



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Departamento de Oceanografía

Informe Final
(Corregido)

PROYECTO FIP 2013-18
HISTORIA DE VIDA Y DINÁMICA POBLACIONAL
DE JIBIA EN AGUAS NACIONALES

REQUIRENTE: Fondo de Investigación Pesquera

OFERENTE : Universidad de Concepción

Concepción, abril de 2016

**TITULO DEL PROYECTO : FIP 2013-18 “HISTORIA DE VIDA Y
DINÁMICA POBLACIONAL DE JIBIA EN
AGUAS NACIONALES”**

REQUIRENTE : Fondo de Investigación Pesquera

**UNIDAD EJECUTORA : Departamento de Oceanografía,
Universidad de Concepción**

**SUBCONTRATOS : Instituto de Investigación Pesquera VIII Región
Universidad Católica del Norte, Sede Coquimbo**

DIRECTOR PROYECTO : Prof. Dr. Hugo Arancibia

Este documento debe ser citado como:

Arancibia H., M. Barros, S. Neira, R. Alarcón, A. Gretchina, A. Yáñez, C. Ibáñez, L. Cisternas, A. Zúñiga, C. Bruno, N. Alegría, E. Acuña y A. Cortés. 2016. Informe Final Proyecto FIP 2013-18. Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales. Universidad de Concepción / INPESCA / UCN, 386 p. + Anexos.

HITOS RELEVANTES PROYECTO FIP 2013-18

Fecha	Hito
10-09-2013	Se publica en el portal www.chilecompras.cl la convocatoria a concurso público de este proyecto.
01-10-2013	Se ingresa las ofertas técnica y económica a www.mercadopublico.cl
15-10-2013	En sesión N° 204 el Consejo de Investigación Pesquera (CIP) adjudica a la Universidad de Concepción la ejecución del proyecto.
04-11-2013	Se recibe carta FIP N° 341 informando la adjudicación del proyecto.
07-12-2013	Se responde a las observaciones técnicas efectuadas por los evaluadores a la propuesta técnica.
13-12-2013	Se publica Decreto Exento N°1376 de la Subsecretaría de Pesca.
27-12-2013	Se firma el contrato entre el Consejo de Investigación Pesquera (CIP) y la Universidad de Concepción (UdeC).
23-12-2013	Se pone en marcha del proyecto con instituciones subcontratadas.
03-04-2014	Se realiza taller de trabajo con co-investigadores del proyecto.
14a16-01-2014	Se realiza taller de capacitación de muestreos a técnicos y profesionales del proyecto en INPESCA (Talcahuano).
27-05-2014	Se solicita al FIP prórroga de entrega de informe de avance.
26-06-2014	Se aprueba solicitud de prórroga de entrega de informe de avance mediante carta FIP N° 227.
29-07-2014	Se envía Informe de Avance.
10-01-2015	Llegada de expertos internacionales Dr. William Gilly (University of Stanford, USA), Dr. Alexander Arkhipkin (Fisheries Department, Falkland Islands) y Dr. Unai Markaida (Colegio de la Frontera Sur, Campeche, México).
11 a 15-01-2015	Taller de trabajo de co-investigadores del proyecto y expertos internacionales.
14-01-2015	Se realiza taller de difusión de resultados del proyecto en la UdeC.
06-02-2015	Se envía a la Secretaría Ejecutiva del FIP el Pre-Informe Final.
20-05-2015	Se recibe calificaciones técnicas al Pre-Informe Final.
09-07-2015	Se envía a la Secretaría Ejecutiva del FIP el Pre-Informe Final (corregido).
31-08-2015	Se recepciona evaluación al Pre-Informe Final (corregido).
16-10-2015	Se envía el Pre-Informe Final (corregido 2).
04-01-2016	Se envía el Informe Final.
08-04-2016	Se envía el nuevo Informe Final (corregido).

Tabla de Contenido

	Pág.
Índice de Figuras	ix
Índice de Tablas	xvii
Resumen Ejecutivo	23
1. Presentación.....	35
2. Antecedentes	35
2.1. Interacción jibia – merluza común.....	35
2.2. Historia de vida de <i>D. gigas</i>	38
2.2.1. Estructura de tamaños	39
2.2.2. Reproducción	40
2.2.3. Alimentación.....	40
2.2.4. Predadores.....	42
2.2.5. Pesquería.....	42
2.2.6. Fluctuaciones del stock.....	44
2.3. Referencia Sección Antecedentes	45
3. Objetivos	49
3.1. Objetivo General.....	49
3.2. Objetivo Específicos	49
4. Del Objetivo Específico 1.....	51
4.1. Sección 1. Distribución de lances de pesca, análisis de frecuencias de tamaños y relación longitud peso de jibia.....	51
Resumen	51
4.1.1. Introducción	53
4.1.2. Materiales y Métodos	57
4.1.2.1. Periodo de Estudio	57
4.1.2.2. Recopilación de datos operacionales y muestras biológicas	58
4.1.2.3. Recopilación de datos operacionales y muestras biológicas	58

4.1.2.4.	Mediciones corporales (frecuencias de tamaños y peso).....	59
4.1.2.5.	Parámetros de la relación longitud dorsal del manto (LDM) vs. peso	62
4.1.3.	Resultados.....	63
4.1.3.1.	Área de estudio	63
4.1.3.2.	Datos de muestreos biológicos	67
4.1.3.3.	Frecuencia de tamaños de jibia.....	68
4.1.3.4.	Relaciones longitud-peso.....	82
4.1.4.	Discusión	87
4.1.5.	Conclusiones.....	93
4.1.6.	Referencias Bibliográficas.....	95
4.2.	Sección 2. Determinación de la edad de jibia (<i>Dosidicus gigas</i>) mediante lectura de incrementos de crecimiento diario en estatolitos	96
Resumen	.....	96
4.2.1.	Introducción.....	96
4.2.2.	Materiales y Métodos.....	98
4.2.2.1.	Muestreos Biológicos	98
•	Obtención de estatolitos.....	98
•	Preparación de las muestras.....	99
•	Medición y lectura de los estatolitos.....	100
•	Confección de claves talla edad.....	101
4.2.3.	Resultados.....	102
4.2.4.	Discusión	119
4.2.5.	Referencias Bibliográficas.....	121
4.3.	Sección 3. Composición de la dieta y tasa de consumo de <i>D. gigas</i>	137
Resumen	.....	137
4.3.1.	Introducción.....	137
4.3.2.	Materiales y Métodos.....	140
4.3.2.1.1.	Datos	140
4.3.2.2.	Análisis del contenido estomacal de jibia (datos de campo)	141
4.3.2.3.	Composición de la dieta de <i>D. gigas</i>	142

4.3.2.4.	Consumo (Q), ración diaria de alimento (RD) y tasa de evacuación gástrica (E) en <i>D. gigas</i>	144
4.3.2.5.	Métodos energéticos	148
4.3.3.	Resultados	149
4.3.3.1.	Análisis del contenido estomacal de jibias desembarcadas en Coquimbo (IV Región).....	149
4.3.3.2.	Análisis del contenido estomacal de jibias en la zona centro-sur (VIII Región).....	152
4.3.3.3.	Composición de la dieta de jibia por tamaño y zona (IV y VIII Regiones)	159
4.3.3.4.	Consumo (Q), ración diaria de alimento (RD) y tasa de evacuación gástrica (E) en jibia	168
4.3.3.5.	Métodos energéticos	172
4.3.4.	Discusión	173
4.3.5.	Conclusiones	175
4.3.6.	Referencias Bibliográficas	176
4.4.	Sección 4. Estimación de la mortalidad natural y mortalidad total de <i>Dosidicus gigas</i>	180
Resumen	.....	180
4.4.1.	Introducción	180
4.4.2.	Materiales y Métodos.....	181
4.4.2.1	Datos de captura y parámetros de crecimiento	181
4.4.2.2	Mortalidad natural (M)	182
4.4.2.3.	Mortalidad total (Z)	183
4.4.2.4.	Varianza	184
4.4.3.	Resultados	186
4.4.4.	Discusión	192
4.4.5.	Conclusiones	194
4.4.6.	Referencias.....	195
5.	Del Objetivo Específico 2.....	197
Resumen	.....	197
5.1.	Introducción	197
5.2.	Materiales y Métodos	199

5.2.1.	Modelo de evaluación de stock.....	199
5.2.1.1.	Información	199
5.2.1.2.	Modelo de biomasa dinámica de Schaefer	201
5.2.1.3.	Error de observación.....	202
5.2.1.4.	Extensión del modelo de biomasa dinámica.....	202
5.2.1.5.	Dinámica del stock para proyección de biomasa.....	204
5.2.1.6.	Ecuaciones de dinámica del stock para la simulación de biomosas proyectadas	205
5.2.1.7.	Parámetros del stock para el manejo pesquero	205
5.2.2.	Condicionamiento del Modelo.....	206
5.2.3.	Lenguaje de programación.....	206
5.3.	Resultados.....	207
5.3.1.	Biomasa total y biomasa de machos y de hembras.....	207
5.4.	Discusión	222
5.5.	Conclusiones.....	225
5.6.	Referencia Bibliográfica.....	226
6.	Del Objetivo Específico 3.....	229
	Resumen	229
6.1.	Introducción. Rendimiento máximo sostenido en la pesquería de jibia.	229
6.2.	Materiales y Métodos	230
6.2.1.	Indicadores de la pesquería.....	230
6.2.2.	Modelo de Biomasa Dinámica para estimar RMS.....	230
6.2.3.	Análisis de rendimiento por recluta (Y/R).....	231
6.3.	Resultados.....	237
6.3.1.	Indicadores de la pesquería.....	237
6.3.1.1.	Lances de pesca	237
6.3.1.2.	Esfuerzo de pesca.....	238
6.3.1.3.	Capturas y desembarques.....	238
6.3.1.4.	Rendimiento de pesca	242
6.3.2.	Análisis de rendimiento por recluta.....	250
6.4.	Discusión	252
6.5.	Conclusiones.....	255

6.6.	Referencias bibliográficas	256
7.	Del Objetivo Específico 4.....	258
	Resumen	258
7.2.	Materiales y Métodos.....	258
7.2.1.	Descomposición de la captura a la edad	258
7.3.	Resultados	261
7.3.1	Descomposición de la captura a la edad	261
7.4.	Conclusiones	262
8.	Del Objetivo Específico 5.....	270
	Resumen	270
8.1.	Introducción	270
8.1.1.	Cefalópodos que ponen una única vez en su vida (formalmente semélparos)	271
8.1.2.	Cefalópodos que ponen varias veces durante su vida (formalmente iteróparos).....	271
8.2.	Materiales y Métodos.....	273
8.2.1.	Taller para estandarización de criterios de muestreos biológico-específicos	274
8.3.	Resultados	275
8.3.1.	Reproducción y madurez sexual	275
8.3.2.	Discusión	281
8.4.	Conclusiones	285
8.5.	Referencias.....	286
9.	Del Objetivo Específico 6.....	289
9.1.	Modelo conceptual de la historia de vida del stock de jibia	289
	Resumen	289
9.1.1.	Introducción	290
9.1.2.	Modelo conceptual de la historia de vida del stock de jibia frente a Chile centro-sur	295
9.1.3.	Discusión	299
9.1.4.	Conclusiones	301
9.2.	Modelo de manejo	302
9.3.	Referencias Bibliográficas.....	311
10.	Del Objetivo Específico 7.....	315

10.1.	Sección 1. Estimación de la fuerza del blanco (TS) <i>ex situ</i> e <i>in situ</i> de jibia (<i>Dosidicus gigas</i>) frente a Chile central	315
Resumen	.....	315
10.1.1.	Introducción	316
10.1.2	Materiales y Métodos.....	319
10.1.2.1.	Determinación de TS <i>ex situ</i> de jibia.....	319
•	Embarcación y equipamiento acústico	319
•	Obtención de muestras y lugar del experimento.....	321
•	Montaje de ejemplares de jibia	321
•	Mediciones acústicas	324
•	Estimación de la fuerza de blanco	325
10.1.2.2.	Determinación de TS <i>in situ</i> de jibia	328
•	Embarcación y equipamiento acústico	328
•	Interpretación de datos <i>in situ</i> de TS	329
•	Obtención de fuerza de blanco (TS) <i>in situ</i> de jibia	329
10.1.2.3.	Estimación de la función de TS mediante mínimos cuadrados	330
10.1.3.	Resultados.....	332
10.1.3.1.	TS <i>ex situ</i> de jibia.....	332
10.1.3.2.	TS <i>in situ</i> de jibia.....	334
10.1.4.	Discusión	337
10.1.5.	Conclusiones.....	339
10.1.6.	Referencias Bibliográficas.....	340
10.2.	Sección 2. Proposición de un modelo de evaluación directa de la abundancia y biomasa de jibia	343
10.2.1.	Introducción.....	343
10.2.2.	Materiales y Métodos.....	344
10.2.2.1.	Propuesta de un modelo de evaluación directa.....	344
10.2.2.2.	Método de marcaje y recaptura.....	345
10.2.2.3.	Método del área barrida	346
10.2.2.4.	Método acústico.....	347
10.2.3.	Resultados.....	348

10.2.3.1	Métodos de evaluación directa	348
10.2.3.2.	Evaluación directa propuesta	352
10.2.3.3.	Términos Técnicos de Referencia.....	353
10.2.4.	Discusión	358
10.2.5.	Referencias bibliográficas.....	361
11.	Conclusiones Generales	364
12.	Talleres	370
13.	Plan y descripción general de actividades.....	372
13.1.	Composición y organización del equipo profesional y técnico	372
13.1.1.	Universidad de Concepción (UdeC)	372
13.1.2.	Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA).....	373
13.1.3.	Universidad Católica del Norte (UCN)	375
13.2.	Plan detallado de asignación del personal profesional y técnico.....	376
13.2.1.	Total de Horas asignadas	376
13.2.2.	Total de horas por objetivo específico.....	377
13.2.2.1.	Objetivo Específico 1.....	377
13.2.2.2.	Objetivo Específico 2.....	378
13.2.2.3.	Objetivo Específico 3.....	379
13.2.2.4.	Objetivo Específico 4.....	380
13.2.2.5.	Objetivo Específico 5.....	381
13.2.2.6.	Objetivo Específico 6.....	382
13.2.2.7.	Objetivo Específico 7.....	383
13.2.3.	Participación de investigadores por objetivo específico (O.E.) y tema (incluye solo profesionales, no técnicos).....	384
ANEXOS.....	.....	386

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Captura por unidad de esfuerzo de jibia en cruceros de evaluación acústica de merluza común en Chile. Las barras de color gris señalan que hubo un crucero de otoño en los años 2005, 2006 y 2010, además de los cruceros regulares de julio-agosto. Nota: no se realizó cruceros en los años 2003 y 2010.	37
Figura 2. Rendimientos promedio anuales (captura por unidad de esfuerzo de merluza común) de la flota industrial arrastrera merlucera y desembarques anuales de merluza común. Esta figura corresponde a la Lámina N° 8 de la presentación de Hernán Rebolledo de INPESCA y fue presentada en el Taller del Comité Científico de Merluza Común (5 y 6 de septiembre de 2006, Universidad de Concepción, Concepción).	38
Figura 1.1. Vista dorsal de jibia y medidas morfométricas registradas: longitud dorsal del manto (LDM), ancho del manto (AM), longitud de la aleta (LA), ancho de aletas (AA), ancho de la cabeza (AC) y longitud de la cabeza (LC). 60	
Figura 1.2. Ejemplo de muestreo de longitud y peso de jibia a bordo de naves pesqueras y en laboratorio.....	60
Figura 1.3. Distribución espacial mensual de lances de pesca de jibia de la flota industrial de la VIII Región muestreados en 2014.	65
Figura 1.4. Distribución espacial mensual de lances de pesca de jibia de la flota industrial de la VIII Región muestreados en los años 2011, 2012 y 2013.	66
Figura 1.5. Dinámica mensual de temperatura superficial del mar en la región adyacente a la zona principal de la pesca de jibia desde enero hasta octubre de 2014. La flecha café indica la posición espacial aproximada del eje principal de la Corriente de Humboldt (Fuente: Programa Sinóptico de Pesca de INPESCA).	67
Figura 1.6. Frecuencias de tallas mensuales de jibia por sexo. Período: enero-octubre de 2014, VIII Región. Izquierda: machos, derecha: hembras.	71
Figura 1.7. Frecuencias de tallas acumuladas de jibia por sexo. Período: enero-octubre de 2014, VIII Región. a) Machos; b) hembras.....	72
Figura 1.8. Talla promedio mensual (LDM) de jibia por sexo. Período: enero-octubre de 2014, VIII Región (línea continua: hembras; línea punteada: machos).	72
Figura 1.9. Peso total promedio mensual de jibia por sexo. Período: enero-octubre de 2014, VIII Región (línea continua: hembras; línea punteada: machos).	73
Figura 1.10. Distribución de frecuencias de tallas mensuales de jibia por sexo, VIII Región. Período: enero, junio-agosto y diciembre de 2013. Izquierda: machos; derecha: hembras.	74

Figura 1.11. Longitud dorsal del manto promedio de jibia por sexo, VIII Región. Período: junio-agosto de 2013. Línea continua: hembras; línea punteada: machos.	75
Figura 1.12. Peso total promedio de jibia por sexo, VIII Región. Período: junio-agosto de 2013. Línea continua: hembras; línea punteada: machos.	75
Figura 1.13. Distribución de frecuencias de tallas mensuales de jibia, sexos conjuntos, VIII Región. Período: abril-noviembre de 2011.	77
Figura 1.14. Distribución de frecuencias de tallas mensuales de jibia, sexos conjuntos, VIII Región. Período: enero, marzo, mayo-septiembre de 2012.	78
Figura 1.15. Distribución de frecuencias de tallas anuales de jibia (sexos conjuntos) en los años 2011 (a), 2012 (b), 2013 (c) y 2014 (d), VIII Región.	79
Figura 1.16. Distribución de frecuencias de tallas de jibia para el período mayo-septiembre 2014, IV Región. a) machos; b) hembras; c) total ambos sexos.	81
Figura 1.17. Relaciones mensuales LDM-peso total de jibia. Período: enero-mayo 2014; izquierda: machos; derecha: hembras.	83
Figura 1.18. Relaciones mensuales LDM-peso total de jibia. Período: junio-octubre 2014; izquierda: machos; derecha: hembras.	84
Figura 1.19. Relaciones anuales LDM-peso total de jibia (sexos combinados) de 2011 a 2014.	85
Figura 1.20. Relaciones LDM-peso total de jibia para el período mayo-septiembre 2014, IV Región. a) machos; b) hembras; c) total ambos sexos.	86
Figura 1.21. Estructura mensual de tamaños de jibia en 2014: a) en las capturas de la flota artesanal de Perú (línea negra: en el litoral norte; línea punteada roja: en el litoral sur). Fuente: IMARPE, 2015; b) en las capturas de la flota industrial de la VIII Región de Chile (este proyecto).	91
Figura 1.22. Longitud dorsal del manto promedio mensual de jibia (ambos sexos), IV Región. Línea roja: año 2014 (este proyecto); línea azul: año 2006 (Arancibia <i>et al.</i> , 2007).	92
Figura 2.1. Disección de la cabeza de <i>D. gigas</i> para la extracción de estatolitos.	98
Figura 2.2. Placa de cartón para almacenar estatolitos de jibia. Fotografía derecha es un acercamiento.	99
Figura 2.3. Esquema que representa una sección longitudinal del montaje del estatolito (lado convexo hacia arriba). La línea punteada indica el plano de pulido.	100
Figura 2.4. Identificación del centro del estatolito con aumento 400X, previo a la lectura de anillos de crecimiento diario.	101
Figura 2.5. Identificación de anillos diarios en un estatolito de jibia aumento: 1.000X.	102
Figura 2.6. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios de <i>D. gigas</i> (n= 168). Los puntos negros corresponden a las observaciones de hembras capturadas desde mayo hasta octubre. La línea roja corresponde al ajuste del modelo.	104

Figura 2.7.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> (n=168). Los puntos negros son las observaciones de machos capturados desde mayo hasta octubre. La línea roja es el ajuste del modelo.	105
Figura 2.8.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> (n=185). Los puntos negros son las observaciones de hembras capturadas desde noviembre hasta abril. La línea roja es el ajuste al modelo.	105
Figura 2.9.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> (n=172). Los puntos negros corresponden a las observaciones de machos capturados desde noviembre hasta abril. La línea roja representa el ajuste al modelo.	106
Figura 2.10.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> (n=353). Los puntos negros son las observaciones de hembras capturadas durante todo el año. La línea roja representa el ajuste al modelo.	107
Figura 2.11.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> (n=347). Los puntos negros son las observaciones de machos capturados durante todo el año. La línea roja representa el ajuste al modelo.	108
Figura 2.12.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> (n= 353), fijando el parámetro t_0 . Los puntos negros corresponden a las observaciones de hembras capturadas durante todo el año. La línea roja representa el ajuste al modelo.	109
Figura 2.13.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en machos de <i>D. gigas</i> (n=347) fijando el parámetro t_0 . Los puntos negros corresponden a las observaciones de machos capturados durante todo el año. La línea roja corresponde al ajuste de modelo.	110
Figura 2.14.	Ajuste de la curva de crecimiento von Bertalanffy en peso a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> (n=337), fijando el parámetro t_0 . Los puntos negros son las observaciones de hembras capturadas durante todo el año. La línea roja representa el ajuste de modelo.	111
Figura 2.15.	Ajuste de la curva de crecimiento von Bertalanffy en peso (g) a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> (n=337), fijando el parámetro t_0 . Los puntos negros son las observaciones de hembras capturadas durante todo el año. La línea roja representa el ajuste de modelo.	112
Figura 2.16.	Dispersión de lecturas de microincrementos de crecimiento en estatolitos de <i>D. gigas</i> (entre dos lectores) y ajuste (línea recta). Las barras verticales representan 1 d.s.; n=14. Panel a: lector 1 vs. lector 2 ($r^2=0,86$); panel b: lector 1 vs. lector 3 ($r^2=0,97$); panel c: lector 3 vs. lector 2 ($r^2=0,92$).	113
Figura 2.17.	Diferencias (en días) en las determinaciones de edad. Panel a: lector 1 vs. lector 2; panel b: lector 1 vs. lector 3; panel c: lector 3 vs. lector 2; n=14.	114

