the transducer (between red lines); at which range interference from echoes off the walls was negligible. The display threshold is set to -65dB and the range compensation to 40 Log R.

The transducer remained at this position for the duration of the experiments (see Fig. A-4). The athwartships beam was measured by moving the sphere incrementally in the horizontal plane, and the alongships beam by manually raising and lowering the sphere at specifically determined athwartships positions.



**Fig. A-4:** Test tank dimensions showing the positions of the sphere and transducer during the calibration.

The temperature in the tank was measured at 21.5°C (salinity = 0 ppt) giving a sound speed of 1487ms<sup>-1</sup> (Sonardata Echoview calculator). Initial EK 60 settings (ES38DD default) after entering the environmental parameters are detailed in Table A-1 overleaf.

On completion of an initial beamplot in 2 dimensions, an experiment was conducted to determine the angle sensitivity of the system, due to the fact that for the default angle sensitivity of 21.9 dB, the along- and athwartships beamwidths estimated through the Simrad LOBE software were about 6% wider than the manufacturer's specification for this transducer.

Measuring the angle sensitivity accurately entails comparing the angular output from the sounder with the actual bearing relative to the transducer axis of a precisely positioned point target. To do this, the transducer was aligned to fire along the length of the tank, and the sphere positioned precisely on the beam axis at a range of 5.4 m by adjusting its position so that the along and athwartships angles (as measured internally by the sounder) were returned as 0.0.

PARAMETER	SETTING
Power (W)	2000
Pulse duration (ms)	1.024
Gain (dB)	26.5
S <sub>A</sub> correction (dB)	0.0
Bandwidth (Hz)	2425
Sample interval (m)	0.1907
Angle snsitivity (along and athwartships)	21.9
Alongships 3dB beamwidth (deg.)	7.1
Alongships offset (deg.)	0.0
Athwartships 3dB beamwidth (deg.)	7.1
Athwartships offset (deg.)	0.0
2 Way beam angle (dB)	-20.6
Absorption coefficient (dB/km)	0.3
Sound Speed (ms <sup>-1</sup> )	1487

**Table A-1:** Initial EK60 settings and parameters calculated from down-loaded environmental measurements.

The true bearing of the sphere was measured by means of an aluminium pole which was used as a datum and marked in precise increments of 4.7 cm (corresponding to steps of 0.5° at a range of 5.4 m) out to a maximum of 33 cm on either side of the pole centre (equivalent to 3.5° off-axis at this range).

The pole origin was carefully aligned with the nylon suspension line before being fixed in position for the angle sensitivity measurements, whereafter the suspension point was moved along the pole to the marked positions At each position, the height of the sphere was adjusted to ensure that the alongships angle returned by the sounder remained at 0.0 and 25 raw data pings were recorded, noting the athwartships angle output by the sounder. A decision was made not to characterise the alongships angle sensitivity (which would have required rotating the transducer) until an initial analysis of the athwartships data had been carried out.

#### Results and Discussion

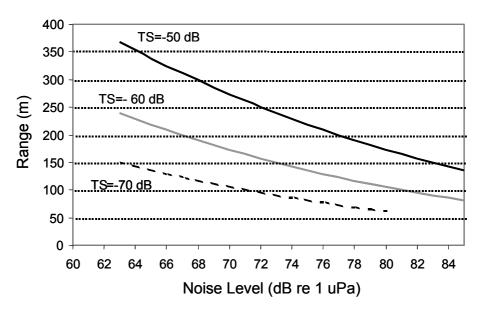
#### Initial Lobe Plot

The results obtained for the initial beamplot using LOBE are presented in Table A-2 below.

PARAMETER	LOBE VALUE		
Gain (dB)	18.71		
S <sub>A</sub> correction factor (dB)	-0.23		
Alongships 3dB beam angle (deg.)	7.62		
Alongships offset (deg.)	0.0		
Athwartships 3dB beam angle (deg.)	7.51		
Athwartships offset (deg.)	0.03		

Table A-2: LOBE results obtained for the initial beamplot

The 2-way Gain calculated from the Gain in Table A-2 is approximately 15 dB lower than that calculated from the default Gain of 26.5 dB in Table A-1, which was attributed to losses in the 660m long cable. To estimate whether single orange roughy would be detectable at useful ranges for TS measurements with this system, the curves shown in Fig. A-5 were generated, showing the detection range as a function of noise level for a range of target strengths between –50 and –70 dB, assuming a detection threshold of 20 dB.



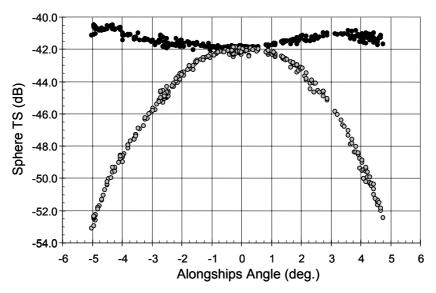
**Fig. A-5:** Detection range of the system for targets of -50, -60 and -70 dB on axis as a function of noise level, assuming a system bandwidth of 2.45 kHz and a detection threshold of 20 dB.

As the experiments were to be conducted at depth with the vessel drifting, it was assumed that noise levels would be significantly less than at the surface from a moving vessel, possibly approaching the theoretical deep-water minimum at 38 kHz of around 64 dB (Urick, 1983). Fig. A-5 suggested that under these conditions, a typical orange roughy on axis, with a target strength of around –50 dB, would be detectable to about 350m with the system. Taking the upper noise limit as 84 dB, which is typical for a hull-mounted transducer in a vessel moving at 10 knots, the indicated maximum detection range for the same target drops to around 150m. Since the actual noise levels were expected to fall between these two limits, we concluded that the system would be capable of target strength work on orange roughy to the required depth, despite the losses in the cable.

As previously mentioned, measured beamwidths appeared to be approx. 6% higher than expected, most probably as a result of the impedance/phase changes introduced by the cable. The S<sub>A</sub> correction factor was also found to be consistently lower than expected from previous work carried out with the EK60 sounder and ES38B transducers (-0.25 dB for the ES38DD as opposed to a nominal -0.65 dB for the ES38B). At this stage it is still not clear whether this reduction is due to a change in the transducer response or the effect of the cable impedance on the system bandwidth.

Beam offsets were negligible (0.0 and 0.03 degrees for the along- and athwartships axes respectively) indicating that the individual pairs in the cable were electrically well matched and unlikely to introduce phase offsets in the received signal. This is an important point, since any such shifts could have resulted in significant errors in the measurement of angular position, and hence in the compensation for the position of the target in the beam.