Figura 2.18.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> machos (n= 61). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo.....	128
Figura 2.19.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> hembras (n= 77). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo.....	128
Figura 2.20.	Ajuste de la curva de crecimiento en peso von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> machos (n= 61). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo.....	129
Figura 2.21.	Ajuste de la curva de crecimiento en peso von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> hembras (n= 77). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo.....	129
Figura 2.22.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud del modelo logístico a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> machos (n= 61). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo logístico de von Bertalanffy.....	130
Figura 2.23.	Ajuste de la curva de crecimiento en longitud del modelo logístico a lecturas de incrementos diarios en <i>D. gigas</i> hembras (n= 77). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo logístico de von Bertalanffy.....	130
Figura 2.24.	Sesgo por edad entre lectores para las lecturas de anillos diarios en estatolitos de <i>D. gigas</i> . Las líneas verticales representan la desviación estándar.	131
Figura 2.25.	Diferencia (días) en las determinaciones de edad entre lector 1 y lector 2 (n=14).....	131
Figura 3.1.	Estado de llenado de estómagos de jibia por mes en la zona norte; n=234.	151
Figura 3.2.	Estado de digestión del contenido estomacal de jibia por mes en la zona norte; n =234.	151
Figura 3.3.	Índice de llenado en peso de estómagos de jibia para la zona norte; n=234 (barras verticales – desviación estándar).	152
Figura 3.4.	Estado de llenado de estómagos de jibia por mes en la zona centro-sur; n=1.237.	153
Figura 3.5.	Estado de digestión del contenido estomacal de jibia por mes en la zona centro-sur; n =1237.	155

Figura 3.6.	Índice de llenado en peso de los estómagos de jibia para la zona centro-sur; n= 1.237 (barras verticales desviación estándar).	155
Figura 3.7.	Frecuencia porcentual del peso del contenido estomacal en cefalópodos, peces y crustáceos en <i>D. gigas</i> . Período: enero-octubre 2014 en la zona centro sur.	158
Figura 3.8.	Diversidad y dominancia en la dieta de <i>D. gigas</i> en 2014 en la zona centro-sur.	158
Figura 3.9.	Frecuencia de ocurrencia de tres categorías de presas en la dieta de <i>D. gigas</i> en las Regiones IV y VIII.	159
Figura 3.10.	Dendrograma de similitud de Bray-Curtis confeccionado con IIR%. El rótulo indica Región-Trimestre-Grupo de Tamaño.	166
Figura 3.11.	Dendrograma de similitud de Bray-Curtis confeccionado con IIR%. El rótulo indica Región-Trimestre-Sexo.	167
Figura 3.12.	Dendrograma de similitud de Bray-Curtis confeccionado con porcentaje en peso. El rótulo indica “Grupos” de tamaño de LDM para la VIII Región (G1= ≤ 40-50; G2= 51-60; G3=61-70; G4 =71-80 y G5≥81).	167
Tabla 3.13.	Fracción en peso de presas en estómagos de jibia para ambas zonas de estudio.	170
Tabla 3.14.	Razón consumo/biomasa (Q/B) de para las principales presas de jibia por región y trimestre en 2014.	171
Tabla 3.15.	Ración diaria de alimento (RD) y razón consumo/biomasa (Q/B) de jibia mediante dos modelos energéticos aplicados a jibia.	172
Figura 5.1.	Biomasa total, biomasa de machos, biomasa de hembras, biomasa desovante y desembarques desde 2004 hasta 2014 (Caso 1).	208
Figura 5.2.	Box plot de biomasa total de jibia del período 1992-2014 (Caso 1).	208
Figura 5.3.	CPUA de jibia observada (+) y estimada (línea) desde 2004-2014.	209
Figura 5.4.	Boxplot biomasa total proyectada a 10 años (Caso 1).	210
Figura 5.5.	Distribución de los parámetros r, k y q del modelo de Schaefer (Caso 1).	212
Figura 5.6.	Distribución de probabilidad de los Puntos Biológicos de Referencia estimados a partir del modelo de Schaefer (Caso 1).	212
Figura 5.7.	Biomasa total, biomasa de machos, biomasa de hembras, biomasa desovante y desembarque de jibia desde 2004 hasta 2014 (Caso 2).	214
Figura 5.8.	Box plot biomasa total del período 1992-2014 (Caso 2).	215
Figura 5.9.	CPUA jibia observado (+) y estimado (línea) desde 2004 - 2014 (Caso 2).	215
Figura 5.10.	Boxplot biomasa total proyectada a 10 años (Caso 2).	216
Figura 5.11.	Distribución de los parámetros r, k y q del modelo de Schaefer (Caso 2).	218

Figura 5.12.	Distribución de probabilidad de los Puntos Biológicos de Referencia estimados a partir del modelo de Schaefer (Caso 2).....	218
Figura 5.13.	Composición por edades (meses) en machos desde 2011 hasta 2014.	219
Figura 5.14.	Composición por edades (meses) en hembras desde 2011 hasta 2014.	220
Figura 5.15.	Estructura de tamaños muestreada el año 2014, machos (enero-diciembre).	221
Figura 5.16.	Estructura de tamaños muestreada el año 2014, hembras (enero-diciembre).....	222
Figura 6.1.	Distribución espacial de los lances de pesca (puntos) con presencia de jibia entre 32°S y 42°S desde 1998 a 2003.	239
Figura 6.2.	Distribución espacial de los lances de pesca (puntos) con presencia de jibia entre 32°S y 42°S desde 2004 a 2009.....	240
Figura 6.3.	Distribución espacial de los lances de pesca (puntos) con presencia de jibia entre 32°S y 42° desde 2010 a 2014.	241
Figura 6.4.	Serie temporal del esfuerzo de pesca (horas de arrastre) desde 1998 hasta 2014.....	242
Figura 6.5.	Serie temporal del esfuerzo de pesca mensual (horas de arrastre) desde 1998 hasta 2014.	243
Figura 6.6.	Serie temporal de las capturas de jibia según el Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro-Sur desde 1998 hasta 2009 (toneladas, arriba) y desde 2010 hasta 2014 (miles de toneladas, abajo).....	244
Figura 6.7.	Serie de capturas mensuales de jibia desde 1998 hasta 2010 (toneladas, arriba) y desde 2011 hasta 2014 (miles de toneladas, abajo).....	245
Figura 6.8.	Desembarques anuales de jibia (miles de toneladas) según sector (artesanal e industrial) y total desde 1997 hasta 2014.	246
Figura 6.9.	Capturas anuales de jibia por región desde 1997 hasta 2010 (toneladas, arriba) y desde 2010 hasta 2014 (miles de toneladas, abajo).....	247
Figura 6.10.	Rendimiento de pesca (ton/h.a.) de jibia en lances de pesca colectados en el marco del Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro-Sur (1998 a 2010; arriba) y seguimiento de INPESCA (2011 a 2014; abajo).....	248
Figura 6.11.	Rendimiento de pesca (ton/h.a.) mensual de jibia en lances de pesca colectados en el marco del Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro-Sur (1998 a 2010; arriba) y seguimiento de INPESCA (2011 a 2014; abajo).	249
Figura 6.12.	Análisis de rendimiento por recluta en jibia para steepnees $h = 0,7$. Tasa de mortalidad por pesca (F) en trimestre ⁻¹ . Las flechas indican el valor de la fracción de biomasa desovante al máximo rendimiento sostenido (arriba izquierda), la tasa de mortalidad por pesca de colapso (arriba derecha) y la tasa de mortalidad por pesca al máximo rendimiento sostenido (abajo).	251

Figura 6.13.	Distribución de frecuencia de los valores de la fracción de biomasa desovante (SSB(%)) al nivel de máximo rendimiento sostenido para valores alternativos de stepnees ($0,7 \leq h \leq 0,90$).	252
Figura 7.1.	Composición relativa de las capturas trimestrales de jibia a la talla en Chile centro-sur desde 2011 hasta 2014; izquierda: machos; derecha: hembras.	263
Figura 7.2.	Composición relativa de las capturas trimestrales de jibia por edad (trimestres) en Chile centro-sur desde 2011 hasta 2014; izquierda: machos; derecha: hembras.	264
Figura 7.3.	Composición relativa de las capturas mensuales de jibia a la talla (izquierda) y a la edad (derecha) en Chile centro-sur, año 2014; ambos sexos en conjunto.	265
Figura 7.4.	Composición relativa de las capturas anuales de jibia en peso (izquierda) y en número (derecha) en Chile centro-sur desde 2011 hasta 2014: línea segmentada: flota artesanal de la IV Región.	266
Figura 7.5.	Captura en número (miles) de jibia a la edad (trimestres) en Chile centro-sur desde 2011 y 2014; A: año 2011, B: año 2012; C: año 2013; D: año 2014.	267
Figura 8.1.	Fotografías de estados de madurez sexual de <i>Dosidicus gigas</i> . Modificado de http://gilly.stanford.edu/field_work.html .	273
Figura 8.2.	Longitud promedio del manto de <i>D. gigas</i> en el período de estudio (enero a octubre de 2014).	276
Figura 8.3.	Fotografías de los estados de madurez de <i>D. gigas</i> encontrados en 2014 (este estudio).	278
Figura 8.4.	Índice gonadosomático de <i>D. gigas</i> por sexo desde enero hasta octubre del 2014. Las barras representan la desviación estándar.	279
Figura 8.5.	Diseción de jibia durante el taller de enero de 2014.	280
Figura 8.6.	Diagrama de los efectos potenciales de temperaturas del mar elevadas en la historia de la vida de calamares: (a) con temperaturas más altas; (b) con temperaturas más frías. Modificado de Pecl & Jackson (2008).	283
Figura 9.1.	Modelo conceptual para la dinámica de jibia frente a Chile central. Simbología: Z=mortalidad total; M=mortalidad natural; F=mortalidad por pesca; t_0 = edad de nacimiento; t_r = edad de reclutamiento a la pesquería; t_m = edad a la cual la cohorte abandona la zona de pesca.	296
Figura 9.2.	Diagrama hipotético de las migraciones de jibia en el sistema de la Corriente de Humboldt. Simbología: Área con puntos pequeños y línea sólida = zona de pesca y desove en Perú; área con puntos grandes y línea sólida = zona de reclutamiento y pesca frente a Chile centro-sur; área con puntos pequeños y línea punteada = zona hipotética de desove en zona oceánica frente a Chile centro-sur; área cuadriculada = zona de pesca de la flota internacional;	

	flecha gris oscura = vía de inmigración de juveniles desde Perú hacia la zona de reclutamiento frente a Chile centro-sur; flecha gris claro = vía hipotética de inmigración de juveniles desde la zona oceánica hacia la zona de reclutamiento frente a Chile centro-sur; flechas punteadas = vías hipotéticas de emigración reproductiva de adultos hacia zonas más cálidas ubicadas al norte y al oeste de los caladeros de pesca frente a Chile central.	298
Figura 9.3.	Rendimiento máximo sostenido (RMS) promedio de merluza común (a) y jibia (b) estimado usando simulaciones con el programa Ecopath with Ecosim. Barras grises: RMS mono-específico; Barras blancas: RMS multi-específico. Las barras de error indican una desviación estándar.	306
Figura 9.4	Rendimiento máximo sostenido (RMS) de merluza común y jibia calculados usando simulaciones con el programa Ecopath with Ecosim bajo distintos tipos de control trófico. Barras grises: RMS mono-específico; Barras blancas: RMS multi-específico.	307
Figura 10.1.	Clasificación de métodos para estimar la fuerza de blanco (Foote 1991).	318
Figura 10.2.	Transductores sumergibles Split beam de 38 y 120 KHz (modelos ES38DD y ES120-7) acoplados a una estructura de acero inoxidable.....	320
Figura 10.3.	Diagrama de calibración del ecosonda científico.	320
Figura 10.4.	Esquema del experimento para la determinación de la fuerza de blanco de jibia (tomado de Benoit-Bird <i>et al.</i> , 2008).	322
Figura 10.5.	Fijación de los ejemplares de jibia.....	323
Figura 10.6.	Esquema que muestra la forma en que se fijó cada ejemplar de jibia en la línea de monofilamento (tomado de Benoit-Bird <i>et al.</i> , 2008).	323
Figura 10.7.	Template utilizado para detectar blancos individuales (single target detection) de jibia.....	325
Figura 10.8.	Mediciones biométricas generalmente utilizadas. Extraído de Sparre & Venema (1995).	327
Figura 10.9.	Relación TS - Log ₁₀ (LDM) de jibia para 38 y 120 KHz (n = 5 en cada caso).	333
Figura 10.10.	Histograma de frecuencia de tallas (log ₁₀ (LDM)) de jibia.	335
Figura 10.11.	Histograma de distribución de TS de jibia.....	335
Figura 10.12.	Relación TS vs. LDM de jibia para 38 KHz.	336
Figura 10.13.	Relación talla vs. TS de jibia para 38 KHz.	336
Figura 10.14	Migración vertical de jibia en Santa Rosalía, Golfo de California, México (año 2004). Fuerte: Gilly <i>et al.</i> (2006). La banda gris indica la noche y la banda clara el día. El eje horizontal está en horas del experimento.....	359

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1.1. Tamaño de muestras por mes, año, zona, arte de pesca y sexo (enero 2011 a diciembre de 2013). Total: 9.103 ejemplares. Fuente: INPESCA.	56
Tabla 1.2. Tamaño de muestras de frecuencias de tallas de jibia por mes y sexo, VIII Región. Período: años 2011, 2012 y 2013.	56
Tabla 1.3. Tamaño de muestras biológicas de jibia por mes y sexo, VIII Región. Período: años 2011, 2012 y 2013.	57
Tabla 1.4. Descripción de la información contenida en la bitácora de pesca industrial de jibia.	58
Tabla 1.5. Tamaño de muestras totales de jibia por mes y sexo (VIII Región, enero-octubre de 2014).	61
Tabla 1.6. Tamaño de muestras de frecuencias de tallas de jibia por mes y sexo (VIII Región, enero-octubre de 2014).	61
Tabla 1.7. Tamaño de muestras biológicas de jibia por mes y sexo (VIII Región, enero-octubre de 2014).	61
Tabla 1.8. Tamaño de muestras totales de jibia por mes y sexo (IV Región, mayo-septiembre de 2014).	62
Tabla 1.9. Resumen de longitud dorsal del manto (LDM) promedio de jibia y rangos de tallas en el período enero a octubre de 2014, VIII Región.	68
Tabla 1.10. Resumen de longitud dorsal del manto (LDM) promedio de jibia y rangos de tallas por mes y años (2011, 2012 y 2013) en la VIII Región.	69
Tabla 1.11. Resumen de longitud dorsal del manto (LDM) promedio de jibia y rangos de tallas en el período mayo-septiembre de 2014, IV Región.	80
Tabla 1.12. Parametros de regresión potencial entre LDM (cm) y peso total (g) de jibia para muestras anuales (sexos combinados). Períodos: 2011 a 2014.	87
Tabla 1.13. Desembarques (toneladas) mensuales, anual de jibia de las flotas artesanal e industrial en las IV, V y VIII Regiones de Chile durante el año 2014 (Fuente: Estadística 2014 de SERNAPESCA).	87
Tabla 2.1. Parámetros de crecimiento en longitud von Bertalanffy en hembras de <i>D. gigas</i> capturadas desde mayo hasta octubre.	104
Tabla 2.2. Parámetros de crecimiento en longitud von Bertalanffy para hembras y machos de <i>D. gigas</i> para el periodo 2014.	107
Tabla 2.3. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras de <i>D. gigas</i> capturadas en 2014, fijando el parámetro $t_0 = 0$ (años).	109

Tabla 2.4.	Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy en peso (g) de <i>D. gigas</i> determinados para hembras y machos capturados durante el periodo 2014, fijando el parámetro $t_0=0$ (años) de la ecuación.	111
Tabla 2.5.	Clave talla (cm) – edad (trimestre) para hembras de <i>D. gigas</i>	116
Tabla 2.6.	Clave talla (cm) – edad (trimestre) para machos de <i>D. gigas</i>	117
Tabla 2.7.	Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de <i>D. gigas</i> obtenido de diferentes autores.	118
Tabla 2.8.	Parámetros de crecimiento en longitud para <i>D. gigas</i> estimados por seis modelos diferentes, y en peso por el modelo de von Bertalanffy. AIC=índice de Akaike.	126
Tabla 2.9.	Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de <i>D. gigas</i> obtenidos por diferentes autores.	127
Tabla 2.10.	Clave talla (cm) – edad (mes) para machos de <i>D. gigas</i> . Nota: los colores indican la densidad de muestras.	133
Tabla 2.11.	Clave talla (cm) – edad (mes) para hembras de <i>D. gigas</i> . Nota: los colores indican la densidad de muestras.	134
Tabla 3.1.	Número de estómagos analizados por grupo de tamaño de longitud del manto (LDM, cm) de jibia y trimestre de 2014, para la IV y VIII Regiones.	140
Tabla 3.2.	Escala visual del llenado del estómago en calamares (modificada de Jackson <i>et al.</i> , 1998).	142
Tabla 3.3.	Escala subjetiva del estado de digestión del contenido estomacal en calamares (modificado de Jackson <i>et al.</i> , 1998).	143
Tabla 3.4.	Frecuencia (%F), número (%N), peso (%P) e índice de importancia relativa (IIR) de presas en estómagos de jibia. Período: mayo, junio, agosto y septiembre de 2014. Zona norte (n = 234 estómagos).	150
Tabla 3.5.	Índice de llenado (porcentaje) de estómagos de jibia por mes en la zona centro-sur (n = 1.237).	154
Tabla 3.6.	Índice de digestión (porcentaje) en estómagos de jibia por mes e la zona centro sur (n = 1.237).	154
Tabla 3.7.	Frecuencia (%F), número (%N), peso (%P) e índice de importancia relativa (IIR) de presas en los estómagos de jibia. Período: enero-octubre 2014 en la zona centro-sur de Chile; n = 1.321.	157
Tabla 3.8.	Índice de importancia relativa (IIR) por grupo de tamaño y trimestre para la IV región.	161
Tabla 3.9.	Índice de importancia relativa (IIR) por grupo de tamaño y trimestre para la VIII Región.	162
Tabla 3.10.	Índice de importancia relativa %IIR por trimestre (Trim) y sexo (M= machos; H= Hembras) de la IV Región.	164

Tabla 3.11.	Índice de importancia relativa (% IIR) por trimestre (Trim) y sexo (M= machos; H= Hembras) para la VIII Región.....	165
Tabla 3.12.	Peso promedio de jibia, tasa de evacuación gástrica, peso promedio del contenido estomacal, ración diaria de alimento y consumo total para la zona centro sur y norte (IV trimestre = octubre).	169
Tabla 4.1.	Parámetros de historia de vida seleccionados desde literatura para la estimación de mortalidad de <i>D. gigas</i> . De acuerdo con el trabajo respectivo, los datos se encuentran en forma anual o separada en dos cohortes (C1 y C2).	187
Tabla 4.2.	Valores de entrada y errores (desviación estándar, d.e.) asociados para los modelos de estimación de mortalidad natural de <i>D. gigas</i>	187
Tabla 4.3.	Estimaciones de mortalidad natural (M; año ⁻¹) mediante tres métodos seleccionados con parámetros extraídos desde literatura.....	188
Tabla 4.4.	Estimaciones de mortalidad natural en machos (M; año ⁻¹) mediante tres métodos seleccionados utilizando parámetros estimados en este trabajo.	189
Tabla 4.5.	Estimaciones de mortalidad natural en hembras (M; año ⁻¹) mediante tres métodos seleccionados utilizando parámetros estimados en este trabajo.	189
Tabla 4.6.	Valores medios de M obtenidos mediante modelos bioanalógicos al utilizar parámetros extraídos desde literatura. Media = promedio general; Media Inv Var = promedio ponderado por el inverso de su varianza; Media sin Pauly = promedio ponderado por el inverso de su varianza sin considerar la estimación mediante el método de Pauly (1980).....	190
Tabla 4.7.	Valores medios de las estimaciones de M en machos mediante modelos bioanalógicos al utilizar los parámetros de crecimiento estimados en este trabajo. Media = promedio general; Media Inv Var = promedio ponderado por el inverso de su varianza; Media sin Pauly = promedio ponderado por el inverso de su varianza sin considerar la estimación mediante el método de Pauly (1980).	190
Tabla 4.8.	Valores medios de las estimaciones de M en hembras mediante modelos bioanalógicos al utilizar los parámetros de crecimiento estimados en este trabajo. Media = promedio general; Media Inv Var = promedio ponderado por el inverso de su varianza; Media sin Pauly = promedio ponderado por el inverso de su varianza sin considerar la estimación mediante el método de Pauly (1980).	190
Tabla 4.9.	Estimaciones de mortalidad total (Z; año ⁻¹) utilizando parámetros extraídos desde bibliografía y estimados en este trabajo mediante el modelo de Hoenig (1983). HB = con parámetros de bibliografía; HEM = con parámetros estimados en este trabajo para machos; HEh = con parámetros estimados en este trabajo para hembras.	191
Tabla 4.10.	Estimaciones de mortalidad total (Z; año ⁻¹) según dos metodologías utilizando tallas de captura para sexos combinados.....	191

Tabla 5.1.	Información de entrada al modelo de evaluación de stock (Modelo de Schaefer) proveniente de la actividad pesquera y cruceros acústicos.	200
Tabla 5.2.	Información biológica de edad (anual), peso machos (kg), peso hembras (kg), madurez y mortalidad natural, M (fuente: estudio actual).	201
Tabla 5.3.	Condicionamiento del modelo de Schaefer para evaluación de jibia.	206
Tabla 5.4.	Biomasa total (BT, ton), biomasa de machos (Bm, ton), biomasa de hembras (Bh, ton), biomasa desovante (Bd, ton), reclutamiento de machos (Rm, número), reclutamiento de hembras (Rh, número) y capturas (Y, ton) desde 2004 hasta 2014 (Caso 1; ver texto para detalles).	207
Tabla 5.5.	Parámetros estimados (r, k, q, sigma), Puntos Biológicos de Referencia (Bmsy, hmsy, msy), variables de desempeño (Br, Bagotamiento) y función objetivo minimizada. Caso 1.	211
Tabla 5.6.	Biomasa total (BT, ton), biomasa de machos (Bm, ton), biomasa de hembras (Bh, ton), biomasa desovante (Bd, ton), reclutamiento de machos (Rm, número), reclutamiento de hembras (Rh, número) y capturas (Y, ton) desde 2004 hasta 2014 (Caso 2; ver texto para detalles).	213
Tabla 5.7.	Parámetros estimados (r, k, q, sigma), Puntos Biológicos de Referencia (Bmsy, hmsy, msy), variables de desempeño (Br, Bagotamiento) y función objetivo minimizada. Caso 2.	217
Tabla 6.1.	Lances de pesca totales y positivos para jibia obtenidos desde el Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro-Sur (1998 a 2010) e INPESCA (2011 a 2014).	237
Tabla 6.2.	Parámetros de crecimiento (LDM_{∞} , K, t0), parámetros de relación talla-peso (a, b), mortalidad natural (M, trimestral), edad de reclutamiento (tr, trimestre), edad de primera captura (tc, trimestre) y edad máxima (Amax, trimestre) de jibia utilizados en el análisis de rendimiento por recluta.	250
Tabla 7.1.	Desembarques trimestrales de jibia en la IV y VIII Regiones por flota (artesanal e industrial). Fuente: Anuarios estadísticos del Servicio Nacional de Pesca.	259
Tabla 7.2.	Desembarques (en peso, ton) anuales de jibia a la talla en la IV Región (flota artesanal, 2014) y en la VIII Región debido a la flota industrial desde 2011 hasta 2014.	268
Tabla 7.3.	Desembarques anuales de jibia, en número de individuos, a la talla en la IV Región (flota artesanal, 2014) y en la VIII Región debido a la flota industrial desde 2011 hasta 2014.	269
Tabla 8.1.	Estados de madurez sexual de <i>Dosidicus gigas</i> en el período enero a octubre de 2014.	277

Tabla 9.1.	Matriz del conocimiento actualizado del recurso utilizando información de aspectos biológicos, ecológicos, pesqueros y sociales.....	308
Tabla 9.2.	Brechas en el conocimiento de la pesquería de jibia en Chile e investigación necesaria para generar el conocimiento que las cierre.	309
Tabla 10.1.	Resumen de resultados de mediciones de TS en jibia (n = 5).	333
Tabla 10.2.	Intervalos generados a partir de la información de TS (dB) y LDM (cm).....	334
Tabla 10.3.	Especies de calamares evaluados con métodos directos en distintas regiones.	349
Tabla 10.4.	Ventajas y desventajas de metodologías directas de estimación de la abundancia/biomasa de jibia.	350
Tabla 10.5.	Principales supuestos de metodologías de evaluación directa susceptibles de utilizar para la estimación de biomasa de jibia.	351
Tabla 10.6.	Requisitos y condiciones para la aplicación del método de área barrida y acústico en la estimación de la abundancia/biomasa de jibia.	352

Índice de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Distribución espacial de la densidad poblacional o rendimiento de pesca (ton/h.a.) de jibia desde 1998 hasta 2014	1
Anexo 2. Acta Taller Técnico Proyecto FIP 2013-18:	11
Anexo 3. Asistencia Investigadores participantes del proyecto	13
Anexo 4. Invitación Taller de difusión de resultados	14
Anexo 5. Programa Taller de difusión de resultados	15
Anexo 6. Asistencia Taller de difusión de resultados	16
Anexo 7. Programa y presentaciones de Taller Expertos Extranjeros	90
Anexo 8. Registro Fotográfico de Talleres	91

Resumen Ejecutivo

Este documento da cuenta de los siete objetivos específicos del proyecto FIP 2013-18 “Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales”, el que se inició el 13 de diciembre de 2013, aunque operacionalmente se ejecutó desde enero hasta octubre de 2014. En esta investigación participaron la Universidad de Concepción (UdeC, institución principal), más la Universidad Católica del Norte (UCN) y el Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) en calidad de instituciones subcontratadas.

Como parte del objetivo específico 1, en la Sección 1 se analiza distribuciones de tamaños de jibia en las capturas de 2014 (enero a octubre). De 429 lances de pesca a bordo de PAM arrastreros industriales en la VIII Región se determinó el sexo de 7.481 ejemplares; a 1.310 ejemplares de jibia se les realizó muestreos biológico-específicos. Además, se incorpora los muestreos de 508 ejemplares de jibia obtenidos en noviembre-diciembre de 2014 del programa de monitoreo de jibia de INPESCA. También se analiza la estructura de tamaños de jibia en la VIII Región en los años 2011, 2012 y 2013. El área de operación de la flota (área de estudio) fue entre las coordenadas 36°05’S a 37°20’S y 73°25’S a 73°50’W.

En la VIII Región la longitud dorsal del manto (LDM) de ejemplares de jibia estuvo en el rango de 36 a 102 cm LDM (rango promedio: 66 a 77 cm), sin diferencias significativas entre sexos. La razón machos:hembras fue 1,05:1,00. En la pesquería se observa dos cohortes de jibia en 2014, una que estaba presente (ejemplares >70 cm LDM) al comenzar los muestreos de este proyecto y que salió masivamente en octubre; la otra cohorte ingresó en junio y se mantuvo en la pesquería hasta fin de año, con una probable salida en octubre de 2015. Consecuentemente, una cohorte entrante de jibia a la pesquería regional estuvo presente en ésta alrededor de 15 a 16 meses (desde mayo/junio del año t hasta septiembre/octubre del año $t+1$).

En 2014 la pesquería de jibia de la flota artesanal potera en la IV Región abarcó temporalmente desde abril hasta septiembre, concentrándose dentro de las primeras 20 a 25 mn desde la costa hacia el oeste. Por esta razón, de los muestreos biológico-específicos se obtuvo solo 443 ejemplares (mayo a septiembre). Dicho de otra manera, antes de mayo y después de septiembre de 2014 prácticamente no hubo disponibilidad de materia prima (jibias) ni en las capturas a bordo (que casi no las hubo) ni en planta (donde casi no hubo

producción). La LDM de esos ejemplares fue entre 55 y 98 cm LDM (rango promedio: 81 a 86 cm). No se registró diferencias significativas en la estructura de tamaños de jibia entre sexos. Las hembras predominaron fuertemente sobre los machos (razón machos:hembras = 1,00 : 2,20).

La constante b de la relación entre LDM (cm) y peso total (kg) de jibia es levemente superior a 3 (entre 3,06 y 3,24), tanto en machos como en hembras, así como en los datos analizados en los distintos años (2011 a 2014 en la VIII Región; 2006 y 2014 en la IV Región).

En la Sección 2 se estima el crecimiento en longitud y peso de jibia mediante lectura de incrementos de crecimiento diario en 353 estatolitos de hembras y 347 estatolitos de machos (total: 700). Sin embargo, con la visita de dos expertos internacionales (Dr. Unai Markaida de México y Dr. Alexander Arkhipkin de Falkland Islands) en enero de 2015 a la UdeC para la revisión de resultados del presente proyecto (un par de semanas antes de presentar el pre-informe final), se concluyó que las lecturas de incrementos diarios en los estatolitos de jibia, que realizamos previamente nosotros en 2014 (comunicados en el pre-informe final original y en el corregido), presentaban sesgo por el uso no completamente correcto del micrómetro del microscopio, en particular de las lecturas en el borde de los estatolitos. Este sesgo consistió en la sobreestimación del número de incrementos diarios al contar parcialmente el doble de anillos por la sombra angular proyectada de cada microincremento a través del estatolito. Este sesgo solo podía ser resuelto con la guía de expertos, lo que efectivamente ocurrió. Posteriormente se estimó el crecimiento en longitud y peso de jibia mediante relectura de incrementos de crecimiento diario en 77 estatolitos de hembras y 61 estatolitos de machos. Los principales resultados revelan la existencia de diferencias en el crecimiento de *D. gigas* entre sexos. En efecto, las hembras son más grandes que los machos, aunque aquellas crecen más lento ($K = 2,9 \text{ año}^{-1}$) que los machos ($K = 4,9 \text{ año}^{-1}$).

Los parámetros de crecimiento en longitud de *D. gigas* que nosotros recomendamos usar son:

- machos : $L_{\infty} = 75,6 \text{ cm de LDM}$; $K = 4,9 \text{ año}^{-1}$; $t_0 = 0,20 \text{ años}$ ($n=61$);
- hembras : $L_{\infty} = 90,7 \text{ cm de LDM}$; $K = 2,9 \text{ año}^{-1}$; $t_0 = 0,21 \text{ años}$ ($n=77$).

En la Sección 3 se analizó 1.470 estómagos (233 en la IV Región y 1.237 en la VIII Región) muestreados en mayo, junio, agosto y septiembre de 2014 en la IV Región, y desde enero hasta octubre del mismo año en la VIII Región; 1.071 estómagos de jibia (86%) presentaron algún tipo de contenido. El espectro trófico de jibia registró 29 ítems presa. En la IV Región dominan los eufáusidos en la dieta de jibia (frecuencia de 30% a 80% en jibias mayores a 80 cm de LDM). En la VIII Región dominan en la dieta de jibia los peces linterna, eufáusidos y jibia. El canibalismo es más frecuente en ejemplares de jibia grandes (predador) en ambas regiones. El análisis de similitud trófica para evaluar agrupaciones entre regiones (zonas de pesca), trimestres y grupos de tamaños de jibia revela la existencia de una agrupación mayor asociada al trimestre y la talla, y una asociación menor asociada a la zona de pesca. En la zona norte los muestreos ocurrieron en Coquimbo; en la zona centro-sur los muestreos ocurrieron en San Vicente y Coronel. En la zona norte se muestreó jibias con poteras; en la zona centro-sur las muestras fueron obtenidas de embarcaciones arrastreras con red de media agua (jibia como especie objetivo).

La Sección 4 se refiere a la mortalidad natural (M) y la mortalidad total (Z) de jibia, las que fueron determinadas con métodos indirectos incorporando tanto el error de los parámetros como el error asociado a los modelos. Con nuestras estimaciones de mortalidades de jibia proponemos usar: $M = 3,73 \text{ año}^{-1}$ para machos, $M = 2,47 \text{ año}^{-1}$ para hembras; y $Z = 7,26 \text{ año}^{-1}$ y $Z = 4,28 \text{ año}^{-1}$ para machos y hembras, respectivamente.

En el objetivo específico 2 se evalúa el stock de jibia con un modelo de biomasa dinámica de Schaefer, el cual se extiende para generar estimaciones de fracciones de biomasa total por sexos y biomasa desovante. El modelo cubre el período 2004 a 2014 y se basa en información de desembarques anuales y captura por unidad de área (CPUA) de jibia como índice de abundancia relativa en lances de identificación de cruceros de evaluación acústica de merluza común (*Merluccius gayi*). La información biológica proviene del monitoreo de la pesquería de jibia que realiza INPESCA e información del presente proyecto. La estimación del stock de jibia sugiere altos niveles de abundancia y biomasa, aunque con remociones en alrededor del Máximo Rendimiento Sostenido (MRS). La biomasa total de jibia estimada para el año 2014 varía ampliamente entre 191 mil toneladas y 1,7 millones de toneladas, dependiendo del condicionamiento del modelo. La información biológica de estructura de tamaños indica el ingreso de dos cohortes anuales a la pesquería industrial

arrastrera de media agua de la VIII Región, con ejemplares de mayor tamaño a partir de enero (68 a 80 cm de LDM) y el ingreso de un segundo grupo de ejemplares de menor tamaño (52 a 60 cm LDM) a mitad de año, mezclándose estas dos cohortes con individuos de diferentes tamaños.

En el objetivo específico 3 se estimó el rendimiento máximo sostenible (RMS) para el stock de jibia, la tasa de explotación óptima (h_{RMS}) y el tamaño del stock (B_{RMS}) a partir de parámetros del modelo de biomasa dinámica (ver objetivo específico 2). Adicionalmente se aplicó un análisis de rendimiento por recluta (Y/R) para estimar puntos biológicos de referencia (PBRs) basados en tasas de mortalidad por pesca que conducen al rendimiento máximo sostenido (F_{RMS}) o niveles de biomasa desovante por recluta ($F_{40\%SPR}$, $F_{20\%SPR}$). La mortalidad por pesca que conduce al RMS se estimó en $F_{RMS} = 0,249$ trimestre⁻¹, en tanto que la biomasa desovante al nivel de RMS equivale a 28,8% de la biomasa desovante virginal, siendo este último un PBR que recomendamos para el stock de jibia en Chile centro-sur.

En el objetivo específico 4 se descompuso la captura a la talla y edad de jibia utilizando parámetros de crecimiento actualizados en escala trimestral para el período 2011 a 2014, pues se dispuso de capturas tan solo para algunos meses, y mensual para el año 2014. En las composiciones de tamaños (longitud dorsal del manto, LDM) se observa el predominio de ejemplares de 60 a 90 cm LDM en el primer y segundo trimestres de cada año, lo que corresponde a ejemplares de 3 a 5 trimestres de edad, en el caso de los machos, y 5 a 6 trimestres de edad en el caso de las hembras. En el tercer trimestre de cada año se observa la incorporación a la pesquería de un nuevo contingente (cohorte) de individuos de jibia con edades de 0 a 3 trimestres.

El objetivo específico 5 se refiere a madurez. Para el efecto se muestreó 1.783 ejemplares de jibia machos y hembras. La frecuencia de estados de madurez de jibia reveló que los machos maduros (con espermatozoides) se encuentran presentes en la zona de pesca en mayor proporción que los inmaduros. Por el contrario, las hembras se presentaron todas inmaduras (con solo una hembra madura, siendo ésta la excepción en octubre). La consecuencia es que no es posible ajustar una curva de madurez por ausencia de hembras maduras en los muestreos regulares efectuados en el presente proyecto. Por lo tanto,

nuestros resultados sugieren que la zona costera de Chile centro-sur no representa un área de desove de jibia, planteándose la posibilidad que esta especie desove en zonas oceánicas en donde la temperatura del mar es favorable para el desarrollo de las paralarvas y juveniles, y/o enfrente de toda la costa de Perú. De literatura se tiene que la talla media de madurez se presenta en 40 y 75-80 cm LDM, dependiendo de las condiciones del hábitat.

En el objetivo específico 6 se presenta un modelo conceptual de la historia de vida junto a un modelo de explotación del stock de jibia frente a Chile basado en data colectada en este ecosistema, información general de la especie y resultados del presente proyecto. En términos poblacionales existiría una diferencia genética entre los stocks de jibia del Hemisferio Norte y del Hemisferio Sur explicada, probablemente, por las corrientes ecuatoriales que impedirían las migraciones norte-sur y viceversa a través de las latitudes bajas (Ecuador geográfico). En el Hemisferio Sur existiría una unidad genética de jibia compuesta por individuos capturados en Perú y Chile. Frente a Perú la jibia se aparea en primavera (septiembre a noviembre) y desova durante todo el año, aunque con un máximo principal en octubre-enero y uno secundario en invierno (mayo-junio). La eclosión de la paralarva se produce 10 días después de ocurrido el desove, observándose rápido crecimiento somático, especialmente en los primeros meses de vida. Para efectos prácticos, nosotros adoptamos por convención como fecha de nacimiento (t_0) a noviembre de cada año. Hasta ahora no se ha encontrado individuos maduros de jibia ni se ha registrado fehacientemente masas de huevos o paralarvas dentro de la Zona Económica Exclusiva de Chile, lo que indicaría que la jibia no utiliza esta área como zona de desove y/o crianza. El reclutamiento de jibia a la pesquería en la zona norte y centro-sur de Chile se produciría en invierno (julio), cuando los individuos nacidos en noviembre del año anterior ingresan a las zonas de pesca con aproximadamente $t_r = 8$ meses de edad. El origen de los reclutas de jibia no es claro. Sin embargo, considerando que no habría desove en aguas chilenas, entonces es factible plantear que los ejemplares de jibia provienen del norte (Perú) y/o de la zona oceánica, los que quedan vulnerables al arte de pesca arrastrero industrial de la zona centro-sur (VIII región) y artesanal de poteras de la zona norte (IV Región) durante invierno y primavera (julio-octubre). Por lo tanto, t_r se superpone con la edad de primera captura (t_c). La cohorte permanece en la pesquería unos 14 meses (julio de un año a octubre del año siguiente), abandonándola aproximadamente a los 2 años de vida (t_m). El destino de los

individuos que abandonan la pesquería no está claro, aunque planteamos la hipótesis que podrían iniciar una migración reproductiva costera hacia el norte u oceánica hacia el oeste en busca de aguas más cálidas para desovar. La longevidad (t_{max}) del stock de jibia frente a Chile centro-sur, estimada en este proyecto, sería de aproximadamente 2 años. Se concluye que el stock de jibia frente a Chile central no es una población cerrada, ya que su dinámica dependería fuertemente de procesos de inmigración (reclutas) y emigración (adultos). Además, la jibia utilizaría las zonas de surgencia de Chile centro-norte y centro-sur sólo como áreas de alimentación, ya que la baja temperatura del mar no favorecería los procesos de maduración y desarrollo de huevos y paralarvas.

En el objetivo específico 7 se presenta resultados de la estimación de fuerza de blanco o target strength (TS) *ex situ* e *in situ* de jibia en Chile. El experimento para determinar TS *ex situ* se realizó en la Bahía de Concepción, frente al lado oriental de la Isla Quiriquina, a bordo de la L/M “Los Vilos II”, la que fue equipada con un ecosonda científico multifrecuencia del tipo EK60 con 2 transductores split beam sumergibles (frecuencias de 38 y 120 kHz). La experiencia *in situ* se realizó a bordo del PAM “Biomar IV” durante viajes de pesca de jibia realizados frente a la costa de la VIII Región del Biobío; este PAM dispone de un ecosonda científico mono-frecuencia split beam EK60 de 38 kHz.

Los principales resultados para las mediciones *ex situ* de jibia son:

$$TS = 20 \log_{10} (LDM) - 62,8 \quad (r^2 = 0,88) \text{ para } 38 \text{ KHz; y}$$

$$TS = 20 \log_{10} (LDM) - 73,5 \quad (r^2 = 0,84) \text{ para } 120 \text{ KHz.}$$

La TS *in situ* de jibia se calculó en

$$TS = 20 \log_{10} (LDM) - 63,4 \quad (r^2 = 0,95) \text{ para } 38 \text{ KHz.}$$

Se propone un modelo de evaluación directa de la abundancia y biomasa de jibia considerando el método del área barrida, el método hidroacústico y el método de marcaje y recaptura. La evaluación directa de jibia mediante área barrida debe realizarse en el área principal de distribución del recurso, esto es, entre Coquimbo y Puerto Montt, pudiendo estar acotada a las principales áreas de explotación pesquera (Regiones IV, V y VIII) o de forma continua en toda el área de distribución del recurso en el caso de la evaluación

acústica. Los diseños de muestreo *ad hoc* pueden considerar estrategias sistemáticas aleatorias (área barrida y acústica) o estrategias en conglomerados (área barrida), donde los estratos pueden ser las zonas de explotación principal o caladeros (Coquimbo, San Antonio y Talcahuano).

Executive Abstract

In this document we fulfil the seven specific objectives of the FIP 2013-18 project “Life history and population dynamics of jumbo squid in Chilean waters”, which started in December 13th, 2013, and that was carried out operationally from January to October, 2014. Universidad de Concepción (UdeC) conducted this project as principal institution in association with Universidad Católica del Norte (UCN) and Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) as partner institutions.

As part of the first specific objective (life history parameters), the analysis of size distributions of jumbo squid in the catches of year 2014 (January to October) is shown. Of 429 fishing hauls on board of industrial trawling vessels, the sex of 7,481 individuals was determined, from which 1,310 individuals were selected for biological sampling. In addition, the size structure of jumbo squid in landings from years 2011, 2012 y 2013 was also analysed, which was an additional product not considered in the technical proposal. The study area in the Administrative Region VIII of Chile, or Biobío Region, corresponds to the operational zone of the industrial fleet and extends from 36°05’S to 37°20’S and 73°25’W to 73°50’W. The dorsal mantle length (DML) ranged from 36 to 102 cm. In the fishery, two cohorts of jumbo squid were observed in 2014, one was present since the beginning of this study in January (individuals >70 cm ML) that leaves the fishery in October; the second cohort enters in June and stays in the fishery until the end of the year, probably October 2015.

The growth in length and weight was estimated by reading daily growth increments in 353 statoliths of females and 347 statoliths of males (total: 700). The DML ranged between 26 and 95 cm. In the former report of this project it was informed that the growth parameters for males were: asymptotic length, $L_{\infty} = 74,5$ cm of DML; instantaneous coefficient of growth, $K = 1,97 \text{ year}^{-1}$; and theoretical age at which length is zero, $t_0 = 0$ years; and the growth parameters for females were: $L_{\infty} = 78,5$ cm of DML; $K = 1,6 \text{ year}^{-1}$; and $t_0 = 0$ years. However, a strong bias emerged in the reading of microincrements in statoliths of jumbo squid, after researchers of this project shown in the laboratoty, in January 2015, the method of reading to two international experts. So, 138 statoliths (77 females, 61 males) were randomly selected in order to re-reading them, but avoiding bias due to the projection of the

shadow when the micrometric of the microscopy was being used, which was in detail explained in section 2 of specific objective 1, this report. Then, the new growth parameters of jumbo squid, which must be used in other studies, are:

- males : $L_{\infty} = 75,6$ cm of DML; $K = 4,9 \text{ year}^{-1}$; $t_0 = 0,20$ years;
- females: $L_{\infty} = 90,7$ cm of DML; $K = 2,9 \text{ year}^{-1}$; $t_0 = 0,21$ years.