The alongships beamplot derived from the initial plotting exercise is shown in Fig. A-6 below.



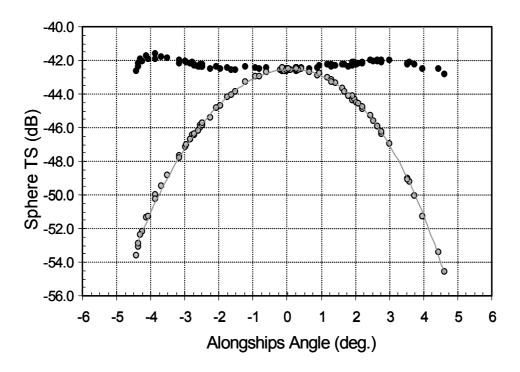
**Fig. A-6:** Initial alongships beamplot for an angle sensitivity of 21.90. Both compensated (black points) and uncompensated (grey points) are shown.

Apart from the wider beamwidth (previously mentioned) the beam shows no evidence of distortion. The compensation algorithm does however appear to be over-compensating by up to 1.5 dB for targets towards the perimeter of the beam, which is a direct result of the beamwidth being wider than the manufacturer's specification, on which the compensation algorithm is based. The compensation error can be reduced by optimising the beam parameters and/or changing the angle sensitivity to compensate for the error. Alternatively, a filter could be applied which only accepts targets originating from an area close to the axis, thus limiting the effect of the compensation error. However, to maximise the number of single targets detected, it would most probably be advisable to implement a dual strategy, in which the compensation error is reduced to an acceptable limit over as wide an area of the beam as possible. Targets originating from outside of this area would then be discarded from the analysis. A first attempt at this was made by carrying out a series of measurements to determine a correction factor to be applied to the current default angle sensitivity setting of 21.9. The results are reported in Table A-3.

Measured Athwartships Angle (deg.)	EK60 Athwartships Angle (deg.)	Measured Sphere TS [dB]	Ratio (EK60/Meas.)
0.0	0.0	-42.20	_
0.5	+0.58	-42.16	1.16
1.0	+1.16	-42.19	1.16
1.5	+1.73	-42.03	1.15
2.0	+2.12	-42.10	1.06
2.5	+2.70	-41.80	1.08
3.0	+3.34	-41.30	1.11
3.5	+3.79	-41.40	1.08
0.0	0.0	-42.20	_
-0.5	-0.58	-42.10	1.16
-1.0	-1.09	-42.10	1.09
-1.5	-1.73	-41.96	1.15
-2.0	-2.25	-42.00	1.13
-2.5	-2.95	-41.60	1.18
-3.0	-3.53	-41.20	1.18
-3.5	-3.85	-41.20	1.10
0.0	0.0	-42.20	
		Mean	1.12
		Std. Devn.	0.04

**Table A-3:** Comparative bearing measurements used to determine the correction to the angle sensitivity setting.

On completion of the above tests, a second plot was carried out with the angle sensitivity set to 24.6 (ie. 1.12 x 21.9) in accordance with the above results. The resulting alongships plot is shown in Fig. A-7 below.



**Fig. A-7:** Alongships beamplot obtained with an angle sensitivity setting of 24.6. Both compensated and uncompensated TS measurements are shown (black and grey dots respectively).

It is evident from Fig. A-7 that the beamwidth and compensation errors have decreased significantly in relation to that obtained previously (cf. Fig. A-6). The revised along- and athwartships angles measured via LOBE were 6.78 and 6.72 degrees respectively, closer to the manufacturer's specification of 7.1 degrees than the previous values of 7.62 and 7.51 degrees (Table A-2). Furthermore, the maximum compensation error (about 1.0 dB) has decreased by about 0.5 dB compared to that observed previously. While more iterations could have been carried out to reduce the compensation error further, it was felt that this was not warranted since the optimum angle sensitivity setting in the tank would not necessarily apply to the (different) EK60 system to be used for TS measurements in the field. No further investigation into this problem was therefore carried out in the tank.

#### **Conclusions**

As expected, the results of the tank calibration show that the introduction of the 660m length of transducer cable has had a significant impact on the overall performance of the system. The most important effect is the estimated 15 dB reduction in system sensitivity caused by the additional impedance of the cable. Of lesser importance are the approximately 10% increase in angle

sensitivity and the apparent drop in the  $S_A$  correction factor, which remained essentially constant during the trials.

Estimates of detection range for various target strengths, taking into account the reduced sensitivity, showed that the system should still be capable of detecting single orange roughy targets at ranges of 100 m, even under worst-case conditions. Alfonsino, which have higher target strengths, should be detectable as single targets at greater ranges.

Some effort will be required to optimise the beam compensation parameters during analysis and post processing of data collected in the field. This should however not present a major problem, provided that a comprehensive beamplot is carried out both before and after the TS experiments. A standard calibration sphere should also be suspended below the transducer during experiments to allow monitoring of the effects of depth (pressure) on both transducer sensitivity and beam parameters.

### **REFERENCES**

Urick, R.J. 1983. Principles of Underwater Sound for Engineers. 3<sup>rd</sup> edn. McGraw-Hill, New York, 384 pp.

Simrad EK500 Scientific Echo Sounder Manual. P2170E, Software Version 4.01, September 1993.

## ANEXO II:

# CONFIGURACIÓN ECOSONDAS DIFERENTES EMBARCACIONES

### Configuración Ecosondas por Crucero

	BONN	BETANZOS	BONN	BONN	
Crucero	I	II	III	IV	
Echosounder	EK60	ES60	EK60	EK60	
Settings period					
Operation dialog					
Ping rate	Maximum	Maximum	Maximum	Maximum	
Transceiver settings					
Power (W)	2.000	2.000	2.000	2.000	
Pulse length (ms)	2,048	2,048	2,048	2,048	
Frequency (Hz)	38.000	38.000	38.000	38.000	
Beam type	Split	Split	Split	Split	
Gain (dB)	24,18	26,50	24,18	24,18	
2-way beam angle (dB)	-20,60	-20,60	-20,60	-20,60	
s <sub>A</sub> Correction (dB)	-0,43	0,00	-0,43	-0,43	
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 sens. Along (°)	21,9	21,9	21,9	21,9	
Angle sens. Athwart (°)	21,9	21,9	21,9	21,9	
3 dB beamw. Along (°)	7,00	7,10	7,00	7,00	
3 dB beamw. Athwart (°)	6,97	7,10	6,97	6,97	
Angle offset along (°)	0,01	0	0,01	0,01	
Angle offset athwart (°)	0,02	0	0,02	0,02	
BI500 dialog					
Echogram	Off	On	Off	Off	
Echotrace	On	Off	On	Off	
Start m	0	100	0	0	
Range m	1.100	1.000	1.100	1.100	