Regarding the feeding in jumbo squid (objective 3), 1,470 stomachs were analysed (233 in the Region IV and 1,237 in the Region VIII), which were sampled in May, June, August and September 2014 in Region IV, and from January to October 2014 in the Region VIII; 1,071 jumbo squid stomachs (86%) contained some type of content. The trophic spectrum of jumbo squid included 29 prey items. In the Region IV, euphausiids dominated (frequency of 30% to 80% in jumbo squids bigger than 80 cm DML). Cannibalism was more frequent in big specimens (predators larger than 80 cm DML) in both regions. In the Region VIII, lantern fish, euphausiids and jumbo squid (cannibalism) dominated the diet. Common hake (*Merluccius gayi*) contributes with 1.3% to 2.3% in weight to the diet of jumbo squid, only. Stomach samples were obtained from mid-water trawlers. The analysis of trophic similitude conducted to evaluate assemblages between regions (fishing zones), quarters and size groups of jumbo squid (predator) revealed a major assemblage associated to the quarter of the year and predator size, and a minor assemblage associated with the fishing zone. In Region IV individuals of jumbo squid were caught with jiggins, but in the Region VIII were caught with mid-water trawls.

Natural mortality (M) and total mortality (Z) are fundamental parameters of the life cycle of a fishing stock, and therefore they are required by stock assessment models. M and Z were estimated using as indirect methods that incorporate the error in the parameters as the error related to the models as function of the growth parameter K and others. Based on our estimations of mortalities in jumbo squid we propose to use $M = 3.73 \text{ year}^{-1}$ in males and $M = 2.47$ in females; $Z = 7.26 \text{ year}^{-1}$ in males $Z = 4.28 \text{ year}^{-1}$ in females.

The second specific objective corresponded to a stock assessment of jumbo squid based on a Schaefer's dynamic biomass model for the period 2004 to 2014 in order to estimate total biomass by sex and spawning biomass, using landings and catch per unit of area (CPUA)

from acoustic surveys of Chilean hake as relative abundance index. The biological information came from the monitoring of the fishery previous to 2014, and for the last year information was provided by this project. Model results indicated mid- to high abundance and biomass with removals around the Maximum Sustainable Yield (MSY). Total biomass of jumbo squid in year 2014 could be changed widely, depending on the model conditions, from 191 thousand tonnes to 1,7 million tonnes. The biological information points out the entry of at least two cohorts per year to the mid-water trawlers in the Region VIII, the first one in January (mature individuals from 68 to 80 cm of DML) and the second one around mid-year (juvenile fraction from 68 to 80 cm of DML). A mix of two cohorts of jumbo squid in the catches of the industrial trawling fleet is also observed.

In the objective 3 are estimated the maximum sustainable yield (MSY), the optimal exploitation rate (h_{MSY}) and the stock size (B_{MSY}) of jumbo squid from the parameter of a dynamic biomass model (see objective 2). Additionally, a yield per recruit analysis (Y/R) was carried out to estimate biological reference points (BRPs) based on fishing mortality rates that lead to MSY (F_{MSY}) or spawning biomass levels per recruit ($F_{40\%SPR}$, $F_{20\%SPR}$). F_{MSY} was estimated in $0.249 \text{ trimester}^{-1}$, while the spawning biomass at MSY was estimated at 28.8% of the virgin spawning biomass. We recommend the last BRP for jumbo squid stock in central-south Chile.

The specific objective 4 dealt with the decomposition of the catch of jumbo squid in numbers at age using data from January to October 2014, which was collected by this project, plus partial information (a few months) from the industrial catch of the trawling fleet from the VIII Region in years 2011, 2012 and 2013. In the length compositions, individuals from 60 to 90 cm of DML dominate in the first and second quarters of every year, which corresponds to individuals of 3 to 5 trimesters-age in the case of males, and individuals of 5 to 6 trimesters-age in the case of females. In the third quarter of every year the entry of a new cohort of jumbo squid is observed with individuals of 0 to 3 quarters-age.

The specific objective 5 refers to maturity. For this, 1,783 jumbo squid specimens (males and females) were sampled. Males were in mature stage, but only one female was identified as mature. Therefore, it was not possible to construct a maturity curve (ogive) to determine mean age at maturity in females. We suggest that the coastal zone off central Chile does not

represent a spawning area for jumbo squid, which would imply that this species spawns in oceanic waters or off the Peruvian coast where the sea temperature is favourable for the development of paralarvae and juveniles. The literature reports that the mean size at maturity is from 40 to 75-80 cm of DML, likely depending of the habitat conditions.

In the specific objective 6 a conceptual model of the jumbo squid life history off Chile is shown, based on data collected in this ecosystem, general information and results of the present project. A genetic difference between jumbo squid stocks from both the Northern Hemisphere and the Southern Hemisphere exists, likely due to equatorial currents that stop migrations north-south and viceversa along low latitudes (geographical Equator). In the Southern Hemisphere a genetic unit of jumbo squid exists off Peru and Chile. The breeding season in Peru is spring (September to November) and the spawning season is along the year, with the peak in October-January, and the second one in Winter (May to June). The hatching of the paralarva is 10 days after the spawning, with a quickly somatic growth, mainly in the first month. We agree that the birth month (t_0) of jumbo squid is November. In the Economic Exclusive Zone of Chile there are no evidence of egg mas or paralarvae of jumbo squid, which means that it is not a spawning or hatching area. The recruitment of jumbo squid to the fishery off north and central-south Chile occurs in winter (July), when individuals born in November of the previous year enter the fishing ground approximately with $t_r = 8$ months-old. The geographic origin of recruits is unknown. However, considering that there is no spawn process in the Chilean Economic Exclusive Zone, it is possible to consider that these individuals migrate to Chile from the north (Peru) and/or the west (oceanic waters). Recruits are vulnerable to the industrial trawling gears in Chile central-south during winter and spring (July-October), and then to the artisanal fishing gears of hand line (jigging) in central-north Chile in summer (November to March). Therefore, t_r (age at which individuals of jumbo squid entry to the stock or the exploitable phase) overlaps with the age at first capture, t_c (age at which individuals of jumbo squid entry to the exploited phase). The cohort stays in the fishery for approximately 14 months (July of a year to October of the next year) and leave the fishery at 2 years-old (t_m). The destiny of these individuals is unknown, but we set the hypothesis that they start a coastal reproductive migration towards the north (northern Chile and Peru) and/or the west (oceanic waters) to spawn. The longevity (t_{max}) of the oldest individuals of jumbo squid should be 24 months-

old. We conclude that the stock of jumbo squid off central Chile is not a close population since its dynamics strongly depends of the immigration process (recruits) and emigration (adults). Besides, individuals of jumbo squid seem to use the upwelling area off central-north and central-south Chile only as a feeding area, since the low sea temperature does not favour the processes of maturation and development of egg and paralarvae.

In the specific objective 7 were estimated the target strengths (TS) *ex situ* (experimental) and *in situ* (ecoregisters from commercial fishing) of jumbo squid in central-south Chile. The experiment to determine TS *ex situ* was carried out in the Concepción Bay, westward of the Quiriquina island, on board of the boat “Los Vilos II”, which is implemented with scientific multifrequency ecosounder EK60 with 2 split beam submersible transducers (frequencies of 38 and 120 KHz). The *in situ* experiment was carried out on board of the industrial trawling vessel “Biomar IV” during its fishing trips off the coast of the Region VIII of Biobío. This vessel was implemented with a split beam scientific mono-frequency ecosounder EK60 of 38 KHz.

The main results for the *ex situ* acoustic measurements of jumbo squid are:

$$TS = 20 \log_{10} (DML) - 62,8 \quad (r^2 = 0,88) \text{ for } 38 \text{ KHz; and}$$

$$TS = 20 \log_{10} (DML) - 73,5 \quad (r^2 = 0,84) \text{ for } 120 \text{ KHz.}$$

The *in situ* TS of jumbo squid resulted in

$$TS = 20 \log_{10} (DML) - 63,4 \quad (r^2 = 0,95) \text{ for } 38 \text{ KHz.}$$

We propose to move forward in three methodologies to the estimation of jumbo squid abundance and biomass in central-south Chile as follow: a) swept area method; b) acoustic method; and, c) mark and recapture method. The direct assessment of jumbo squid using the swept area method must be conducted in the main fishing grounds, i.e., from Coquimbo to Puerto Montt, and could be focused in Regions IV, V and VIII, or continuously in the whole distribution area for the case of the assessment using the acoustic method. The *ad hoc* sampling design can consider systematic random strategies (swept area and acoustic) or stratified strategy (swept area), where the strata can be the main fishing grounds of jumbo squid (Coquimbo, San Antonio y Talcahuano).

1. Presentación

Este documento corresponde al Informe Final (corregido) del proyecto FIP 2013-18 “Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales”, el que fue ejecutado por la Unidad de Concepción (UdeC), como institución principal, más el Instituto de Investigación Pesquera de la VIII Región S.A. (INPESCA) y la Universidad Católica del Norte (UCN) como instituciones sub-contratadas. Debido a la variedad de temas específicos, la estructura de este reporte científico-técnico es en función de cada objetivo específico, cada uno desde el resumen hasta las referencias bibliográficas. El objetivo 1 se separa en cuatro secciones, correspondiendo cada una a un tema particular (distribución de la flota, crecimiento, alimentación y mortalidad). El propósito es hacer más comprensible los temas en particular. Acá se informa los compromisos establecidos en el respectivo contrato entre el Consejo de Investigación Pesquera (CIP) y la UdeC. Ciertamente que el esquema general de un informe tipo-FIP ha sido modificado, aunque justamente para mejor claridad y comprensión de la diversidad de temas tratados, lo que no desmerece la calidad del documento.

2. Antecedentes

2.1. Interacción jibia – merluza común

Desde el año 2002 la jibia (*Dosidicus gigas*) comenzó incipientemente a transformarse en recurso pesquero para la flota de botes de Coquimbo en la IV Región, en la que históricamente su especie objetivo fue la merluza común (*Merluccius gayi*), la que era capturada con líneas de espineles, pero cuyos rendimientos disminuían muy rápidamente. Entonces, la jibia se transformó en recurso pesquero de reemplazo, la que desde 2003/2004 comenzó a aparecer regularmente como bycatch en las capturas de la flota industrial arrastrera merlucera de la VIII Región del Biobío. Hacia fines de la década de los años 2010, la jibia también ha sido estacionalmente recurso objetivo de botes en puertos de la VIII Región (Coronel, San Vicente, Lota). Actualmente se le captura de manera casi regular por algunas naves industriales arrastreras enfrente del litoral de la VIII Región del Biobío en el

sector denominado “La Feria”, inmediatamente al norte de Punta Lavapié (en el sector más externo del Golfo de Arauco), donde también opera un contingente de naves artesanales (botes), aunque desplazado más al oriente.

Sin embargo, ha existido controversias en Chile entre representantes de distintos grupos de interés (stakeholders) en la pesquería de merluza común, y también entre investigadores de distintas instituciones y universidades, en el sentido de señalar a la jibia como responsable del colapso del stock de merluza común en Chile central, y claramente no hay acuerdo, lo que, probablemente, ha motivado el llamado público de este proyecto FIP 2013-18 por parte del Consejo de Investigación Pesquera, por lo que la información que se genere debería ayudar a la administración de las pesquerías de jibia artesanal (con poteras) e industrial (pesca de arrastre).

Claramente, la captura por unidad de esfuerzo (cpue) de jibia en cruceros acústicos de merluza común (Fig. 1) revela niveles muy bajos de cpue hasta el año 2002, sin sobrepasar 5% del máximo de la cpue. El explosivo aumento de la cpue de jibia ocurrió en el crucero hidroacústico de merluza común del año 2004, aportando más del 50% a la cpue al total. La cpue de jibia en el crucero de evaluación acústica de merluza común en el año 2005 fue similar a la de 2004, disminuyendo desde el año 2006.

Comparativamente (Fig. 2), la cpue promedio de merluza común de la flota industrial de arrastre merlucero fue máxima el año 1999 (más de 10 ton/hora de arrastre; en lo sucesivo ton/h.a.), cayendo luego sostenidamente, para ubicarse en menos de 8 ton/h.a. el año 2002, y luego en menos de 4 ton/h.a. el año 2003, llegando al mínimo el año 2004 con menos de 2 ton/h.a. El desembarque total oficial se ubicó en cerca de 120 mil ton anuales desde 2001 hasta 2003, cayendo a cerca de 70 mil ton el año 2004. Para el año 2014, por ejemplo, la cuota global anual de merluza común fue de solo 19 mil ton, aumentando levemente a 23 mil ton para 2015, a pesar de las recomendaciones en contrario.

En consecuencia, la detenida lectura de las Figs. 1 y 2 permite señalar que habría habido un desfase de 3 años del “efecto jibia” sobre el recurso merluza común, lo que se reveló en la caída de la cpue de la flota merlucera y los desembarques de merluza común. Sin embargo, la información nacional del recurso jibia es sumamente escasa como para avanzar en

respuestas más convincentes de esta interacción jibia-merluza común, así como particularmente de los parámetros de la historia de vida del stock de jibia (crecimiento, talla media de madurez, ojiva de madurez, mortalidad total, mortalidad natural, otros), de su abundancia y biomasa (fuerza de los reclutamientos, abundancia y biomasa) y de parámetros de las pesquerías de la IV y VIII Regiones (registros insesgados de las capturas y del esfuerzo de pesca, cpue). Esta información es fundamental para la administración de las pesquerías de jibia, especialmente si se desea acordar Puntos Biológicos de Referencia objetivo y límite para el stock.

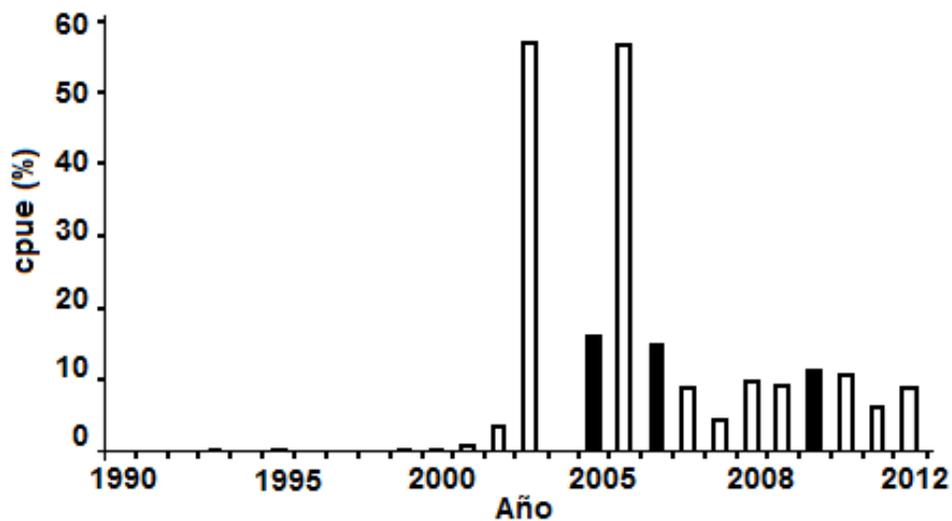


Figura 1. Captura por unidad de esfuerzo de jibia en cruceros de evaluación acústica de merluza común en Chile. Las barras de color gris señalan que hubo un crucero de otoño en los años 2005, 2006 y 2010, además de los cruceros regulares de julio-agosto. Nota 1: no se realizó cruceros en los años 2003 y 2010. Nota 2: data tomada de tablas de bycatch en varios cruceros de evaluación de merluza común realizados por IFOP.

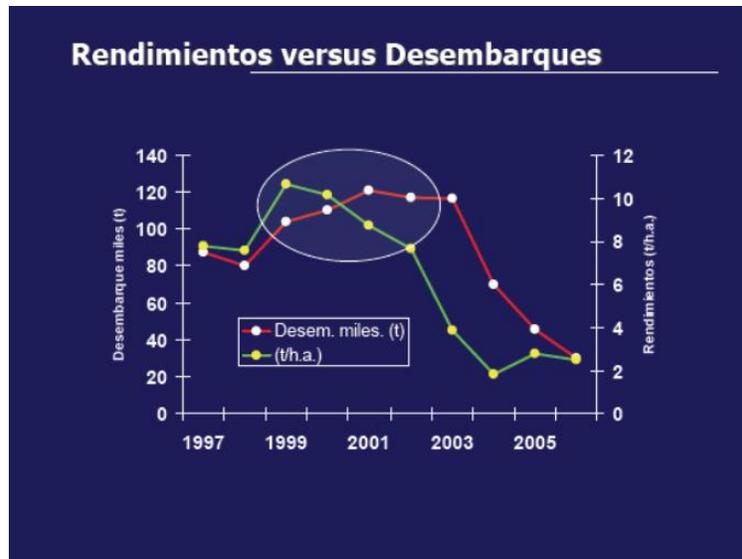


Figura 2. Rendimientos promedio anuales (captura por unidad de esfuerzo de merluza común) de la flota industrial arrastrera merlucera y desembarques anuales de merluza común. Esta figura corresponde a la Lámina N° 8 de la presentación de Hernán Rebolledo de INPESCA y fue presentada en el Taller del Comité Científico de Merluza Común (5 y 6 de septiembre de 2006, Universidad de Concepción, Concepción).

2.2. Historia de vida de *D. gigas*

La jibia o pota *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835) es una especie de calamar que pertenece a la Familia Ommastrephidae, caracterizándose por alcanzar tamaños hasta 1,2 m de longitud dorsal del manto (LDM), compleja estructura de tamaños, dimorfismo sexual, alta fecundidad, marcada voracidad y diferenciada razón de sexos (Markaida & Sosa-Nishizaki, 2001). La jibia es el calamar más grande del Océano Pacífico (Nesis, 1970; Nigmatullin *et al.*, 2001, Anderson & Rodhouse, 2001) y es el invertebrado marino de mayor tamaño de la fauna chilena (Schmiede & Acuña, 1992; Fernández & Vásquez, 1995). *D. gigas* se distingue ecológicamente de otros ommastrefidos por su amplio rango geográfico latitudinal (Nigmatullin *et al.*, 2001), abarcando desde Alaska hasta 45° S en el Océano Pacífico Suroriental (Keyl *et al.*, 2008), aunque últimamente se ha registrado la presencia de jibia

como fauna acompañante en la pesquería arrastrera de busques fábrica en el extremo austral de Chile (al sur de 55°S). La jibia es epi- y mesopelágica, oceánica y nerítica, que habita desde la superficie hasta 1.200 m de profundidad (Nesis 1970; Nigmatullin *et al.*, 2001). Los desplazamientos nocturnos en profundidad alcanzan desde casi 20-40 m hasta 450 m en algunos casos durante varias ocasiones en una misma noche (Dr. William Gilly, University of Stanford, USA; comunicación personal, enero de 2015, taller científico realizado en la Universidad de Concepción).

2.2.1. Estructura de tamaños

La estructura de tamaños de *D. gigas* es complicada (Nigmatullin *et al.*, 2001; Chen *et al.*, 2010) y no existe consenso al respecto (Liu *et al.*, 2010). Se ha señalado la posibilidad que los diferentes grupos de tamaño representen unidades genéticamente discretas, incluso a nivel subespecífico (Nigmatullin *et al.*, 2001). Sin embargo, estudios genéticos realizados con ejemplares de distintos grupos de madurez sexual de *D. gigas* colectados en Perú y México han demostrado que los fenotipos no están diferenciados genéticamente y solo representan la alta flexibilidad fenotípica de esta especie. Frente a Chile, *D. gigas* se presenta en las capturas en diferentes grupos de tamaños cambiando entre estaciones (Chong *et al.*, 2005; Ibáñez & Cubillos, 2007). Ibáñez & Cubillos (2007) postulan que la estructura de tamaños de *D. gigas* en Chile centro-sur se debe probablemente a migraciones. Estos cambios de la estructura de tamaños también se debería a que esta especie presenta alta tasa de crecimiento individual y vida corta, con longevidad máxima hasta 3 años (Keyl *et al.*, 2008), alcanzando longitud máxima (total) hasta 3 metros y 50 kg de peso. Nota del jefe de proyecto: esta referencia de longevidad (3 años) de jibia es especulativa y no ha sido demostrada.

2.2.2. Reproducción

La estrategia reproductiva de hembras de *D. gigas* corresponde a la de desovante múltiple (Rocha *et al.*, 2001) con patrón de desove monocíclico y alta fecundidad (>32 millones de ovocitos). La puesta de huevos ocurre en tandas separadas, con crecimiento somático entre los distintos eventos de desove (Rocha *et al.*, 2001). Zúñiga *et al.* (2008) postulan la existencia de dos ciclos reproductivos sobre la base de un patrón regular de periodicidad en las capturas mensuales de *D. gigas* desde el año 2002 hasta 2005.

Los machos maduran sexualmente antes que las hembras (Nesis, 1970; Markaida & Sosa-Nishizaki, 2001). Sin embargo, en muestreos efectuados frente a la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Chile se encontró que la composición en la madurez sexual entre machos y hembras es similar (Liu *et al.*, 2010). Estos autores señalan la talla media de madurez en *D. gigas* es 64 cm de longitud dorsal del manto (LDM) en hembras y 57 cm LDM en machos. La madurez más temprana en machos ha sido descrita como una característica general de los cefalópodos (González & Guerra, 1996). En Chile se ha detectado machos maduros todo el año (González & Chong, 2006), aunque no hembras.

2.2.3. Alimentación

Los primeros registros de la dieta de *D. gigas* en Chile corresponden a observaciones de Schneider (1930), Wilhelm (1930) y Wilhelm (1954) a partir del contenido estomacal de individuos varados en playas de Bahía Concepción, encontrándose restos de sardina (*Sardinops sagax*), merluza común (*Merluccius gayi*), congrios (*Genypterus chilensis* y *G. blacodes*), napes (*Neotrypaea uncinata* y *Pseudosquilla lessonii*), jaibas (*Paraxanthus* sp. y *Epiplatys* sp.), pequeños moluscos indeterminados y restos de jibia como evidencia de canibalismo. Varias décadas después, en 1990, en la dieta de *D. gigas* se registró la presencia de jurel (*Trachurus murphyi*), sardina (*Sardinops sagax*) y canibalismo (Fernández & Vásquez 1995).

Chong *et al.* (2005), con muestras colectadas en 1993 y 1994, comunicaron que la dieta de *D. gigas* estaba compuesta por peces, cefalópodos y crustáceos, identificándose en los peces a mictófidios y anchoveta (*E. ringens*), más crustáceos como anfípodos y eufaúsidos. Posteriormente, Liu *et al.* (2010), con muestras recolectadas por fuera de la ZEE de Chile, registraron a peces linterna, cefalópodos, crustáceos y canibalismo.