### Configuración Ecosondas por Crucero

	BETANZOS	BONN	BETANZOS	BONN
Crucero	V	VI	VII	VIII
Echosounder Settings period	EK60	EK60	EK60	EK60 (Drop Box)
Operation dialog				
Ping rate	Maximum	Maximum	Maximum	Maximum
Transceiver settings				
Power (W)	2.000	2.000	2.000	2.000
Pulse length (ms)	2.048	2.048	2.048	1.024
Frequency (Hz)	38.000	38.000	38.000	38.000
Beam type	Split	Split	Split	Split
Gain (dB)	26,50	24,59	25,70	19,40
2-way beam angle (dB)	-20,60	-20,60	-20,60	-20,60
s <sub>A</sub> Correction (dB)	0,00	-0,43	-0,38	-0,45
Absorption (dB/km)	9,75	8,82	8,82	10,23
Bandwidth (Hz)	1.448	1.448	1.448	2.425
Sound velocity (m/s)	1.500	1.507	1.507	1.474
Sample interval (m)	0,3840	0,3858	0,3858	0,1887
Angle sens. Along (°)	2,.9	21,9	21,9	21,9
Angle sens. Athwart (°)	21,9	21,9	21,9	21,9
3 dB beamw. Along (°)	7,10	7,00	6,98	6,60
3 dB beamw. Athwart (°)	7,10	6,98	-0,02	6,67
Angle offset along (°)	0	-0,01	7,18	0,03
Angle offset athwart (°)	0	0,02	0,04	0,03
BI500 dialog				
Echogram	On	Off	On	Off
Echotrace	Off	Off	Off	Off
Start m	250	0	0	0
Range m	1.000	1.100	1.000	250

### **ANEXO III:**

LISTADO, FECHA Y PORCENTAJE DE REPRESENTACION EN LOS LANCES DE IDENTIFICACION Y PESCA DE: ORANGE ROUGHY, ALFONSINO Y FAUNA ACOMPAÑANTE, AÑO 2005 Localización, fecha y captura total de orange roughy, alfonsino y fauna acompañante de los lances de identificación y pesca realizados durante 2005.

			Lance	% de Representación en la captura			
Embarcación	Zona	Fecha		Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante	
P.A.M. Bonn	1	20/05/05	1	0,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	1	21/05/05	2	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	05/06/05	3	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	05/06/05	4	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	06/06/05	5	70,2	0,0	29,8	
B/F Betanzos	1	10/06/05	6	62,5	0,0	37,5	
B/F Betanzos	1	11/06/05	7	99,2	0,0	0,8	
B/F Betanzos	1	11/06/05	8	96,4	0,0	3,6	
B/F Betanzos	1	11/06/05	9	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	11/06/05	10	99,9	0,0	0,1	
B/F Betanzos	1	12/06/05	11	0,0	100,0	0,0	
B/F Betanzos	1	13/06/05	12	99,7	0,0	0,3	
B/F Betanzos	1	13/06/05	13	0,0	100,0	0,0	
B/F Betanzos	1	13/06/05	14	0,0	99,8	0,2	
B/F Betanzos	1	13/06/05	15	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	16/06/05	16	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	16/06/05	17	0,0	0,0	100,0	
B/F Betanzos	1	16/06/05	18	0,0	67,4	32,6	
B/F Betanzos	1	20/06/05	19	98,5	0,0	1,5	
B/F Betanzos	1	20/06/05	20	99,6	0,0	0,4	
B/F Betanzos	1	21/06/05	21	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	21/06/05	22	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	21/06/05	23	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	22/06/05	24	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	22/06/05	25	91,7	0,0	8,3	
B/F Betanzos	1	22/06/05	26	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	22/06/05	27	98,5	0,0	1,5	
B/F Betanzos	1	23/06/05	28	99,9	0,0	0,1	
B/F Betanzos	1	23/06/05	29	99,8	0,0	0,2	
B/F Betanzos	1	24/06/05	30	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	1	24/06/05	31	97,5	0,0	2,5	
B/F Betanzos	1	24/06/05	32	100,0	0,0	0,0	

				% de Re	% de Representación en la captura			
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante		
B/F Betanzos	1	24/06/05	33	99,2	0,0	0,8		
B/F Betanzos	1	24/06/05	34	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	24/06/05	35	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	24/06/05	36	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	24/06/05	37	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	25/06/05	38	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	25/06/05	39	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	25/06/05	40	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	25/06/05	41	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	26/06/05	42	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	27/06/05	43	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	27/06/05	44	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	27/06/05	45	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	27/06/05	46	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	27/06/05	47	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	27/06/05	48	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	29/06/05	49	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	30/06/05	50	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	01/07/05	51	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	01/07/05	52	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	01/07/05	53	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	02/07/05	54	99,5	0,0	0,5		
B/F Betanzos	1	02/07/05	55	99,9	0,0	0,1		
B/F Betanzos	1	02/07/05	56	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	03/07/05	57	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	03/07/05	58	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	03/07/05	59	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	03/07/05	60	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	03/07/05	61	93,5	0,0	6,5		
B/F Betanzos	1	03/07/05	62	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	03/07/05	63	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	03/07/05	64	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	03/07/05	65	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	04/07/05	66	98,3	0,0	1,7		

				% de Re	% de Representación en la captura			
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante		
B/F Betanzos	1	04/07/05	67	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	04/07/05	68	93,7	0,0	6,3		
B/F Betanzos	1	04/07/05	69	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	05/07/05	70	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	05/07/05	71	99,6	0,0	0,4		
B/F Betanzos	1	05/07/05	72	99,2	0,0	0,8		
B/F Betanzos	1	05/07/05	73	0,0	0,0	100,0		
B/F Betanzos	1	05/07/05	74	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	05/07/05	75	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	08/07/05	76	91,9	0,0	8,1		
B/F Betanzos	1	08/07/05	77	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	08/07/05	78	0,0	92,7	7,3		
B/F Betanzos	1	08/07/05	79	0,0	99,6	0,4		
B/F Betanzos	1	08/07/05	80	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	08/07/05	81	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	09/07/05	82	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	09/07/05	83	95,6	0,0	4,4		
B/F Betanzos	1	09/07/05	84	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	09/07/05	85	0,0	99,7	0,3		
B/F Betanzos	1	09/07/05	86	0,0	99,9	0,1		
B/F Betanzos	1	09/07/05	87	0,0	98,6	1,4		
B/F Betanzos	1	09/07/05	88	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	15/07/05	89	0,0	99,0	1,0		
B/F Betanzos	1	16/07/05	90	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	16/07/05	91	0,0	99,3	0,7		
B/F Betanzos	1	16/07/05	92	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	16/07/05	93	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	16/07/05	94	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	20/07/05	95	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	20/07/05	96	0,0	99,9	0,1		
B/F Betanzos	1	21/07/05	97	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	21/07/05	98	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	21/07/05	99	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	21/07/05	100	0,0	100,0	0,0		