Ulloa *et al.* (2006) analizaron estómagos de ejemplares de *D. gigas* colectados desde las capturas industriales de merluza común con arrastre de fondo, encontrando alta frecuencia de registros de esta presa (40%), lo que es esperable, pues *D. gigas* continúa alimentándose en la bolsa de la red de arrastre merlucera después de ser capturado. Se reconoce que los resultados de Ulloa *et al.* (2006) están altamente sesgados y no deberían ser tomados en consideración alguna. Ibáñez *et al.* (2008) analizaron el contenido estomacal de jibias capturadas con diferentes artes de pesca (red de cerco, red de arrastre y poteras) en diferentes pesquerías (jurelera, merlucera y jigging), encontrando que existe sesgo en los resultados debido al tipo de arte de pesca utilizado. Por ejemplo, en los calamares examinados de la pesca de merluza común, su contenido estomacal resultó en 100% de *M. gayi*, mientras que las muestras de la pesca de jurel el contenido estomacal fue 98% de *T. murphyi*. Análogamente, se ha comunicado que el arte de pesca podría inducir sesgo en las estimaciones del canibalismo de los calamares (Ibáñez & Keyl, 2010). Este mismo problema ya lo habían registrado Field *et al.* (2007) frente a las costas del Océano Pacífico Norte. Otro problema metodológico relacionado con el contenido estomacal es la existencia de digestión secundaria, esto es, digestión en presas de las presas (Ulloa *et al.*, 2012).

A pesar de los problemas metodológicos señalados precedentemente, se ha establecido que la alimentación de *D. gigas* en aguas marinas de Chile no presenta diferencias tróficas respecto a su condición sexual y ontogenia (Ulloa *et al.*, 2006; Ulloa *et al.*, 2012; Pardo-Gandarillas *et al.*, 2013), aunque el canibalismo aumenta con el tamaño del predador. Es posible que la mayor variabilidad del contenido estomacal de *D. gigas* se presente estacional o geográficamente (Chong *et al.*, 2005; Pardo-Gandarillas *et al.*, 2013).

Las estimaciones de ración diaria de alimento en *D. gigas* que han sido informadas son entre 100 y 901 g/día, equivalentes a entre 1,4% y 4,1% del peso del predador, respectivamente (Cubillos *et al.*, 2004; Arancibia *et al.*, 2007). Todos estos análisis han sido realizados en

base a contenido estomacal, pues los experimentos con ejemplares vivos han fracasado debido que los individuos de *D. gigas* no se alimentan en cautiverio, falleciendo entre 48 y 72 horas después de ser depositados en estanques de recirculación (Arancibia *et al.* 2007).

Los estudios dietarios utilizando isótopos estables con *D. gigas* colectados frente a Chile muestran interesantes resultados. Los niveles tanto de C¹³ como N¹⁵ son los más altos de todo el rango geográfico (Ruiz-Cooley & Gerrodette, 2012), lo que se interpreta como que acá *D. gigas* tiene nivel trófico mayor que en otras latitudes.

2.2.4. Predadores

Los principales predadores de *D. gigas* en Chile serían cachalotes (Clarke & Paliza, 2000), tiburones (López *et al.*, 2009; López *et al.*, 2010) y pez espada (Castillo *et al.*, 2007). En el caso de las poblaciones de cachalotes del Océano Pacífico Este, prácticamente el 100% de su dieta se compone de jibia (Clarke *et al.*, 1988, Clarke & Paliza 2000). En una trama trófica se ha estimado que *D. gigas* tendría un nivel trófico de alrededor de 4,0 (Arancibia & Neira, 2006). En este escenario su posición trófica estaría entre predadores de alto nivel trófico.

2.2.5. Pesquería

En Chile *D. gigas* es capturado por pescadores artesanales usando poteras de mano, aunque también industrialmente por PAMs con red de arrastre de media agua, y sus registros pesqueros están disponibles desde 1957 (Rocha y Vega, 2003). La captura de *D. gigas* fue esporádica antes de 1970 y no poseía mayor valor económico, siendo usada como carnada en la pesca de congrios (Schmiede & Acuña 1992; Fernández & Vásquez, 1995). Las capturas de jibia fueron casi nulas por 20 años, reiniciándose en 1991 (Rocha & Vega, 2003). Posteriormente, *D. gigas* desapareció de las costas de Chile debido a una probable dispersión del stock asociada al evento El Niño de 1997-1998 (Keyl *et al.*, 2008).

A contar de diciembre de 2000 la incidencia de *D. gigas* en las capturas de la flota industrial de la zona centro-sur de Chile se incrementó notablemente, aparentemente debido al crecimiento explosivo de la abundancia del stock (Ibáñez & Cubillos, 2007), detectándose un patrón de periodicidad estacional en los datos mensuales de captura de *D. gigas* a lo largo de la costa chilena (Zúñiga *et al.*, 2008). Las causas asociadas con la mayor cpue de jibia no son muy bien comprendidas. Sin embargo, es factible que el éxito reproductivo de *D. gigas* esté asociado con las condiciones más frías durante 1999 y 2000, después del evento El Niño de 1997-98. También se postula que las fluctuaciones estacionales e interanuales observadas en los registros de captura podrían estar relacionadas con el éxito reproductivo de la especie a través de la ocurrencia de dos ciclos reproductivos por año, y de aquí la generación de dos cohortes por año, en promedio (Zúñiga *et al.*, 2008), lo que se trata también como resultado más adelante en el presente documento (ver objetivos específicos 1 y 6).

La presencia de jibia en Chile en 2002, y particularmente durante el primer semestre de 2003, provocó alteraciones y dificultades operacionales tanto en las pescas artesanales como industriales (Cubillos *et al.*, 2004) tal como falta de permisos para capturar, desembarcar y procesar jibia; separación de la captura incidental de jibia de las capturas totales; y problemas de disponibilidad y accesibilidad a los recursos pesqueros objetivo por los pescadores.

Los mayores desembarques de *D. gigas* en Chile corresponden al sector artesanal en Coquimbo (IV Región), Valparaíso (V Región) y Talcahuano/San Vicente (VIII Región). Los productos de *D. gigas* son mayormente destinados a países asiáticos. En Chile prácticamente no se consume jibia y tampoco en Perú.

En Coquimbo, durante el período 2001 a 2012, *D. gigas* ha sido capturada por pescadores artesanales en botes de 6 a 9 metros de eslora con motor fuera de borda. Esta actividad es cercana a la costa y los pescadores trasladan la captura directamente al muelle de la empresa, donde son desembarcados. El máximo de botes que ha operado en Coquimbo en las capturas de jibia fue 152, y las capturas por viajes han sido entre 0,5 y 8,2 ton diarias (Acuña, 2010). Últimamente se ha modificado los botes de Coquimbo que capturan jibia, pues ahora

presentan manga más ancha que en años pasados recientes. La eslora se ha mantenido casi inalterable.

2.2.6. Fluctuaciones del stock

Las causas de las fluctuaciones del stock de *D. gigas* pueden ser complejas y determinadas por un conjunto de procesos directos e indirectos, sea físicos como biológicos. Tradicionalmente han coexistido dos puntos de vista opuestos que tratan de explicar la dinámica poblacional de *D. gigas*. El primero ha señalado a factores exógenos, también llamados factores denso-independientes, como los causantes de dichos cambios en la abundancia de la población de *D. gigas*, como por ejemplo la variabilidad climática (Lima, 1995; Lima *et al.*, 2000). El segundo señala que la variabilidad observada en muchas poblaciones tiene su explicación en factores endógenos, los que representan los eventos de retroalimentación creados por la interacción entre individuos del mismo stock o entre stocks, conocidos como factores denso-dependientes, siendo éstos los verdaderos reguladores de las poblaciones naturales (Turchin & Taylor, 1992).

En la actualidad se acepta que la dinámica de las poblaciones naturales es mejor entendida comprendiendo la interacción existente entre factores endógenos (denso-dependientes) y factores exógenos (denso-independientes) (Royama, 1992; Lima, 1995; Lima, *et al.* 2000; Lima, 2001). Recientemente, Neira & Arancibia (2013) han analizado, mediante simulaciones ecotróficas multiespecíficas, las interacciones entre jibia y merluza común, agregando a sus presas y predadores en el ecosistema marino de Chile central, confirmando los avances comunicados por Arancibia & Neira (2008), en el sentido que el stock de jibia no es ni tan abundante ni tan voraz como para ser responsable del colapso del stock de merluza común, y que la pesquería es el principal modelador de la biomasa de los recursos pesqueros, seguido de las interacciones predador-presa y luego el ambiente, aunque todos son importantes y no despreciables.

2.3. Referencia Sección Antecedentes

- Acuña E. 2010. The jumbo squid (*Dosidicus gigas*) presence and fishery in the zone of Coquimbo, Chile (2000 – 2010). 5th International Symposium on Pacific Squids 2010, October 13th - 15th 2010. La Paz, Baja California Sur, México.
- Anderson C.I.H. & P.G. Rodhouse. 2001. Life cycles, oceanography and variability: ommastrephid squid in variable oceanographic environments. *Fisheries Research* 54: 133-143.
- Arancibia, H. & S. Neira. 2006. Assessing the potential role of predation by jumbo squid (*Dosidicus gigas*) and fishing on small pelagics (common sardine *Strangomera bentincki* and anchovy *Engraulis ringens*) and common hake (*Merluccius gayi*) in central Chile, 33-39°S. En Olson RJ & JW Young (Eds). The role of squid in open ocean ecosystems: 68-70. Report of a GLOBEC-CLIOTOP/PFRP workshop, 16-17 November 2006, Honolulu, Hawaii, USA. GLOBEC Report 24.
- Arancibia, H., M. Barros, S. Neira, U. Markaida, C. Yamashiro, L. Icochea, C. Salinas, L. Cubillos, Ch. Ibáñez, R. León, M. Pedraza, E. Acuña, A. Cortés & V. Kesternich. 2007. Informe Final Proyecto FIP 2005-38. Análisis del impacto de la jibia en las pesquerías chilenas de peces demersales. Universidad de Concepción / Universidad Católica del Norte, 299 p. + Anexos.
- Arancibia, H. & S. Neira. 2008. Overview of the stock of hake (*Merluccius gayi*) and forecast of its biomass including jumbo squid (*Dosidicus gigas*) prey-predator relationship in central Chile (33°S-39°S). *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 49: 104-115.
- Castillo, K., C. M. Ibáñez, C. González & J. Chong. 2007. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 en distintas zonas de pesca frente a Chile central durante el otoño de 2004. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(2):149-156.
- Chen, X., H. Lu, B. Liu & Y. Chen. 2010. Age, growth and population structure of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, based on statolith microstructure off the Exclusive Economic Zone of Chilean waters. *Marine Biological Association of the United Kingdom*: 1-7.
- Chong, J., C. Oyarzún, R. Galleguillos, E. Tarifeño, R. Sepúlveda & C. Ibáñez. 2005. Parámetros biológico-pesqueros de la jibia *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) frente a la costa de Chile central (29°S–40°S) durante 1993-1994. *Gayana* 69: 319-328.

- Clarke R. & O. Paliza. 2000. The Humboldt Current squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 35: 1-39.
- Clarke, R., O. Paliza. & A. Aguayo. 1988. Sperm whales of the southeast Pacific. Part. IV. Fatness, food and feeding. *Investigations on Cetacea*, Berne. 21: 53-195.
- Cubillos, L.A., C.M. Ibáñez, C. González & A. Sepúlveda. 2004. Pesca de jibia (*Dosidicus gigas*) con red de cerco entre la V y X Regiones, año 2003. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile.
- Fernández F. & J.A. Vásquez. 1995. La jibia gigante *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) en Chile: análisis de una pesquería efímera. *Estudios Oceanológicos* 14: 17-21.
- Field, J.C., K. Baltz, A.J. Phillips & W. Walker. 2007. Range expansion and trophic interactions of jumbo squid, *Dosidicus gigas*, in the California Current. *CalCOFI Reports* 48: 131-146.
- González P & Chong J. 2006. Biología reproductiva de *Dosidicus gigas* d'Orbigny 1835 (Cephalopoda, Ommastrephidae) en la zona norte-centro de Chile. *Gayana* 70(1): 65-72.
- González, A. & A. Guerra. 1996. Reproductive biology of the short-finned squid *Illex coindetii* (Cephalopoda, Ommastrephidae) of the northeastern Atlantic. *Sarsia* 81: 107-118.
- Ibáñez, C.M., H. Arancibia & L. Cubillos. 2008. Biases in determining the diet of jumbo squid *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern-central Chile (34S-40S). *Helgoländer Marine Research* 62:331-338.
- Ibáñez CM, & Cubillos L.A. 2007. Seasonal variation in the length structure and reproductive condition of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) off central-south Chile. *Scientia Marina* 71(1):123-128.
- Ibáñez, C.M. & F. Keyl. 2010. Cannibalism in cephalopods. *Review of Fish Biology and Fisheries* 20:123-136.
- Keyl, F., J. Argüelles, L. Mariátegui, R. Tafur, M. Wolff & C. Yamashiro. 2008. A hypothesis on range expansion and spatio-temporal shifts in size-at-maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the eastern Pacific Ocean. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 49: 119-128.
- Lima, M. 1995. Regulación poblacional, denso-dependencia y métodos para su detección en series de tiempo. *Revista Chilena de Historia Natural* 68: 251-269.

- Lima, M., A. Brazeiro & O. Defeo. 2000. Population dynamics of the yellow clam (*Mesodesma mactroides*): recruitment variability, density-dependence and stochastic processes. *Marine Ecology Progress Series* 207: 97-108.
- Lima, M. 2001. The dynamics of natural populations: feedback structures in fluctuating environments. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 317-332.
- Liu, B., X. Chen, H. Lu, Y. Chen & W. Qian. 2010. Fishery biology of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* off the Exclusive Economic Zone of Chilean waters. *Scientia Marina* 74 (4): 687-695.
- López, S., R. Meléndez & P. Barría. 2009. Alimentación del tiburón marrajo *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 (Lamniformes: Lamnidae) en el Pacífico suroriental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44: 439-451.
- López, S., R. Meléndez & P. Barría. 2010 Preliminary diet analysis of the blue shark *Prionace glauca* in the eastern South Pacific. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45: 745-749.
- Markaida, U. & Sosa-Nishizaki, O. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. *Fisheries Research* 54: 63-82.
- Neira, S. & H. Arancibia. 2013. Food web and fish stock changes in central Chile: comparing the roles of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) as predator, the environment, and fishing. *Deep Sea Research II*, 95: 103-112.
- Nesis, K.N., 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. *Okeanology* 10: 140-152.
- Nigmatullin Ch. M., K. N. Nesis & A. I. Arkhipkin. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fisheries Research* 54: 9-19.
- Pardo-Gandarillas, M. C., K. Lorhmann, M. George-Nascimento & C.M. Ibáñez. 2014. Diet and parasites of *Dosidicus gigas* (d' Orbigny 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Humboldt Current system. *Molluscan Research*, 34(1):10-19.
- Rocha, F., A. Guerra & A.F. González. 2001. A review of the reproductive strategies in cephalopods. *Biological Review* 76: 291-304.
- Rocha, F. & M.A. Vega. 2003. Overview of the cephalopod fisheries in Chilean waters. *Fisheries Research* 60: 151-159.
- Royama, T. 1992. Analytical population dynamics. Chapman & Hall, London, United Kingdom, 371 p.

- Ruiz-Cooley, R.I., & T. Gerrodette. 2012. Tracking large-scale latitudinal patterns of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ along the E Pacific using epi-mesopelagic squid as indicators. *Ecosphere* 3: 1-17.
- Schmiede, P. & E. Acuña. 1992. Regreso de las jibias (*Dosidicus gigas*) a Coquimbo. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 389-390.
- Schneider, C.O. 1930. Notas sobre la jibia chilena (*Ommastrephes gigas*, Hupé). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 3-4: 117-124.
- Turchin, P. & A.D. Taylor. 1992. Complex dynamics in ecological time series. *Ecology* 73: 289-305.
- Ulloa, P., M. Fuentealba & V. Ruiz. 2006. Hábitos alimentarios de *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Teuthoidea) frente a la costa centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 475-479.
- Ulloa P, VH Ruiz, R Figueroa. 2012. Digestión secundaria en el análisis del contenido gástrico del calamar rojo *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Teuthoidea): ¿qué tan importante es? *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 47: 413-428.
- Wilhelm, O. 1930. Las mortandades de jibias (*Ommastrephes gigas*) en la Bahía de Talcahuano. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 3-4: 23-28.
- Wilhelm, O. 1954. Algunas observaciones acerca de las mortandades de jibias (*Dosidicus gigas* D'Orb.) en el litoral de Concepción. *Revista de Biología Marina* 4: 196-201.
- Zúñiga, M.J., Cubillos L.A., Ibáñez, C. 2008. A regular pattern of periodicity in the monthly catch of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) along the Chilean coast (2002-2005). *Ciencias Marinas* 34:91-99.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Conocer parámetros de la historia de vida, poblacionales y de la pesquería de jibia en el mar territorial y Zona Económica Exclusiva de Chile, en especial en las Regiones IV de Coquimbo y VIII del Biobío.

3.2. Objetivo Específicos

- 3.2.1. Determinar parámetros de la historia de vida de la jibia tales como crecimiento en longitud y peso del modelo de von Bertalanffy (L_{∞} , W_{∞} , K , t_0), madurez (talla media de madurez, ojiva de madurez, ciclo reproductivo), tasas instantáneas de mortalidad total (Z) y natural (M), composición de la dieta y tasa de consumo diario de alimento (Q), parámetros de la relación longitud-peso y otros.
- 3.2.2. Determinar la abundancia (total, maduros y reclutas) y biomasa (total y desovante) del stock de jibia mediante evaluación indirecta.
- 3.2.3. Analizar indicadores de la(s) pesquería(s) de jibia (capturas, esfuerzo de pesca, cpue) y determinar el rendimiento máximo sostenido (RMS) y punto biológico de referencia limite según la LGPA.
- 3.2.4. Descomponer la captura a la edad de jibia y analizar la distribución de edades sobre bases temporales adecuadas.
- 3.2.5. Analizar los estadios de madurez de jibia en las capturas y la distribución de maduros sobre bases temporales adecuadas (infra-anual).
- 3.2.6. Formular un modelo conceptual de la historia de vida del stock de jibia que incluya el alineamiento de edades (t_r , t_c , t^* , t_{max} , otras) y los parámetros del stock, por un

lado y, por el otro, un modelo conceptual de explotación pesquera con sustento biológico que incluya eventualmente vedas, indicando de qué tipo(s) se trata.

- 3.2.7. Proponer un modelo de evaluación directa de la abundancia y biomasa de jibia aplicable a futuras investigaciones, indicando el costo asociado, justificando el lugar y la época donde realizar el crucero.

4. Del Objetivo Específico 1

Determinar parámetros de la historia de vida de la jibia tales como crecimiento en longitud y peso del modelo de von Bertalanffy (L_{∞} , W_{∞} , K , t_0), madurez (talla media de madurez, ojiva de madurez, ciclo reproductivo), tasas instantáneas de mortalidad total (Z) y natural (M), composición de la dieta y tasa de consumo diario de alimento (Q), parámetros de la relación longitud-peso y otros.

Nota 1: para responder de manera más clara a este objetivo específico, el documento se presenta por secciones, correspondiendo cada sección a un tema particular.

Nota 2: el tópico “madurez” que aparece en este objetivo específico se pasa al objetivo específico 5, pues el mismo macro-tema está erróneamente contemplado en las Bases Técnicas de ambos objetivos específicos.

4.1. Sección 1. Distribución de lances de pesca, análisis de frecuencias de tamaños y relación longitud peso de jibia

Resumen

Se analiza distribuciones de tamaños de jibia en las capturas de 2014 (enero a octubre) con motivo de las actividades de muestreos comprometidas en el presente proyecto. De 429 lances de pesca a bordo de PAM arrastreros industriales en la VIII Región se determinó el sexo de 7.481 ejemplares; de aquellos, a 1.310 ejemplares de jibia se les realizó muestreos biológico-específicos. Además, se incorpora los muestreos de 508 ejemplares de jibia obtenidos en noviembre-diciembre de 2014 del programa de monitoreo de jibia de INPESCA. También se analiza la estructura de tamaños de jibia en la VIII Región en los años 2011, 2012 y 2013; el área de operación de la flota (área de estudio) fue entre las

coordenadas 36°05'S-37°20'S y 73°25'S-73°50'W debido a la alta disponibilidad del recurso jibia todo el período, y luego en noviembre y diciembre de 2014.

En la VIII Región la longitud dorsal del manto (LDM) de ejemplares de jibia en el período de estudio estuvo en el rango de 36 a 102 cm (promedio: 66 a 77 cm LDM). No se registró diferencias significativas en la estructura de tamaños de jibia entre sexos. En los muestreos biológicos se encontró un leve predominio de machos por sobre las hembras; la razón machos : hembras fue 1,05 : 1,00. En la pesquería se observa dos cohortes de jibia en 2014, una que estaba presente (ejemplares >70 cm LDM) al comenzar los muestreos de este proyecto y que sale de la pesquería masivamente en octubre; la otra cohorte ingresó en junio y se mantuvo en la pesquería hasta fin del año, con una probable salida en octubre de 2015. Consecuentemente, una cohorte entrante de jibia a la pesquería regional se mantiene presente en ésta alrededor de 15 a 16 meses (de mayo/junio del año t hasta septiembre/octubre del año t+1).

En 2014 la pesquería de jibia por la flota artesanal potera en la IV Región abarcó temporalmente desde abril hasta septiembre, concentrándose dentro de las primeras 20 a 25 mn desde la costa hacia el W. Por esta razón, de los muestreos biológico-específicos se obtuvo solo 443 ejemplares desde mayo hasta septiembre; dicho de otra manera, antes de mayo y después de septiembre de 2014 prácticamente no hubo disponibilidad de materia prima (jibias) ni en las capturas a bordo (que casi no las hubo) ni en planta (donde casi no hubo producción). La LDM de esos ejemplares fue entre 55 y 98 cm LDM (promedio: 81 a 86 cm). No se registró diferencias significativas en la estructura de tamaños de jibia entre sexos. Sin embargo, las hembras predominaron fuertemente sobre los machos; la razón machos : hembras fue 1,00 : 2,20.