				% de Re	% de Representación en la captura			
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante		
B/F Betanzos	1	21/07/05	101	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	21/07/05	102	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	21/07/05	103	0,0	99,9	0,1		
B/F Betanzos	1	22/07/05	104	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	22/07/05	105	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	22/07/05	106	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	22/07/05	107	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	1	27/08/05	108	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	27/08/05	109	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	27/08/05	110	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	1	30/08/05	111	0,0	0,0	100,0		
B/F Betanzos	1	30/08/05	112	0,0	0,0	100,0		
B/F Betanzos	1	20/09/05	113	0,0	0,0	100,0		
P.A.M. Bonn	2	21/05/05	114	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	2	10/06/05	115	0,0	0,0	100,0		
B/F Betanzos	2	13/06/05	116	0,0	0,0	100,0		
B/F Betanzos	2	13/06/05	117	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	2	13/06/05	118	0,0	0,0	100,0		
B/F Betanzos	2	14/06/05	119	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	2	14/06/05	120	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	2	14/06/05	121	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	2	14/06/05	122	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	2	14/06/05	123	0,0	100,0	0,0		
B/F Betanzos	2	14/06/05	124	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	2	14/06/05	125	0,0	96,6	3,4		
B/F Betanzos	2	15/06/05	126	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	2	15/06/05	127	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	2	15/06/05	128	0,0	99,5	0,5		
B/F Betanzos	2	15/06/05	129	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	2	15/06/05	130	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	2	17/06/05	131	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	2	17/06/05	132	0,0	0,0	0,0		

				% de Re	presentación en	la captura
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante
B/F Betanzos	2	17/06/05	133	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	2	17/06/05	134	0,0	0,0	100,0
B/F Betanzos	2	17/06/05	135	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	2	18/06/05	136	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	2	18/06/05	137	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	2	18/06/05	138	0,0	100,0	0,0
B/F Betanzos	2	18/06/05	139	0,0	100,0	0,0
B/F Betanzos	2	18/06/05	140	0,0	100,0	0,0
B/F Betanzos	2	19/06/05	141	95,6	0,0	4,4
B/F Betanzos	2	19/06/05	142	0,0	100,0	0,0
B/F Betanzos	2	19/06/05	143	99,1	0,0	0,9
B/F Betanzos	2	19/06/05	144	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	2	19/06/05	145	0,0	100,0	0,0
B/F Betanzos	2	19/06/05	146	98,3	0,0	1,7
B/F Betanzos	2	20/06/05	147	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	2	20/06/05	148	0,0	100,0	0,0
B/F Betanzos	2	20/06/05	149	0,0	99,9	0,1
P.A.M. Bonn	2	04/07/05	150	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	2	04/07/05	151	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	2	05/07/05	152	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	2	05/07/05	153	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	2	06/07/05	154	0,0	100,0	0,0
B/F Betanzos	2	06/07/05	155	0,0	99,7	0,3
P.A.M. Bonn	2	06/07/05	156	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	2	06/07/05	157	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	2	06/07/05	158	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	2	07/07/05	159	0,0	99,8	0,2
B/F Betanzos	2	07/07/05	160	99,0	0,0	1,0
B/F Betanzos	2	11/07/05	161	0,0	99,5	0,5
B/F Betanzos	2	11/07/05	162	96,2	0,0	3,8
B/F Betanzos	2	12/07/05	163	0,0	0,0	0,0

				% de Representación en la captura			
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante	
B/F Betanzos	2	13/07/05	164	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	16/07/05	165	89,8	0,0	10,2	
B/F Betanzos	2	16/07/05	166	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	17/07/05	167	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	17/07/05	168	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	19/07/05	169	93,5	0,0	6,5	
B/F Betanzos	2	19/07/05	170	0,0	100,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	20/07/05	171	0,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	20/07/05	172	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	20/07/05	173	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	20/07/05	174	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	20/07/05	175	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	20/07/05	176	0,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	20/07/05	177	0,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	21/07/05	178	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	21/07/05	179	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	24/07/05	180	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	24/07/05	181	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	25/07/05	182	0,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	25/07/05	183	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	25/07/05	184	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	25/07/05	185	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	25/07/05	186	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	26/07/05	187	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	26/07/05	188	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	26/07/05	189	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	27/07/05	190	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	2	27/07/05	191	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	07/08/05	192	0,0	100,0	0,0	
B/F Betanzos	2	23/08/05	193	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	29/08/05	194	100,0	0,0	0,0	

				% de Representación en la captura			
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante	
B/F Betanzos	2	31/08/05	195	89,6	0,0	10,4	
B/F Betanzos	2	03/09/05	196	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	08/09/05	197	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	08/09/05	198	99,9	0,0	0,1	
B/F Betanzos	2	09/09/05	199	0,0	100,0	0,0	
B/F Betanzos	2	09/09/05	200	99,7	0,0	0,3	
B/F Betanzos	2	09/09/05	201	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	09/09/05	202	97,9	0,0	2,1	
B/F Betanzos	2	11/09/05	203	99,3	0,0	0,7	
B/F Betanzos	2	11/09/05	204	98,4	0,0	1,6	
B/F Betanzos	2	11/09/05	205	90,9	0,0	9,1	
B/F Betanzos	2	11/09/05	206	0,0	100,0	0,0	
B/F Betanzos	2	13/09/05	207	98,4	0,0	1,6	
B/F Betanzos	2	13/09/05	208	99,4	0,0	0,6	
B/F Betanzos	2	13/09/05	209	76,9	0,0	23,1	
B/F Betanzos	2	15/09/05	210	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	15/09/05	211	83,3	0,0	16,7	
B/F Betanzos	2	16/09/05	212	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	17/09/05	213	98,5	0,0	1,5	
B/F Betanzos	2	17/09/05	214	93,6	0,0	6,4	
B/F Betanzos	2	18/09/05	215	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	18/09/05	216	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	19/09/05	217	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	2	19/09/05	218	99,3	0,0	0,7	
B/F Betanzos	2	19/09/05	219	86,9	0,0	13,1	
B/F Betanzos	2	20/09/05	220	0,0	0,0	100,0	
B/F Betanzos	2	20/09/05	221	0,0	0,0	100,0	
B/F Betanzos	2	20/09/05	222	96,7	0,0	3,3	
P.A.M. Bonn	3	20/05/05	223	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	3	10/06/05	224	95,2	0,0	4,8	
B/F Betanzos	3	17/06/05	225	100,0	0,0	0,0	

				% de Re	epresentación en	ı la captura
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante
B/F Betanzos	3	10/07/05	226	99,7	0,0	0,3
B/F Betanzos	3	10/07/05	227	99,5	0,0	0,5
B/F Betanzos	3	10/07/05	228	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	12/07/05	229	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	19/07/05	230	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	20/07/05	231	98,8	0,0	1,3
B/F Betanzos	3	03/08/05	232	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	03/08/05	233	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	03/08/05	234	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	3	17/08/05	235	99,2	0,0	0,8
P.A.M. Bonn	3	18/08/05	236	99,9	0,0	0,1
P.A.M. Bonn	3	18/08/05	237	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	3	19/08/05	238	99,8	0,0	0,2
P.A.M. Bonn	3	19/08/05	239	0,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	3	21/08/05	240	99,9	0,0	0,1
P.A.M. Bonn	3	21/08/05	241	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	22/08/05	242	0,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	3	22/08/05	243	0,0	0,0	100,0
B/F Betanzos	3	22/08/05	244	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	22/08/05	245	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	3	22/08/05	246	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	23/08/05	247	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	23/08/05	248	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	23/08/05	249	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	23/08/05	250	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	24/08/05	251	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	24/08/05	252	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	25/08/05	253	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	25/08/05	254	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	25/08/05	255	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	26/08/05	256	0,0	0,0	0,0

				% de Representación en la captura		
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante
B/F Betanzos	3	28/08/05	257	97,4	0,0	2,6
B/F Betanzos	3	28/08/05	258	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	31/08/05	259	71,4	0,0	28,6
B/F Betanzos	3	01/09/05	260	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	01/09/05	261	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	04/09/05	262	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	3	07/09/05	263	0,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	19/05/05	264	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	19/05/05	265	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	19/05/05	266	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	19/05/05	267	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	17/07/05	268	99,5	0,0	0,5
B/F Betanzos	4	17/07/05	269	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	18/07/05	270	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	18/07/05	271	95,2	0,0	4,8
B/F Betanzos	4	18/07/05	272	92,9	0,0	7,1
B/F Betanzos	4	18/07/05	273	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	18/07/05	274	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	18/07/05	275	99,9	0,0	0,1
B/F Betanzos	4	18/07/05	276	0,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	21/07/05	277	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	21/07/05	278	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	23/07/05	279	0,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	23/07/05	280	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	23/07/05	281	0,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	23/07/05	282	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	23/07/05	283	98,5	0,0	1,5
P.A.M. Bonn	4	25/07/05	284	0,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	25/07/05	285	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	25/07/05	286	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	25/07/05	287	100,0	0,0	0,0

				% de Representación en la captura			
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante	
P.A.M. Bonn	4	26/07/05	288	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	4	26/07/05	289	100,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	4	26/07/05	290	0,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	4	26/07/05	291	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	29/07/05	292	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	29/07/05	293	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	29/07/05	294	99,9	0,0	0,1	
B/F Betanzos	4	30/07/05	295	99,2	0,0	0,8	
B/F Betanzos	4	31/07/05	296	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	31/07/05	297	97,6	0,0	2,4	
B/F Betanzos	4	31/07/05	298	97,6	0,0	2,4	
B/F Betanzos	4	01/08/05	299	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	01/08/05	300	99,0	0,0	1,0	
B/F Betanzos	4	02/08/05	301	99,8	0,0	0,2	
B/F Betanzos	4	02/08/05	302	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	04/08/05	303	99,9	0,0	0,1	
B/F Betanzos	4	04/08/05	304	99,1	0,0	0,9	
B/F Betanzos	4	04/08/05	305	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	04/08/05	306	99,7	0,0	0,3	
B/F Betanzos	4	05/08/05	307	95,2	0,0	4,8	
B/F Betanzos	4	05/08/05	308	99,9	0,0	0,1	
B/F Betanzos	4	05/08/05	309	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	05/08/05	310	98,8	0,0	1,2	
B/F Betanzos	4	06/08/05	311	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	06/08/05	312	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	07/08/05	313	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	07/08/05	314	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	07/08/05	315	99,9	0,0	0,1	
B/F Betanzos	4	08/08/05	316	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	08/08/05	317	87,0	0,0	13,0	
B/F Betanzos	4	08/08/05	318	0,0	0,0	100,0	

				% de Re	presentación en	la captura
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante
B/F Betanzos	4	08/08/05	319	0,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	19/08/05	320	100,0	0,0	0,0
P.A.M. Bonn	4	20/08/05	321	99,7	0,0	0,3
B/F Betanzos	4	21/08/05	322	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	24/08/05	323	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	24/08/05	324	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	26/08/05	325	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	26/08/05	326	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	26/08/05	327	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	28/08/05	328	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	28/08/05	329	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	29/08/05	330	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	29/08/05	331	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	31/08/05	332	97,1	0,0	2,9
B/F Betanzos	4	02/09/05	333	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	02/09/05	334	95,2	0,0	4,8
B/F Betanzos	4	02/09/05	335	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	02/09/05	336	0,0	99,7	0,3
B/F Betanzos	4	04/09/05	337	75,5	0,0	24,5
B/F Betanzos	4	04/09/05	338	99,9	0,0	0,1
B/F Betanzos	4	04/09/05	339	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	05/09/05	340	93,4	0,0	6,6
B/F Betanzos	4	05/09/05	341	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	05/09/05	342	96,8	0,0	3,2
B/F Betanzos	4	05/09/05	343	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	05/09/05	344	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	05/09/05	345	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	05/09/05	346	0,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	06/09/05	347	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	06/09/05	348	100,0	0,0	0,0
B/F Betanzos	4	06/09/05	349	100,0	0,0	0,0