La constante b de la relación entre LDM (cm) y peso total de jibia es levemente superior a 3 (entre 3,062 y 3.241), tanto en machos como en hembras, así como en los datos analizados en los distintos años (2011 a 2014 en la VIII Región; 2006 y 2014 en la IV Región).

4.1.1. Introducción

- **Área de estudio y planificación de muestreos biológicos**

La recopilación de información biológico-pesquera y de muestreos de tamaños de jibia se planificó para realizarla desde el monitoreo de las capturas, particularmente de la flota industrial arrastrera de la VIII Región (puertos de Talcahuano, San Vicente y Coronel), y del desembarque de botes en la IV Región. Se trabajó bajo los supuestos que los muestreos de jibia pueden haber estado afectados por las fuentes de donde provienen las capturas (e.g. pesquerías de cerco, arrastre y potera), del tipo de embarcaciones (naves industriales de arrastre, naves industriales de cerco, lanchas artesanales de cerco, lanchas y botes artesanales poteras), por el arte de pesca (redes de arrastre de media agua y de fondo, redes de cerco y líneas de mano con poteras), por la estacionalidad de la pesquería u otros factores humano-independientes como distribución y disponibilidad del recurso jibia. Entonces, basándonos en ese tipo de observaciones podemos describir a las pesquerías de jibia y las posibilidades de muestreos en la VIII Región de Chile –que es de donde disponemos de mayor información– de la siguiente manera:

- Antes del año 2012 la mayor fracción de las capturas de jibia en la VIII Región fue aportada por la flota artesanal cerquera dedicada a la pesca de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engruslis ringens*) como especies objetivo, teniendo a la jibia (*Dosidicus gigas*) como fauna acompañante, aunque solo en períodos muy cortos. En los desembarques de PAM cerqueros se opera con yoma, pero los ejemplares de jibia son despedazados por la operación de la misma yoma con agua a presión, quedando muy pocos o ningún ejemplar disponible completo. Además, la degradación del cuerpo y vísceras de la jibia como materia prima en bodegas de las naves es muy rápida, liberándose compuestos nitrogenados (aminas) volátiles que otorgan penetrante olor, impidiendo el muestreo y cualquier análisis *post mortem*.
- La pesquería artesanal cerquera de la VIII Región está regulada oficialmente por dos períodos de veda (reproductiva y de reclutamiento), lo que inactiva a esta flota completamente a inicios del año y en invierno. Las principales épocas de operación de

esta flota sardinera/anchovetera se restringe de marzo a junio, restringiendo la obtención continua de datos biológicos de jibia desde muestreos de las capturas.

- Desde el año 2012 las organizaciones de pescadores artesanales acordaron restringir la pesca de jibia como especie objetivo con red de cerco, pudiendo ser capturada solo como fauna acompañante, lo que reduce aún más los muestreos de jibia para los análisis biológicos.
- En la pesquería industrial arrastrera merlucera (merluza común *Merluccius gayi*) de la V a la X Regiones, la jibia es fauna acompañante de esa especie y puede encontrarse en buen estado para ser utilizada como muestra biológica, aunque esporádicamente en escasa cantidad y de manera irregular (no en lances continuos). Por lo tanto, esta pesquería también nos impone restricciones para muestreos de jibia.
- En los últimos 2 a 3 años, varias embarcaciones industriales (PAM arrastreros) se han dedicado a la captura de jibia como especie objetivo con operaciones casi regulares durante todo el año (excepto en 2015, cuando la cuota de pesca industrial fue alcanzada en mayo). Por lo tanto, este tipo de naves y capturas permiten la obtención periódica de muestras de jibia directamente desde zonas de pesca, razón por la que se implementó un programa de seguimiento de dicho recurso con observadores a bordo en INPESCA desde el año 2011 (que es distinto al que realiza IFOP por encargo del MINECOM).
- La pesquería artesanal de jibia en botes y lanchas con poteras en la VIII Región ocurre por demanda del poder comprador, por lo que esta actividad es irregular, reduciéndose considerablemente la factibilidad diaria de desembarques. Además, esta pesquería depende fuertemente de las condiciones meteorológicas tanto en invierno (frentes de mal tiempo) como en verano (fuertes vientos S-SW, denominados “surazos”). Además, el poder comprador recibe solo el tubo o manto de la jibia eviscerado, lo que imposibilita muestreos de jibia en esta pesquería. Exactamente lo mismo ocurre en la IV Región.

En conclusión, decidimos en este proyecto dar preferencia a los muestreos en la VIII Región, particularmente de las capturas de barcos industriales arrastreros dedicados exclusivamente a la pesca de este recurso, principalmente por dos razones: primer, por ser más regular su disponibilidad durante todo el año (pesca casi independiente de las

condiciones meteorológicas, especialmente durante el invierno); y, segundo, por tener ya disponibles los datos de los muestreos previos de los años 2011, 2012 y 2013 (n=9.103) recopilados en INPESCA, lo que permite su mejor análisis temporal. En la VIII Región no se muestreó jibias desde capturas de botes y lanchas, ni en plantas de proceso debido a que los ejemplares de jibia, en su mayoría, son desembarcados eviscerados, lo que imposibilita realizar muestreos de tamaños y muestreos biológico-específicos. Por otro lado, los muestreos de jibia de la flota arrastrera de media agua de la VIII Región provienen prácticamente de la misma área de distribución que la pesca de jibia de la flota artesanal (botes y lanchas).

En el presente proyecto, según la oferta técnica, en la VIII Región se obtuvo muestras de jibia desde enero hasta octubre de 2014, provenientes de las capturas de PAM arrastreros de media agua. Además, se aprovechó el programa de seguimiento que INPESCA tiene para la pesquería de jibia en la flota industrial en la VIII Región (especie objetivo) y que consiste en la recopilación de datos directamente en zonas de pesca por observadores a bordo. La información recopilada de muestreos biológicos de jibia de 2011 a 2013 se presenta en las Tablas 1.1, 1.2 y 1.3.

En la IV Región las muestras de jibia provienen solo de la flota artesanal potera debido a la ausencia de operaciones pesqueras de la flota industrial sobre el recurso jibia. Por otro lado, durante el año 2014 en Coquimbo dejó a funcionar temporalmente la planta de proceso de jibia de “Pesquera Orizon”, afectando la regularidad de entrega de materia prima las lanchas y botes artesanales en Coquimbo, lo que también se relaciona con otros bajos poderes compradores en la IV Región. Además, la pesca artesanal de jibia en 2014 en la IV Región fue principalmente desde fines de abril hasta inicios de septiembre. Por esta razón, las muestras biológicas de jibia en la IV Región se obtuvieron en los lugares de desembarque (para la planta “Almar”) en mayo, junio, agosto y septiembre de 2014 y solo en ocasiones cuando la jibia fue desembarcada entera, lo que es infrecuente.

Tabla 1.1. Tamaño de muestras por mes, año, zona, arte de pesca y sexo (enero 2011 a diciembre de 2013). Total: 9.103 ejemplares. Fuente: INPESCA.

		2011												
		Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV			Total
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	Machos	0	0	0	0	0	0	39	31	71	0	12	0	
	Hembras	0	0	0	0	0	0	16	23	63	0	19	0	
	Indet.	0	0	0	252	248	25	411	1211	902	60	22	0	
	Subtotal	0			525			2767			113			3405
		2012												
		Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV			Total
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	Machos	0	0	0	0	0	0	513	47	282	0	12	0	
	Hembras	0	0	0	0	0	0	474	46	242	0	19	0	
	Indet.	23	0	886	0	87	922	68	987	0	0	0	0	
	Subtotal	909			1009			2659			31			4608
		2013												
		Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV			Total
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	Machos	0	21	0	0	0	214	150	102	0	0	0	0	
	Hembras	0	25	0	0	0	288	154	135	0	0	0	0	
	Indet.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Subtotal	46			502			542			0			1090
	Total	955			2036			5968			144			9103

Tabla 1.2. Tamaño de muestras de frecuencias de tallas de jibia por mes y sexo, VIII Región. Período: años 2011, 2012 y 2013.

		Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV			Total	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
2011															
	Machos														
	Hembras														
	Indet.				252	248	25	411	1210	902	60	22		3130	
	Subtotal				252	248	25	411	1210	902	60	22		3130	
	Total				525			2523			82			3130	
2012															
	Machos	10						490						500	
	Hembras	10						465						475	
	Indet.			885		87	901	25						1898	
	Subtotal	20		885		87	901	980						2873	
	Total	905			988			980						2873	
2013															
	Machos		21	14	25		186	124	84					454	
	Hembras		25	9	15		256	122	103					530	
	Indet.														
	Subtotal		46	23	40		442	246	187					984	
	Total		69			482			433			0			984

Tabla 1.3. Tamaño de muestras biológicas de jibia por mes y sexo, VIII Región. Período: años 2011, 2012 y 2013.

	Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV			Total
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2011													
Machos							39	31	71		12		153
Hembras							16	23	63		19		121
Indet.								1					1
Subtotal							55	55	134		31		275
Total								244			31		275
2012													
Machos			82			69	49	38	20				258
Hembras			54		52	30	33	27					196
Indet.	23												23
Subtotal	23		136			121	79	71	47				477
Total		159			121		197						477
2013													
Machos						28	19					11	58
Hembras						32	32					10	74
Indet.													
Subtotal						60	51					21	132
Total					60		51				21		132

4.1.2. Materiales y Métodos

4.1.2.1. Periodo de Estudio

Para asegurar los requerimientos de muestreo (tamaño de muestra), el período de estudio fue durante los primeros 10 meses de ejecución del presente proyecto (enero a octubre de 2014), cubriendo prácticamente un ciclo anual de la pesquería de jibia frente las costas de Chile centro-sur, aunque con las restricciones de muestreos señaladas previamente. Además, comparativamente se incorporó al análisis datos biológicos de jibia recopilados en INPESCA desde inicios de 2011 hasta fines de 2013 (Tabla 1.1), los que se aportó a este proyecto. En la IV Región, debido a las razones expuestas previamente, el muestreo se concentró solo desde mayo hasta septiembre de 2014.

4.1.2.2. Recopilación de datos operacionales y muestras biológicas

En el caso de observaciones a bordo de naves industriales dedicadas a pesca de jibia, en cada lance de pesca se registró su número, fecha, hora, latitud, longitud, captura de jibia (número de ejemplares, estimación en toneladas) y otros. Los datos operacionales de cada lance de pesca fueron registrados en planilla *ad hoc* (Tabla 1.4).

Tabla 1.4. Descripción de la información contenida en la bitácora de pesca industrial de jibia.

Bitacora Diaria de Pesca	
Nombre de la Embarcación	Velocidad de arrastre
fecha (día/mes/año)	Velocidad del viento
Latitud de inicio del lance	Dirección del viento
Longitud de inicio del lance	tipo de fondo
Hora de inicio del lance	Estado del Mar
profundidad de inicio del lance	Temperatura superficial del mar
Longitud del cable de cala	Temperatura de fondo del mar
latitud final del lance	Nº de cajas (producción) de jibia
Longitud final del lance	Peso promedio de la caja de producción
Hora final del lance	Nº de cajas de otras especies "by catch"
Profundidad final del lance	Peso promedio de la caja "by catch"

4.1.2.3. Recopilación de datos operacionales y muestras biológicas

Taller para estandarización de criterios de muestreos biológico-específicos

Inicialmente la propuesta técnica comprometió muestreos mensuales de jibia en la IV Región de Coquimbo y en la VIII Región del Biobío, dependiendo de la estacionalidad, disponibilidad del recurso, capturas y estado de la materia prima en los desembarques (ejemplares eviscerados) con dos equipos de técnicos trabajando coordinadamente en Talcahuano (Laboratorio de Pesquerías en INPESCA) y Coquimbo (Laboratorio de Pesquerías en la Universidad Católica del Norte). Para mejor coordinación se realizó un taller de estandarización de criterios de muestreos, análisis y conservación de muestras, aun cuando ambos equipos de muestreadores poseen experiencia en muestreos de jibia. El

propósito fue traspasar experiencias y criterios entre el personal de este proyecto en Coquimbo y Talcahuano. El taller de 5 días en enero de 2014 estuvo dirigido por el Dr. Christian Ibáñez, profesional free-lance que trabajó en el presente proyecto. Se expuso diferentes fases del muestro biológico-específico a los técnicos, obtención de muestras de vísceras (estómagos y gónadas, registros de madurez de ovarios y testículos, otros) y obtención de la cabeza de cada ejemplar muestreado (para la posterior remoción de estatolitos), registros de LDM, peso y sexo, al menos.

4.1.2.4. Mediciones corporales (frecuencias de tamaños y peso)

El cuerpo de los cefalópodos se compone de la parte anterior o cefalopodio, que consta de la cabeza, una corona de apéndices móviles y el sifón; y la posterior o visceropáleo, que consiste en un saco muscular o manto, en cuyo interior se alojan las branquias y las vísceras. Para la descripción en cefalópodos se ha seguido a Voss (1963) y Roper y Voss (1983) en cuanto a estandarización y definición de caracteres y medidas que deben ser utilizadas para su descripción. Algunas de las medidas morfométricas que se realiza en estos organismos se presentan en las Figs. 1.1 y 1.2. La medida básica de los cefalópodos es la longitud dorsal del manto (LDM o simplemente LM, y se usa ambas indistintamente en el presente trabajo). Para la determinación de las medidas morfométricas, cada ejemplar de jibia fue ubicado en posición dorsal con el sifón hacia abajo, siendo registrada la LDM con precisión de 1 cm. Luego se determinó el peso total (PT, g) con balanza mecánica tipo reloj (capacidad máxima: 50 kg; precisión: 0,2 kg).

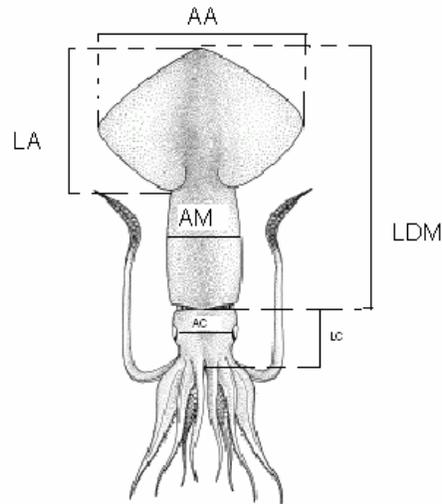


Figura 1.1. Vista dorsal de jibia y medidas morfométricas registradas: longitud dorsal del manto (LDM), ancho del manto (AM), longitud de la aleta (LA), ancho de aletas (AA), ancho de la cabeza (AC) y longitud de la cabeza (LC).



Figura 1.2. Ejemplo de muestreo de longitud y peso de jibia a bordo de naves pesqueras y en laboratorio.

A continuación se presenta un resumen de los tamaños de muestras de jibia (totales, de frecuencias de tamaños y de muestras biológicas) logrados durante la ejecución del presente proyecto desde enero hasta octubre de 2014 de la flota industrial en la VIII Región (Tablas

1.5, 1.6 y 1.7), y de mayo a septiembre de 2014 de la flota artesanal en la IV Región (Tabla 1.8).

Tabla 1.5. Tamaño de muestras totales de jibia por mes y sexo (VIII Región, enero-octubre de 2014).

2014	Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV			Total
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Machos	367	166	653	515	708	425	177	430	201	197			3839
Hembras	498	197	677	422	377	373	154	443	282	219			3642
Indet.													
Subtotal	865	363	1330	937	1085	798	331	873	483	416			7481
Total		2558			2820			1687			416		7481

Tabla 1.6. Tamaño de muestras de frecuencias de tallas de jibia por mes y sexo (VIII Región, enero-octubre de 2014).

2014	Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV			Total
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Machos	304	142	583	440	621	311	145	369	129	141			3185
Hembras	393	164	593	371	325	257	130	390	198	165			2986
Indet.													
Subtotal	697	306	1176	811	946	568	275	759	327	306			6171
Total		2179			2325			1361			306		6171

Tabla 1.7. Tamaño de muestras biológicas de jibia por mes y sexo (VIII Región, enero-octubre de 2014).

2014	Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV			Total
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Machos	63	24	70	75	87	114	32	61	72	56			654
Hembras	105	33	84	51	52	116	24	53	84	54			656
Indet.													
Subtotal	168	57	154	126	139	230	56	114	156	110			1310
Total		379			495			326			110		1310

Tabla 1.8. Tamaño de muestras totales de jibia por mes y sexo (IV Región, mayo-septiembre de 2014).

2014	Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV			Total
IV Región	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Machos	0	0	0	0	41	60	0	34	3	0	0	0	138
Hembras	0	0	0	0	110	122	0	56	17	0	0	0	305
Indet.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Subtotal	0			333			110			0			443

4.1.2.5. Parámetros de la relación longitud dorsal del manto (LDM) vs. peso

Unos de los registros básicos en estudios de la biología de cualquier especie son la longitud y el peso de los individuos colectados. Ambas variables permiten caracterizar parcialmente al stock, como es el caso de la estructura de tamaños (o peso) o determinar la relación longitud-peso específica. Algunos de los principales usos de la relación longitud-peso en la investigación pesquera son: (i) permitir la conversión de la longitud de un individuo a peso o viceversa; (ii) estimar el peso medio de los ejemplares de una clase de longitud dada (Beyer, 1987); (iii) convertir la ecuación de crecimiento en longitud en una ecuación de crecimiento en peso; (iv) predecir el peso a la edad, por ejemplo, en modelos de rendimiento por recluta; (v) comparar morfológicamente entre poblaciones de una misma especie; y, (vi) estimar la biomasa de una población edad o talla-estructurada a partir del número de individuos sobrevivientes (abundancia en número), por nombrar algunos.

La relación longitud-peso, en la mayoría de las especies marinas, está definida por una ecuación de tipo potencial (medida con error) de la forma:

$$w = aL^b + error$$

donde w es el peso (g), L es la longitud (cm o mm), a y b son constantes, adicionándose una medida de error.

Para la estimación de los parámetros a y b de la relación longitud-peso se utiliza Mínimos Cuadrados No Lineales (MCNL). Este método consiste en minimizar la suma de desviaciones cuadráticas ε_i^2 .

Sea S la suma de estas desviaciones, y n el número total de observaciones de los pares de longitud del manto LDM y peso w ; entonces:

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (w_i - aLDM_i^2)^2$$

Luego, el método de MCNL consiste en encontrar valores de parámetros del modelo tales que se minimice S . Como resultado de este procedimiento, aplicado a las observaciones de longitud de manto y peso de machos y hembras, se obtiene los parámetros que representan el crecimiento, independientemente de la condición reproductiva de los ejemplares estudiados.

4.1.3. Resultados

4.1.3.1. Área de estudio

Para la VIII Región el área de obtención de muestras biológicas se determina en base a la distribución de los lances de pesca de jibia de PAM arrastreros de media agua. Las muestras fueron obtenidas a bordo por técnicos muestreadores del proyecto. Desde enero hasta octubre de 2014 se registró 429 lances de pesca a bordo del PAM “Biomar IV” de Pesquera Biobío (88% de lances muestreados) y el PAM “Surmar I” de Pesquera Landes (12% del total de lances). La captura de la fracción muestreada fue 8.899 toneladas, correspondiendo al 19,7% del total del desembarque industrial de la flota de la VIII Región en los primeros 10 meses de 2014.

El área de operaciones pesqueras industriales estuvo delimitado en una franja de mar bastante estrecha, entre 36°05'S-37°20'S y 73°25'S-73°50'W (Fig. 1.3; aquí se incorpora también lances de pesca de jibia en noviembre y diciembre de 2014 del programa de seguimiento de jibia en INPESCA, que es posterior al comprometido en el proyecto). El análisis de la distribución de lances de pesca de jibia en los años 2011 a 2013 (Fig. 1.4) permite confirmar que la flota industrial ha operado en la misma área en esos años y el actual, con algunas proyecciones de 20 a 40 mn paralelas a la costa, destacando la proyección de lances justo al norte de Punta Lavapié en el área conocida como “El Maní”.

El análisis de la dinámica térmica mensual (enero a octubre de 2014) de aguas superficiales en la zona adyacente a la zona principal de pesca de jibia por la flota industrial (Fig. 1.5) permite destacar que el área de pesca (caladero) coincide con la posición espacial del eje principal de la Corriente de Humboldt fría, por un lado, y, por otro lado, con la zona de mezcla de aguas frías productivas de la surgencia costera y las aguas más cálidas oceánicas de procedencia subtropical en la época estival (Shaffer *et al.*, 1999; Sapozhnikov & Shiryaev, 1984). Este análisis se basa en la interpretación de imágenes satelitales de la temperatura superficial del mar para la región de Chile centro-sur (tres veces por semana) utilizados en el Programa Sinóptico de Pesca de INPESCA y provenientes de AtlantNIRO (Rusia). Para la confección de cartas de temperatura superficial del mar para el Océano Pacífico Suroriental se utiliza datos combinados obtenidos de mediciones de temperatura superficial del mar (TSM) con radiómetros pasivos multicanales de microonda SSM/I (del satélite DMSP) y TMI (del satélite TRMM). Este método permite cubrir toda el área de estudio, independientemente de las condiciones meteorológicas. La resolución espacial de mediciones es 9 km de latitud por 9 km de longitud (81 km²).

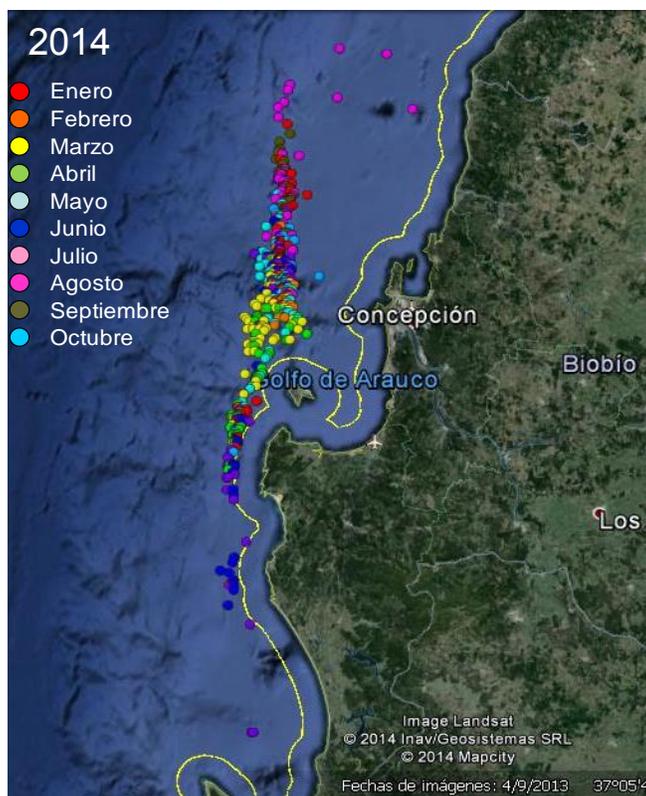


Figura 1.3. Distribución espacial mensual de lances de pesca de jibia de la flota industrial de la VIII Región muestreados en 2014.

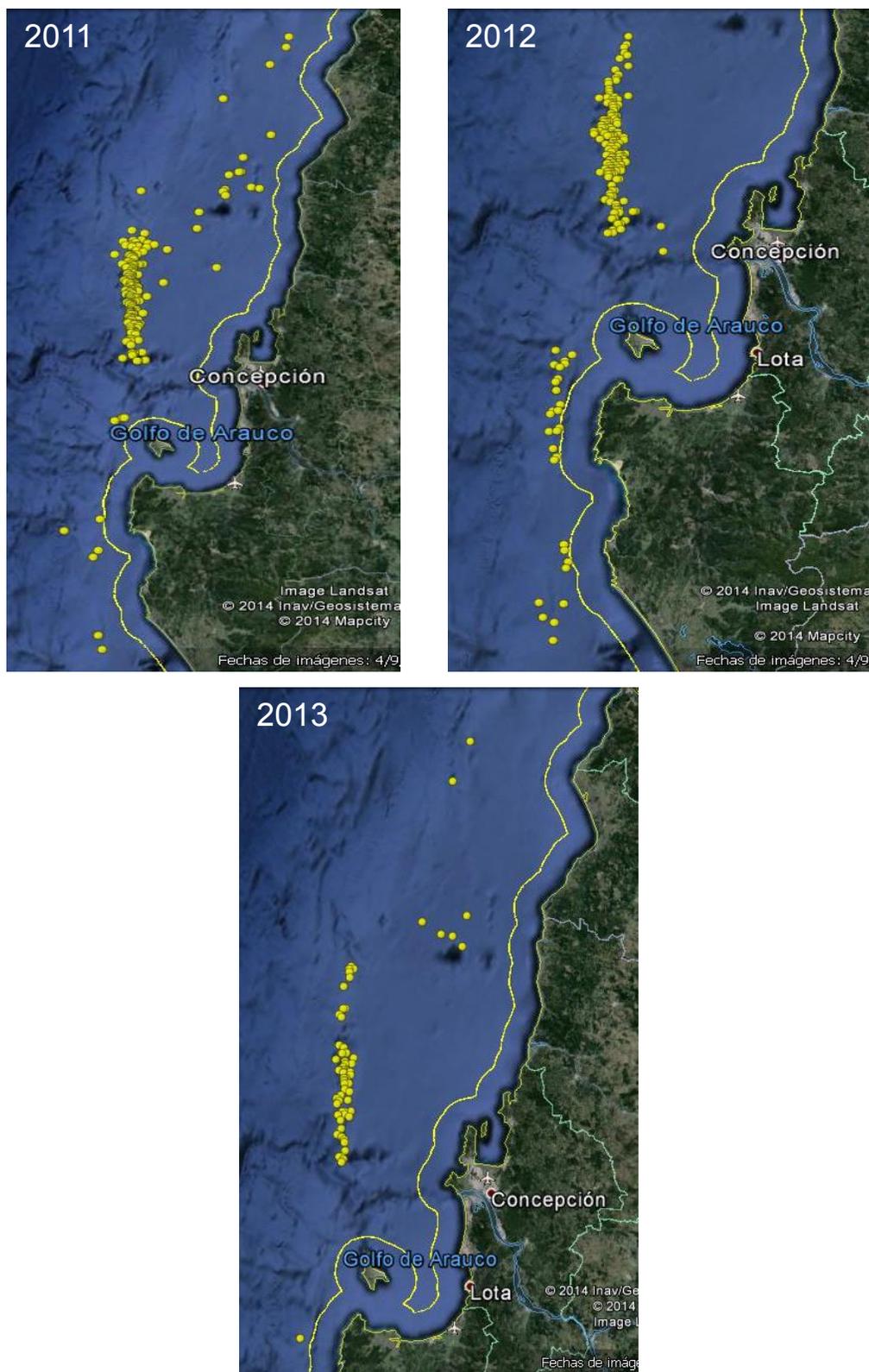


Figura 1.4. Distribución espacial mensual de lances de pesca de jibia de la flota industrial de la VIII Región muestreados en los años 2011, 2012 y 2013.

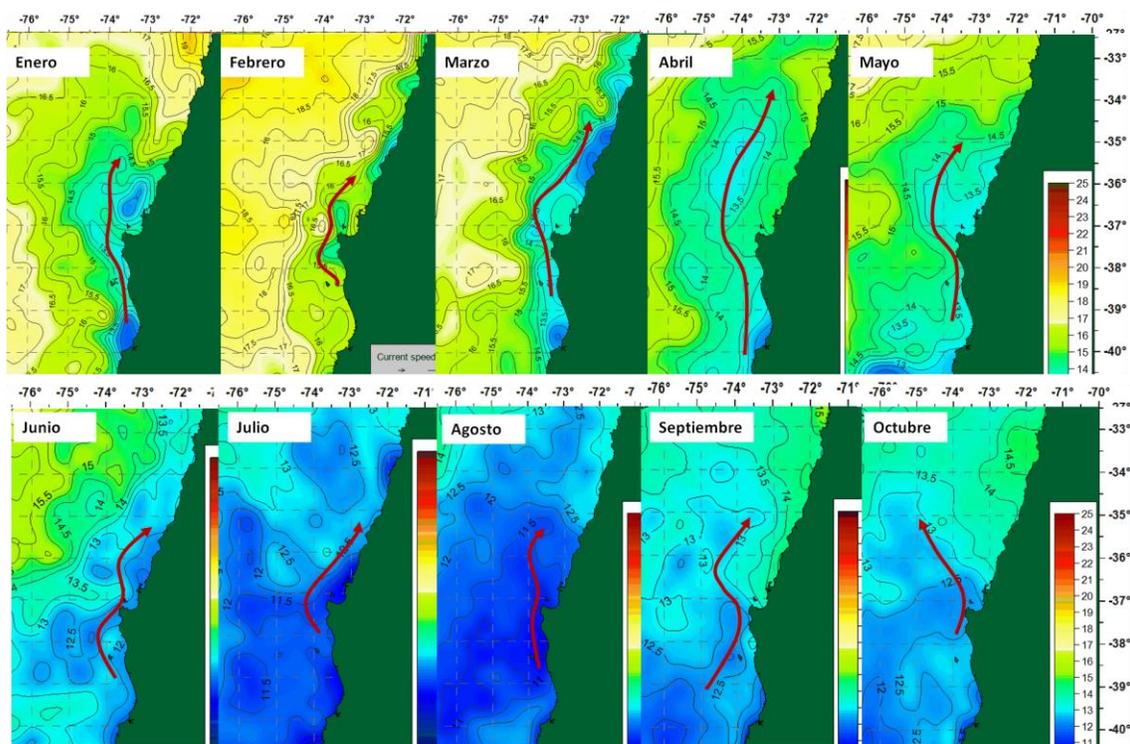


Figura 1.5. Dinámica mensual de temperatura superficial del mar en la región adyacente a la zona principal de la pesca de jibia desde enero hasta octubre de 2014. La flecha café indica la posición espacial aproximada del eje principal de la Corriente de Humboldt (Fuente: Programa Sinóptico de Pesca de INPESCA).

4.1.3.2. Datos de muestreos biológicos

En la VIII Región el número total de los ejemplares de jibia muestreados ($n = 7.481$) por mes y sexo, de enero a octubre de 2014, se presenta en Tabla 1.5 (51,3% machos; 48,7% hembras), siendo la razón machos : hembras 1,05 : 1. Para la distribución de frecuencias de tamaños se muestreó 6.171 ejemplares de jibia (registros de LDM, peso total y sexo; Tabla 1.6). Para muestreos biológico-específicos se midió 1.310 ejemplares (estado de madurez, estómagos, estatolitos y otros; Tabla 1.7). En general, todos los muestreos de jibia en la VIII Región (frecuencias de tamaños, crecimiento, reproducción, alimentación) se encuentran en los rangos comprometidos en este proyecto, tanto mensual como trimestralmente.

En la IV Región el número total de los ejemplares de jibia muestreados ($n = 443$) por mes y sexo cubre solo mayo, junio, agosto y septiembre de 2014 (Tabla 1.8). El bajo número de

muestreos biológicos de jibia de dicha región se relaciona con problemas de la misma pesquería de jibia allí durante la temporada de pesca de 2014. En los primeros meses de 2014 la captura de jibia fue baja y su disponibilidad escasa. Además, la mayor parte de los ejemplares fueron desembarcados eviscerados por exigencia de los poderes compradores en playa. Luego, de mayo a septiembre el muestreo fue casi regular (excepto julio). Seguidamente, las capturas de jibia disminuyen estacionalmente en el último trimestre del año (octubre a diciembre), lo que también se presenta en la VIII Región. La razón machos : hembras fue 1,00 : 2,21.

4.1.3.3. Frecuencia de tamaños de jibia

Para la composición de tallas en las capturas de jibia se agrupó las mediciones individuales en clases de LDM de 1 cm por sexo. La LDM de jibia en la VIII Región estuvo en el rango entre 36 y 102 cm (Tabla 1.9), lo que es comparable con lo obtenido en algunos meses de los años 2011, 2012 y 2013 (Tabla 1.10). Sin embargo, en aquellos años los muestreos fueron irregulares.

Tabla 1.9. Longitud dorsal del manto promedio (LDM) mensual de jibia y rangos de tallas en el período enero a octubre de 2014, VIII Región.

LONGITUD DORSAL DEL MANTO						
Año	Mes	NºEjemplares	Promedio	Rango de tallas		Desv.est.
				Mínimo	Máximo	
2014	Ene	697	70	53	86	4,93
	Feb	306	75	60	85	3,86
	Mar	1199	78	59	95	4,11
	Abr	835	79	46	102	5,55
	May	946	82	58	90	26,65
	Jun	568	71	36	96	14,99
	Jul	257	79	49	88	5,85
	Ago	759	70	41	94	13,83
	Sep	327	73	46	97	12,47
	Oct	306	59	44	97	8,87

Tabla 1.10. Longitud dorsal del manto promedio (LDM) promedio de jibia y rangos de tallas por mes y año en la VIII Región. Período: 2011, 2012 y 2013.

LONGITUD DORSAL DEL MANTO						
Año	Mes	NºEjemplares	Promedio	Rango de tallas		Desv.est.
				Mínimo	Máximo	
2011	Abr	252	72	34	95	11,41
	May	248	72	48	96	10,62
	Mar	885	70	43	93	7,42
2012	May	87	76	49	89	7,12
	Jun	901	73	43	98	8,73
2013	Feb	46	70	63	79	3,95
	Jun	442	75	44	95	7,88

La distribución mensual de frecuencias de LDM de jibia por sexo en las muestras de las capturas de PAM (enero a octubre de 2014, VIII Región) se presenta en la Fig. 1.6, revelándose una tendencia de aumento paulatino de los tamaños modales, tanto en machos como en hembras desde enero hasta septiembre e, incluso, octubre, lo que estaría indicando, en general, un progresivo crecimiento de los ejemplares de jibia disponibles al arte de pesca. Complementariamente, desde junio aparecen en las capturas ejemplares de jibia de menor tamaño (40 a 65 cm de LDM, aprox.), los que están presentes paralelamente con el primer grupo modal, que es predominante y de mayor tamaño hasta septiembre. Seguidamente, los ejemplares grandes salen de la pesquería, quedando disponibles individuos del grupo modal de jibias que ingresó en junio. Consecuentemente, los ejemplares de jibia del segundo grupo modal pueden representar el ingreso a la pesquería de una nueva cohorte, la que estaría presente por 10 a 11 meses, probablemente saliendo de la pesquería en octubre de 2015.

El análisis comparado de las frecuencias de tamaños de machos y hembras de jibia para 2014 (Fig. 1.7) muestra una similitud entre sexos y, además, confirma la predominancia durante los primeros 10 meses de 2014 de ejemplares de tamaños entre 70 y 90 cm de LDM; los ejemplares de jibia <70 cm constituyen el grupo secundario.

El análisis de la distribuciones mensuales de tamaños promedio de jibia por sexo (Fig. 1.8), como también del peso total promedio (Fig. 1.9) en el período enero a octubre de 2014, revela el progresivo aumento de la LDM desde inicio del año hasta mayo, decreciendo en junio (debido a la aparición del grupo de ejemplares de tallas <70 cm), aunque aumentando en julio (debido a la reducción de las capturas de ejemplares más pequeños), decreciendo

luego progresivamente la LDM promedio hasta octubre, cuando se alcanza el tamaño promedio más bajo de la serie cuasi-anual con cerca de 60 cm LDM. Respecto del peso promedio se revela un progresivo aumento de enero a mayo, decreciendo hasta septiembre, alcanzando el valor mínimo en octubre (<10 kilos promedio), esto es, cuando los ejemplares de jibia salen de la pesquería como cohorte, la que estuvo representada en el primer grupo.

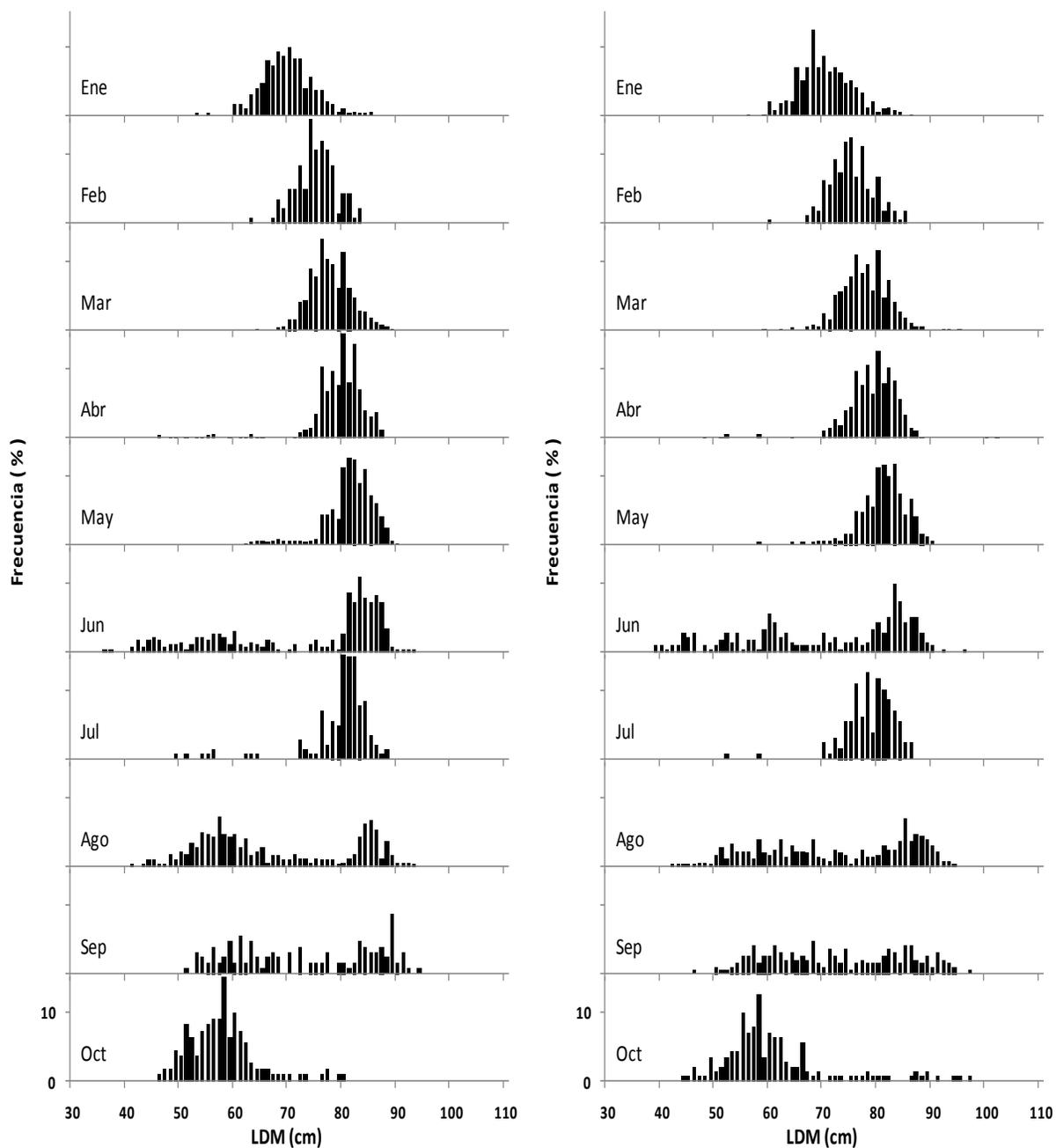


Figura 1.6. Frecuencias de tallas mensuales de jibia por sexo. Período: enero-octubre de 2014, VIII Región. Izquierda: machos, derecha: hembras.

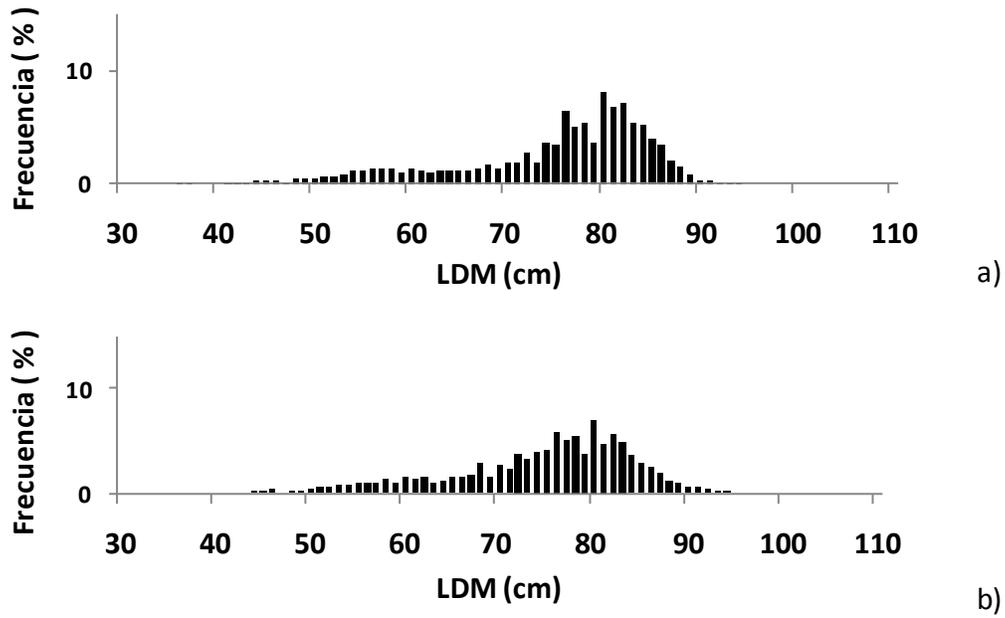


Figura 1.7. Frecuencias de tallas acumuladas de jibia por sexo. Período: enero-octubre de 2014, VIII Región. a) Machos; b) hembras.

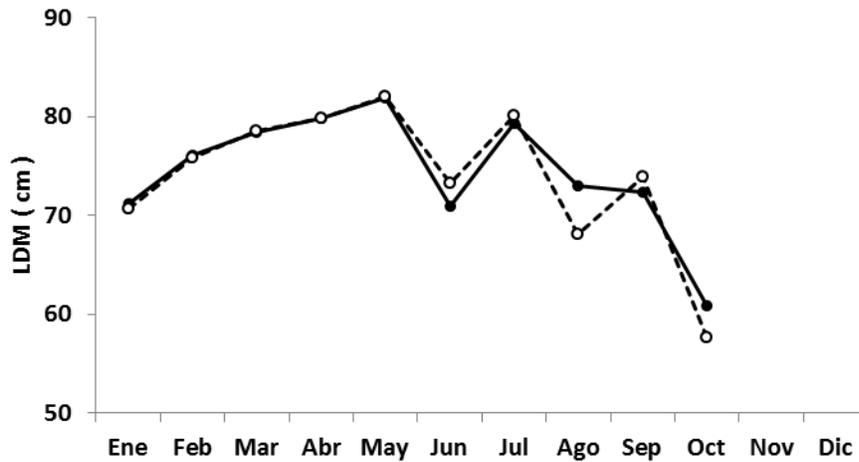


Figura 1.8. Talla promedio mensual (LDM) de jibia por sexo. Período: enero-octubre de 2014, VIII Región (línea continua: hembras; línea punteada: machos).