				% de Representación en la captura			
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante	
B/F Betanzos	4	06/09/05	350	90,9	0,0	9,1	
B/F Betanzos	4	06/09/05	351	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	06/09/05	352	0,0	0,0	100,0	
B/F Betanzos	4	06/09/05	353	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	07/09/05	354	99,9	0,0	0,1	
B/F Betanzos	4	07/09/05	355	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	07/09/05	356	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	07/09/05	357	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	07/09/05	358	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	08/09/05	359	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	08/09/05	360	99,2	0,0	0,8	
B/F Betanzos	4	08/09/05	361	0,0	0,0	100,0	
B/F Betanzos	4	14/09/05	362	96,6	0,0	3,4	
B/F Betanzos	4	14/09/05	363	0,0	99,1	0,9	
B/F Betanzos	4	14/09/05	364	99,8	0,0	0,2	
B/F Betanzos	4	15/09/05	365	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	15/09/05	366	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	16/09/05	367	0,0	100,0	0,0	
B/F Betanzos	4	16/09/05	368	99,9	0,0	0,1	
B/F Betanzos	4	16/09/05	369	96,3	0,0	3,7	
B/F Betanzos	4	16/09/05	370	99,7	0,0	0,3	
B/F Betanzos	4	17/09/05	371	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	17/09/05	372	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	18/09/05	373	97,9	0,0	2,1	
B/F Betanzos	4	18/09/05	374	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	18/09/05	375	0,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	19/09/05	376	100,0	0,0	0,0	
B/F Betanzos	4	19/09/05	377	93,0	0,0	7,0	
B/F Betanzos	4	19/09/05	378	0,0	99,7	0,3	
B/F Betanzos	101	07/06/05	379	0,0	0,0	0,0	
P.A.M. Bonn	101	14/07/05	380	0,0	0,0	0,0	

				% de Representación en la captura				
Embarcación	Zona	Fecha	Lance	Orange roughy	Alfonsino	Fauna acompañante		
P.A.M. Bonn	101	14/07/05	381	0,0	0,0	0,0		
P.A.M. Bonn	101	15/07/05	382	0,0	0,0	0,0		
P.A.M. Bonn	101	15/07/05	383	0,0	0,0	0,0		
P.A.M. Bonn	102	17/05/05	384	100,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	102	07/06/05	385	99,5	0,0	0,5		
B/F Betanzos	102	07/06/05	386	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	102	07/06/05	387	98,2	0,0	1,8		
B/F Betanzos	102	08/06/05	388	0,0	0,0	100,0		
B/F Betanzos	102	08/06/05	389	0,0	0,0	0,0		
B/F Betanzos	102	09/06/05	390	84,0	0,0	16,0		
B/F Betanzos	102	09/06/05	391	0,0	0,0	0,0		

## ANEXO IV:

ESTACIONES OCEANOGRAFICAS MUESTREADAS EN EL TRANSCURSO DEL PROYECTO POR FECHA Y ZONA DE REALIZACION

Estaciones oceanográficas muestreadas en el transcurso del proyecto por fecha y zona de realización:

Fecha	Estación	Zona	COORDE GEOGRA		COORDENADAS	S UTM (18 S)
			Latitud	Longitud	Este	Norte
15/05/2005	47	PSI	31,21	71,77	807.754	6.542.626
15/05/2005	48	PSI	31,21	71,81	803.941	6.542.737
15/05/2005	49	PSI	31,21	71,82	802.987	6.542.765
15/05/2005	50	PSI	31,2	71,86	799.206	6.543.983
15/05/2005	51	PSI	31,21	71,88	797.268	6.542.928
15/05/2005	52	PSI	31,21	71,97	788.689	6.543.167
15/05/2005	53	PSI	31,11	71,83	802.352	6.553.883
15/05/2005	54	PSI	31,19	71,82	803.051	6.544.983
15/05/2005	55	PSI	31,24	71,82	802.891	6.539.437
15/05/2005	56	PSI	31,32	71,83	801.683	6.530.592
08/06/2005	57	BO2	32,80	73,63	628.273	6.370.054
08/06/2005	58	BO2	32,83	73,63	628.230	6.366.728
08/06/2005	60	BO2	32,84	73,60	631.023	6.365.582
08/06/2005	61	BO2	32,84	73,63	628.215	6.365.619
08/06/2005	63	BO2	32,84	73,63	628.215	6.365.619
08/06/2005	65	BO2	32,85	73,63	628.201	6.364.510
08/06/2005	67	BO2	32,89	73,63	628.143	6.360.076
08/06/2005	68	BO2	32,84	73,70	621.664	6.365.702
08/06/2005	70	BO2	32,84	73,65	626.343	6.365.643
08/06/2005	72	BO2	32,84	73,61	630.087	6.365.595
08/06/2005	74	BO2	32,84	73,57	633.830	6.365.545
13/06/2005	75	JF1	33,84	<b>78,3</b> 0	194.617	6.250.684
13/06/2005	76	JF1	33,40	78,30	193.059	6.299.498
21/06/2005	77	JF1	33,58	78,38	186.265	6.279.289
21/06/2005	79	JF1	33,58	78,30	193.694	6.279.529
01/07/2005	81	JF1	33,61	78,36	188.231	6.276.021
05/07/2005	82	JF1	33,68	78,42	182.918	6.268.072
05/07/2005	83	JF1	33,61	78,30	193.800	6.276.201
13/07/2005	84	JF2	33,62	77,62	256.944	6.276.898
13/07/2005	85	JF2	33,62	77,68	251.376	6.276.755
13/07/2005	86	JF2	33,61	77,72	247.635	6.277.768
13/07/2005	87	JF2	33,76	77,78	242.514	6.260.981
13/07/2005	88	JF2	33,69	77,46	271.975	6.269.499
13/07/2005	89	JF2	33,65	77,74	245.896	6.273.282
13/07/2005	90	JF2	33,68	77,53	265.458	6.270.451
13/07/2005	91	JF2	33,60	77,75	244.821	6.278.803
13/07/2005	92	JF2	33,58	77,80	240.120	6.280.897
14/07/2005	93	JF2	33,34	77,59	258.952	6.308.024
14/07/2005	94	JF2	33,42	77,63	255.453	6.299.058

Fecha	Estación	Zona	COORDEI GEOGRA		COORDENADAS	S UTM (18 S)
			Latitud	Longitud	Este	Norte
15/05/2005	47	PSI	31,21	71,77	807.754	6.542.626
14/07/2005	95	JF2	33,45	77,65	253.678	6.295.683
14/07/2005	96	JF2	33,53	77,68	251.117	6.286.738
14/07/2005	97	JF2	33,56	77,88	232.631	6.282.912
19/07/2005	98	JF2	33,52	77,67	252.018	6.287.871
31/07/2005	99	JF4	33,39	76,90	323.282	6.303.863
31/07/2005	100	JF4	33,41	76,89	324.253	6.301.662
31/07/2005	101	JF4	33,42	76,88	325.203	6.300.570
04/08/2005	102	JF4	33,41	76,91	322.393	6.301.629
04/08/2005	103	JF4	33,41	76,88	325.183	6.301.679
04/08/2005	104	JF4	33,42	76,88	325.203	6.300.570
08/08/2005	105	JF4	33,42	76,88	325.203	6.300.570
08/08/2005	106	JF4	33,41	76,90	323.323	6.301.646
07/08/2005	107	JF3	33,40	77,39	277.723	6.301.815
07/08/2005	108	JF3	33,38	77,42	274.881	6.303.968
22/09/2005	109	BO2	32,84	73,70	621.664	6.365.702
22/09/2005	110	BO2	32,84	73,65	626.343	6.365.643
22/09/2005	111	BO2	32,84	73,64	627.279	6.365.631
22/09/2005	112	BO2	32,84	73,63	628.215	6.365.619
22/09/2005	113	BO2	32,84	73,62	629.151	6.365.607
22/09/2005	114	BO2	32,84	73,61	630.087	6.365.595
22/09/2005	115	BO2	32,84	73,57	633830	6.365.545
22/09/2005	116	BO2	32,79	73,63	628.287	6.371.163
22/09/2005	117	BO2	32,83	73,63	628.230	6.366.728
22/09/2005	118	BO2	32,85	73,63	628.201	6.364.510
22/09/2005	119	BO2	32,85	73,63	628.201	6.364.510
22/09/2005	120	BO2	32,89	73,63	628.143	6.360.076
20/09/2005	121		33,81	79,22	109.291	6.250.896
16/09/2005	122		33,65	<b>78,5</b> 0	175.385	6.271.152
17/09/2005	123		33,60	78,05	216.974	6.278.023
17/09/2005	124		33,57	77,69	250.304	6.282.277
17/09/2005	125		33,39	77,43	273.977	6.302.838
17/09/2005	126		33,49	77,27	289.104	6.292.084
18/09/2005	127		33,43	76,85	328.012	6.299.512
21/09/2005	128		33,32	76,27	381.788	6.312.517
21/09/2005	129		33,22	75,68	436.635	6.324.117
21/09/2005	130		33,11	<b>75,1</b> 0	490.670	6.336.514
22/09/2005	131		33,02	74,64	533.622	6.346.438
22/09/2005	132		32,90	73,89	603.811	6.359.253
22/09/2005	133		32,84	78,64	159.259	6.360.576
22/09/2005	134		32,70	73,70	621.854	6.381.223

Fecha	Estación	Zona	COORDI GEOGR		COORDENADA	AS UTM (18 S)	
			Latitud	Longitud	Este	Norte	
15/05/2005	47	PSI	31,21	71,77	807.754	6.542.626	
13/09/2005	135	JF2	33,52	77,53	265.024	6.288.197	
13/09/2005	136	JF2	33,46	77,63	255.565	6.294.621	
13/09/2005	137	JF2	33,43	77,64	254.551	6.297.925	
13/09/2005	138	JF2	33,59	77,80	240.150	6.279.788	
13/09/2005	139	JF2	33,60	77,76	243.893	6.278.779	
13/09/2005	140	JF2	33,62	77,68	251.376	6.276.755	
13/09/2005	141	JF2	33,64	77,63	256.072	6.274.656	
13/09/2005	142	JF2	33,65	77,73	246.824	6.273.306	
13/09/2005	143	JF2	33,68	77,75	245.057	6.269.930	
14/09/2005	144	JF2	33,27	77,56	261.555	6.315.857	
14/09/2005	145	JF2	33,53	77,98	223.248	6.285.977	
14/09/2005	146	JF2	33,84	77,82	239.052	6.252.006	
01/09/2005	147	JF3	33,37	77,41	275.786	6.305.099	
01/09/2005	148	JF3	33,37	77,42	274.855	6.305.077	
07/09/2005	149	JF3	33,37	77,36	280.439	6.305.206	
07/09/2005	150	JF3	33,37	77,43	273.925	6.305.056	
07/09/2005	151	JF3	33,39	77,40	276.768	6.302.902	

## ANEXO V:

PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD Y OBJETIVO ESPECIFICO

Personal científico que participó en los diferentes cruceros:

Nombre	Rol en el crucero	Institución
Crucero I: Bonn, 10	al 16 de Mayo de 2005	
Edwin Niklitschek	Jefe de Proyecto	Universidad Austral de Chile
Jorge Cornejo	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Eduardo Hernández	Soporte Acústico y Coordinador Biológico	Universidad Austral de Chile
Ramón Mayorga	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
Crucero II: Betanzos	, 5 de Junio al 25 de Julio de 2005	
David Boyer	Líder de crucero	Fisheries Resource Surveys
Rodrigo Merino	Soporte Acústico y Líder de crucero	Universidad Austral de Chile
Janine Nelson	Soporte Acústico	Fisheries Resource Surveys
Hugo Lagos	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Eduardo Hernández	Coordinador Biológico	Universidad Austral de Chile
Luis Iriarte	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
Crucero III: Bonn, 2	al 10 de Julio de 2005	
Edwin Niklitschek	Líder de crucero	Universidad Austral de Chile
Jorge Cornejo	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Adolfo Meza	Soporte Acústico y Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
Crucero IV: Bonn, 12	2 al 28 de Julio de 2005	
Jorge Cornejo	Líder de crucero	Universidad Austral de Chile
Adolfo Meza	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Ramón Mayorga	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
Crucero V: Betanzos	, 27 de Julio al 10 de Agosto de 2005	
David Boyer	Líder de crucero	Fisheries Resource Surveys
Jorge Cornejo	Análisis, soporte acústico, etc.	Universidad Austral de Chile
Mónica Barros	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Hugo Lagos	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Eduardo Hernández	Coordinador Biológico	Universidad Austral de Chile
Luis Iriarte	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
Crucero VI: Bonn, 14	al 25 de Agosto de 2005	
David Boyer	Líder Crucero	Universidad Austral de Chile
Janine Nelson	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Luis Iriarte	Soporte Acústico y Observador Biológico	Universidad austral de Chile
Crucero VII: Betanze	os, 29 de Agosto al 20 de Septiembre de 200	5
Luis Iriarte	Líder Crucero	Universidad Austral de Chile
Mónica Barros	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Ramón Mayorga	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile
Crucero VIII: Bonn,	22 de Agosto al 4 de Septiembre de 2006	
Edwin Niklitschek	Líder Crucero	Universidad Austral de Chile
Jorge Cornejo	Soporte Acústico	Universidad Austral de Chile
Claudio Carocca	Observador Biológico	Universidad Austral de Chile

## Personal participante por objetivo del proyecto:

Objetivo I: Estimar la abundancia (en número) y biomasa desovante (en peso) de orange roughy en cuatro áreas de pesca del Archipiélago de Juan Fernández, las dos de Bajo O"Higgins y el área de Punta Sierra.