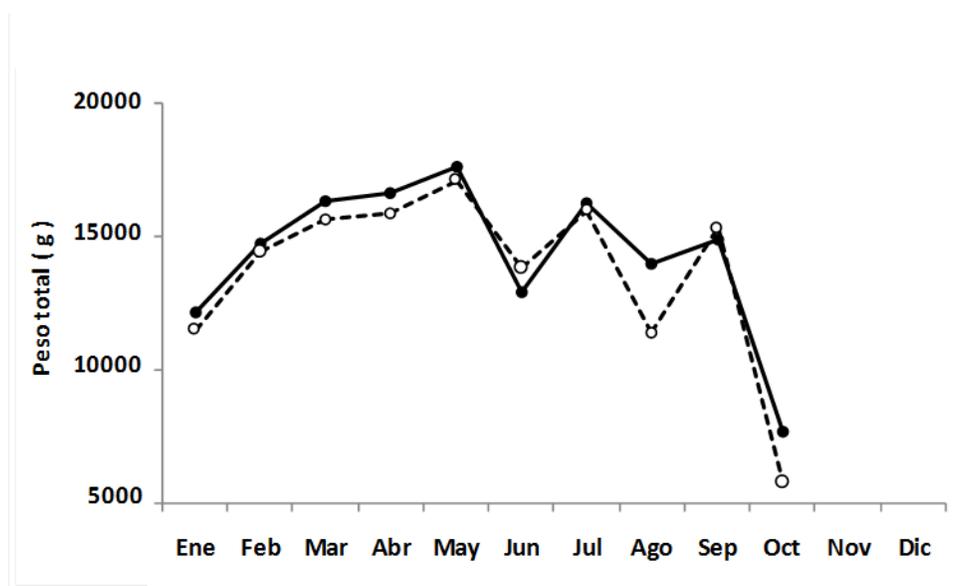


Figura 1.9. Peso total promedio mensual de jibia por sexo. Período: enero-octubre de 2014, VIII Región (línea continua: hembras; línea punteada: machos).

Se compara las distribuciones de frecuencias de tamaños de jibia en las capturas del año 2014 con análogas de los años 2011, 2012 y 2013, en la misma área de operación de la flota industrial (Tablas 1.1, 1.2 y 1.3), aunque los datos son bastante irregulares y escasos en varios meses (bajo tamaño muestral). Solo para el año 2013 es factible realizar análisis comparativo de la distribución mensual de frecuencias de tamaños de jibia por sexo (Fig. 1.10), destacando prácticamente la misma tendencia para machos y hembras que la observada en 2014, esto es, el predominio de ejemplares de tamaños grandes (>70 cm LDM), desplazamiento de la distribución modal hacia la derecha (enero-agosto) y posible ingreso a la pesquería en junio-julio de una nueva cohorte de jibia de tamaños de 40 a 60 cm LDM, lo que se confirma también con el análisis de la distribución mensual de LDM promedio y el peso total promedio de junio a agosto de 2013 (Figs. 1.11 y 1.12).

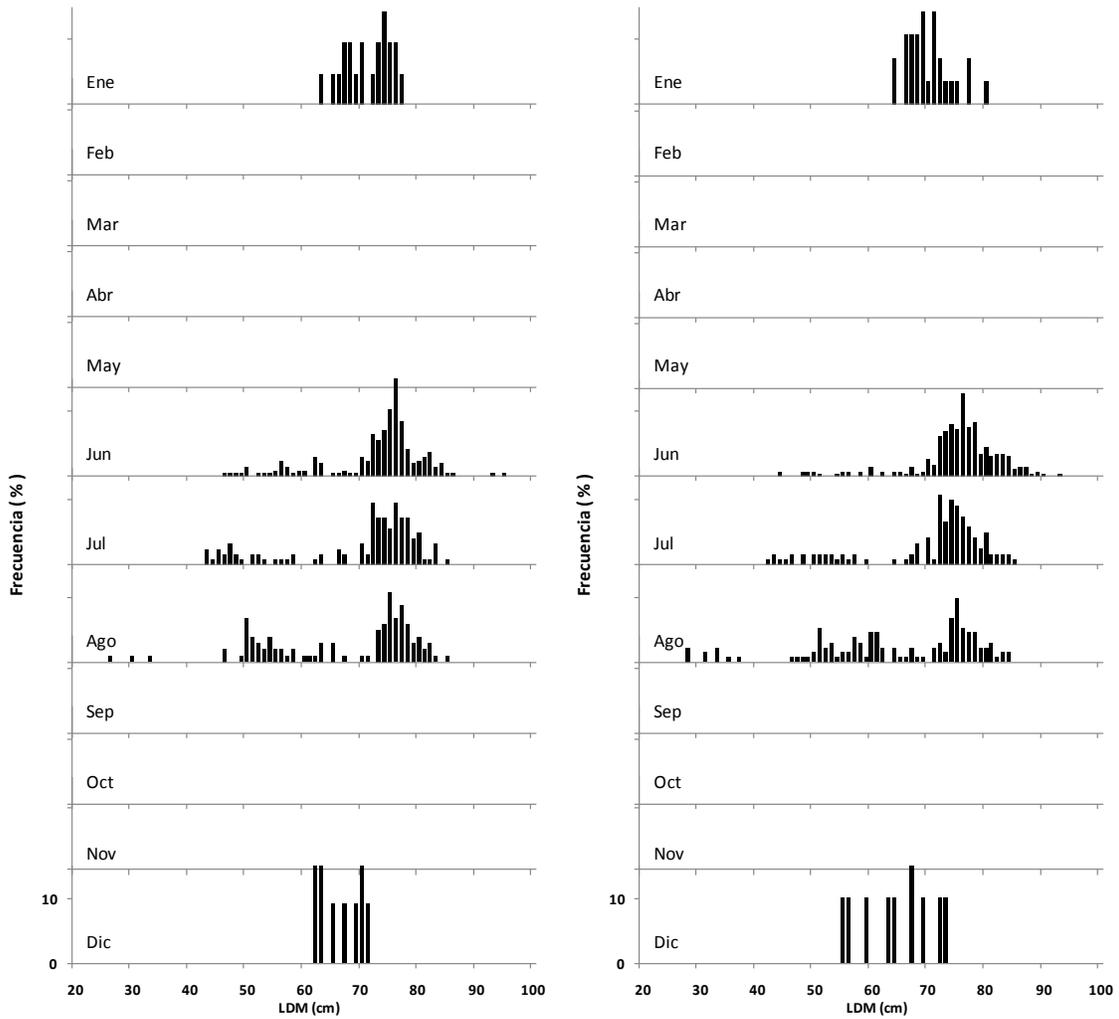


Figura 1.10. Distribución de frecuencias de tallas mensuales de jibia por sexo, VIII Región. Período: enero, junio-agosto y diciembre de 2013. Izquierda: machos; derecha: hembras.

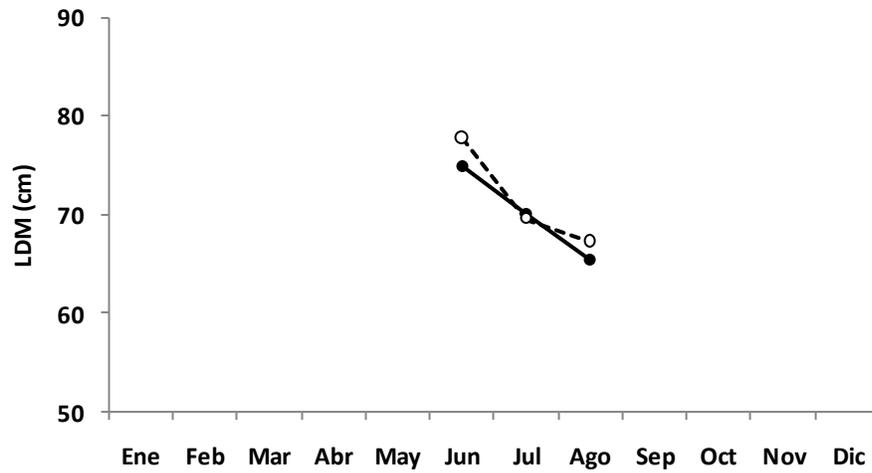


Figura 1.11. Longitud dorsal del manto promedio de jibia por sexo, VIII Región. Período: junio-agosto de 2013. Línea continua: hembras; línea punteada: machos.

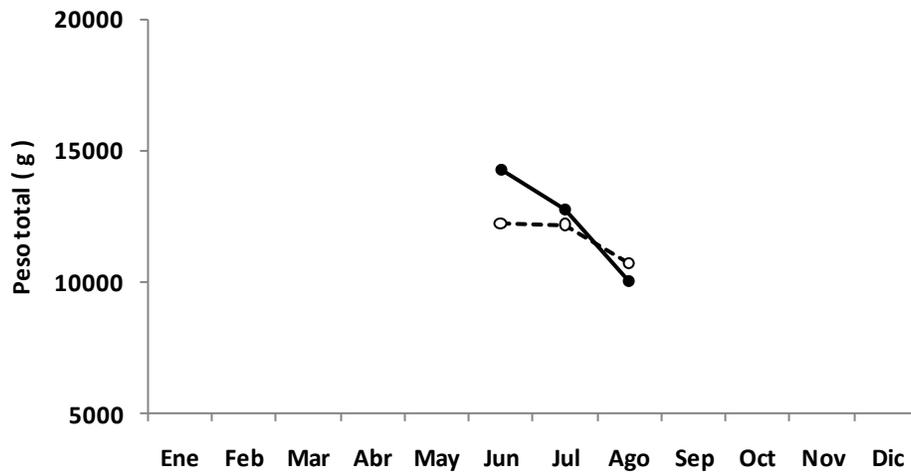


Figura 1.12. Peso total promedio de jibia por sexo, VIII Región. Período: junio-agosto de 2013. Línea continua: hembras; línea punteada: machos.

El análisis análogo del tamaño promedio y del peso promedio de jibia en el desembarque, por sexo, no es factible realizarlo para los datos disponibles de los años 2011 y 2012 (Tablas 1.1, 1.2 y 1.3) debido a que no se registró sexos (Figs. 1.13 y 1.14), aunque destaca los siguiente: a) en el año 2011 (abril a noviembre) el rango de tallas de jibia fue más amplio prácticamente durante todo el período. Sin embargo, es posible identificar la presencia de dos grupos de tamaños, a saber, ≤ 60 cm y >60 cm LDM; b) en noviembre de 2011 aparece en la pesquería regional otro grupo de tallas en 30-40 cm LDM, desapareciendo los grupos señalados previamente; c) en el año 2012 la tendencia en los tamaños de jibia es bastante similar a las observadas en 2013 y 2014, esto es, crecimiento progresivo del grupo principal de jibia (tallas >70 cm LDM) de enero a septiembre, luego el ingreso a la pesquería de ejemplares de jibia de menor tamaño en mayo-junio (40-60 cm LDM) y su acumulación visible en septiembre.

El análisis interanual de la distribución de tamaños de jibia en las capturas industriales en la VIII Región en los años 2011 a 2014 (sexos combinados; Fig. 1.15) revela una similitud interanual que se refleja en: a) el predominio en las capturas anuales de los ejemplares del grupo de tallas >70 cm LDM, hasta 90 cm, aprox.; y, b) la presencia del segundo grupo modal de tallas, en este caso entre 40/45 y 60/65 cm LDM, aprox. Esta similitud es más clara en los años 2012, 2013 y 2014. Se concluye que la estructura del stock de jibia en el área de estudio se compone anualmente por dos grupos (cohortes) de jibia.

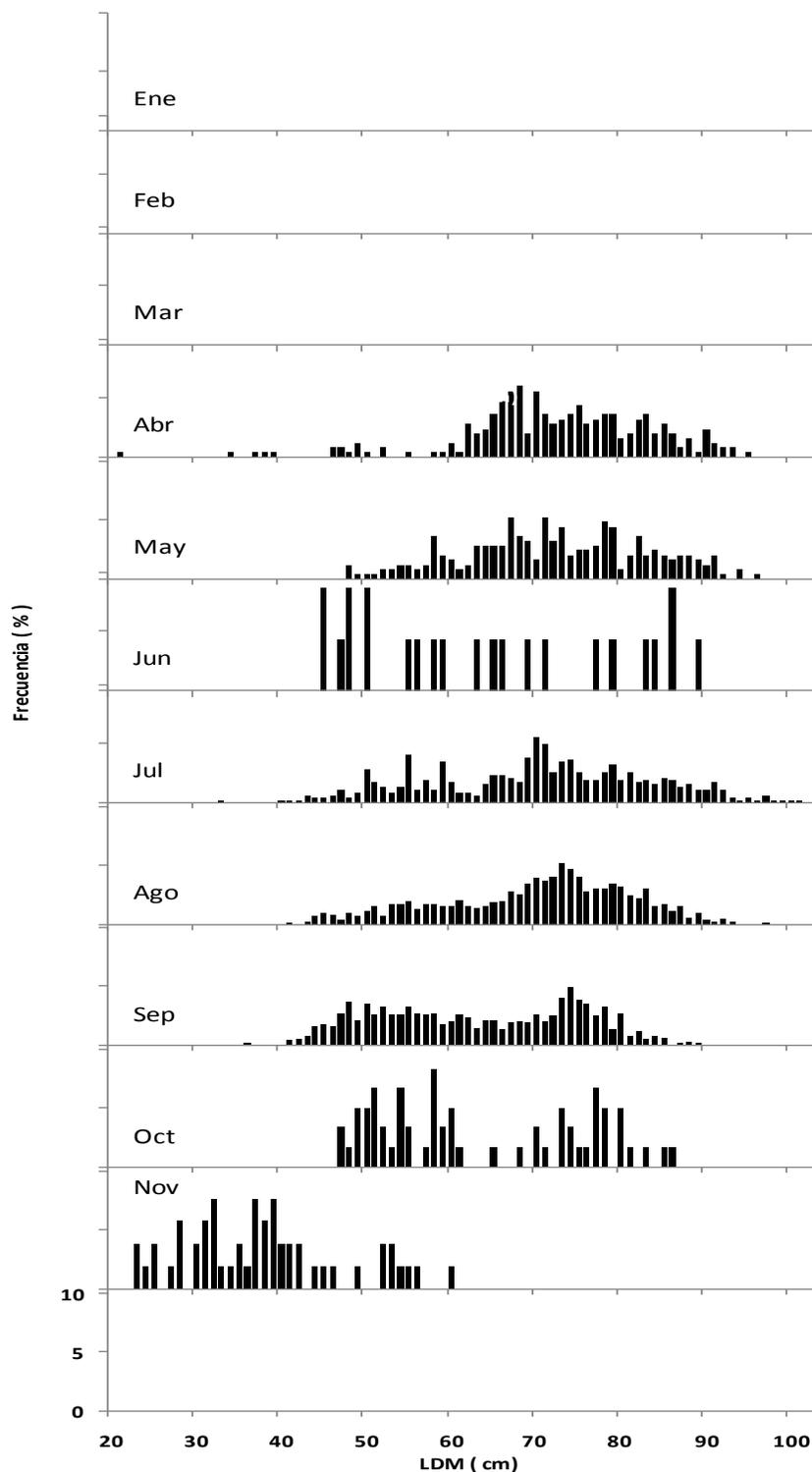


Figura 1.13. Distribución de frecuencias de tallas mensuales de jibia, sexos conjuntos, VIII Región. Período: abril-noviembre de 2011.

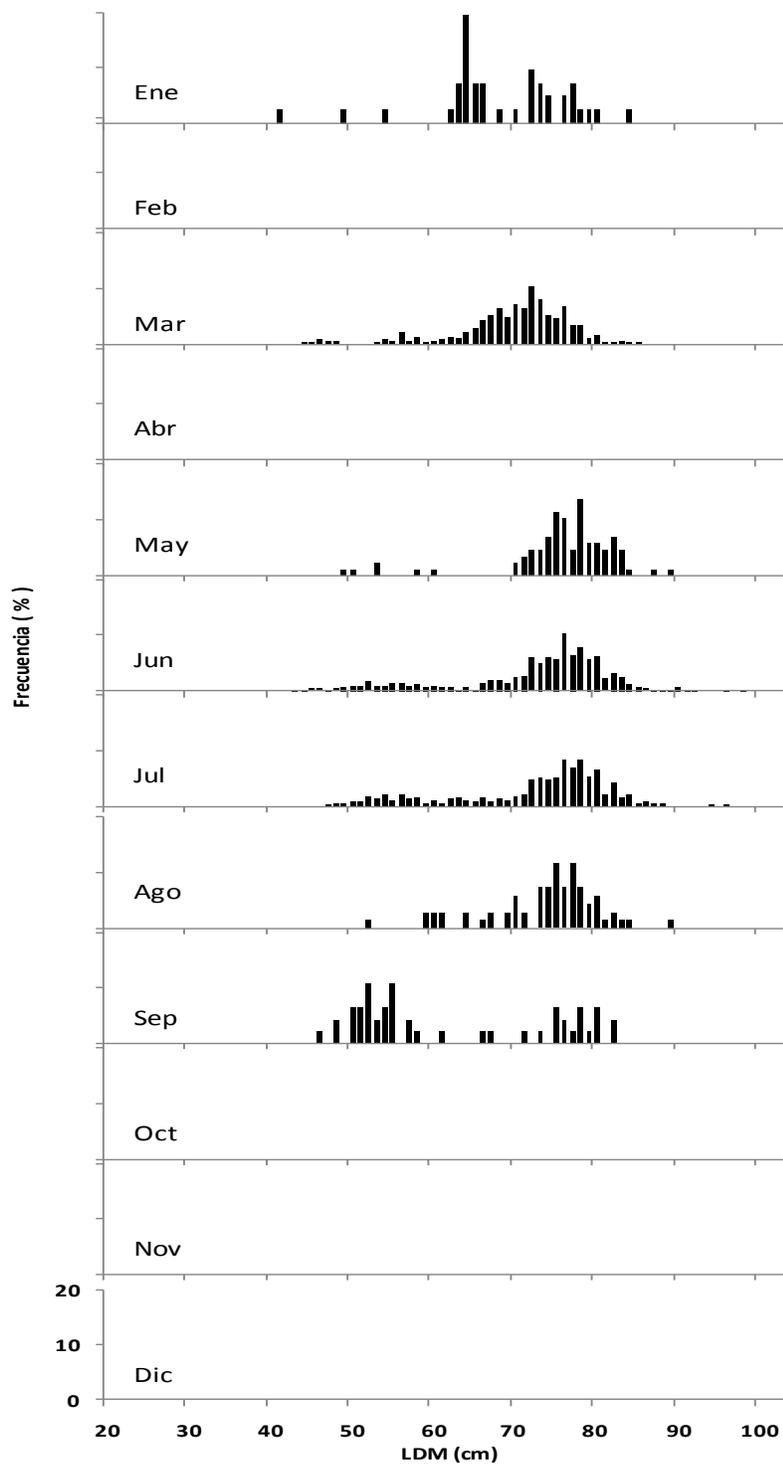


Figura 1.14. Distribución de frecuencias de tallas mensuales de jibia, sexos conjuntos, VIII Región. Período: enero, marzo, mayo-septiembre de 2012.

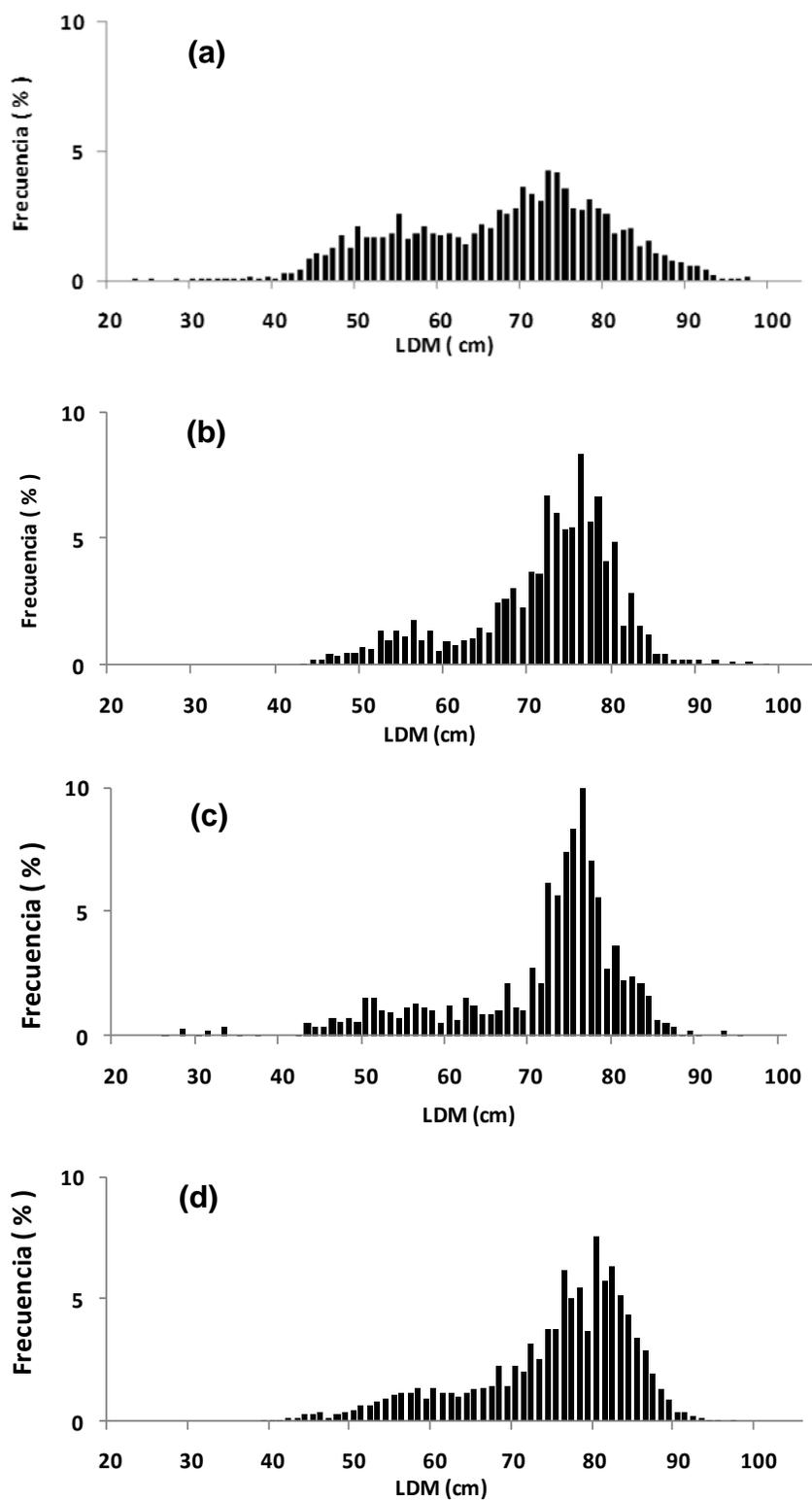


Figura 1.15. Distribución de frecuencias de tallas anuales de jibia (sexos conjuntos) en los años 2011 (a), 