Nombre	Rol en el proyecto	нн	Institución
David Boyer	Jefe de crucero; Análisis y post-proceso data acústica.	257	Fisheries Resource Surveys
Jorge Cornejo	Asistente muestreo hidroacústico; Análisis data acústica; Administrador base de datos	360	U. Austral de Chile
Ian Hampton	Análisis ex post	65	Fisheries Resource Surveys
Eduardo Hernández	Coordinador muestreo biológico a bordo, post-proceso data acústica.	363	U. Austral de Chile
Alejandra Lafon	Coordinación y diseño muestreo y análisis biológico. Coordinación logística cruceros. Estimación TS ex situ. Elaboración de informes.	50	U. Austral de Chile
Rodrigo Merino	Asistente y Jefe de crucero; Análisis de datos	260	U. Austral de Chile
Janine Nelson	Asistente muestreo hidroacústico, post-proceso data acústica	286	Fisheries Resource Surveys
Edwin Niklitschek	Jefe de proyecto, líder crucero, análisis.	279	U. Austral de Chile
Rubén Roa	Análisis Estadístico	28	U. de Concepción
Observadores biológicos	Muestreo biológico	679	U. Austral de Chile

Objetivo II: Estimar la abundancia (en número) y biomasa (en peso) de alfonsino, en sus principales áreas de pesca.

Nombre	Rol en el proyecto	нн	Institución
David Boyer	Jefe de crucero; Análisis y post-proceso data acústica.	257	Fisheries Resource Surveys
Jorge Cornejo	Asistente muestreo hidroacústico; Análisis data acústica; Administrador base de datos	360	U. Austral de Chile
Ian Hampton	Análisis ex post	65	Fisheries Resource Surveys
Eduardo Hernández	Coordinador muestreo biológico a bordo, post-proceso data acústica.	363	U. Austral de Chile
Alejandra Lafon	Coordinación y diseño muestreo y análisis biológico. Coordinación logística cruceros. Estimación TS ex situ. Elaboración de informes.	50	U. Austral de Chile
Rodrigo Merino	Asistente y Jefe de crucero; Análisis de datos	260	U. Austral de Chile

Nombre	Rol en el proyecto	нн	Institución
Janine Nelson	Asistente muestreo hidroacústico, post-proceso data acústica	286	Fisheries Resource Surveys
Edwin Niklitschek	Jefe de proyecto, líder crucero, análisis.	277	U. Austral de Chile
Observadores biológicos	Muestreo biológico	679	U. Austral de Chile

Objetivo III: Estimar la composición de tallas, relación longitud-peso y proporción sexual de los efectivos de orange roughy y alfonsino presentes en cada una de las áreas o caladeros estudiados, durante el periodo de evaluación acústica.

Nombre	Rol en el proyecto		Institución
Jorge Cornejo	Asistente muestreo hidroacústico; Análisis data acústica; Administrador base de datos	360	U. Austral de Chile
Eduardo Hernández	Coordinador muestreo biológico a bordo, post-proceso data acústica.	363	U. Austral de Chile
Edwin Niklitschek	Jefe de proyecto, líder crucero, análisis.	277	U. Austral de Chile
Rubén Roa	Análisis estadístico	28	U. de concepción

Objetivo IV: Estimar mediante métodos in situ, la fuerza de blanco (TS) para orange y alfonsino.

Nombre	Rol en el proyecto	нн	Institución
Jorge Cornejo	Asistente muestreo hidroacústico; Análisis data acústica; Administrador base de datos	360	U. Austral de Chile
Ian Hampton	Análisis ex post, análisis in situ	43	Fisheries Resource Surveys
Eduardo Hernández	Coordinador muestreo biológico a bordo, post-proceso data acústica.	363	U. Austral de Chile
Alejandra Lafon	Coordinación y diseño muestreo y análisis biológico. Coordinación logística cruceros. Estimación TS ex situ. Elaboración de informes.	400	U. Austral de Chile
Edwin Niklitschek	Jefe de proyecto, líder crucero, análisis.	277	U. Austral de Chile
Michael Soule	Análisis ex post, análisis in situ	176	Fisheries Resource Surveys
Observadores biológicos	Muestreo biológico	679	U. Austral de Chile

Objetivo V: Caracterizar el entorno biológico (fauna acompañante, parasitofauna, alimentación) y el ambiente físico (T°, S‰, O₂, etc.) del hábitat de ambas especies, asociando las variables a una cartografía de sus respectivos fondos de pesca.

Nombre	Rol en el proyecto		Institución
Gustavo Aedo	Caracterización fauna acompañante y alimentación	40	U. de Concepción
Leonardo Castro	Caracterización ambiente físico	70	U. de Concepción
Mario George-Nascimento	Caracterización parasitofauna	136	U. Católica Ssma.Concepción
Ciro Oyarzún	Caracterización fauna acompañante y alimentación	54	U. de Concepción
Marcus Sobarzo	Caracterización ambiente físico	40	U. de Concepción

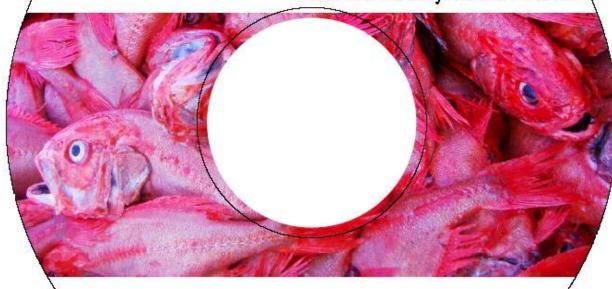
ANEXO VI:

BASE DE DATOS



## Universidad Austral de Chile Centro Trapananda

Informe Final Proyecto FIP 2005-13



Evaluación hidroacústica y TS de alfonsino y orange roughy

Illustration 1: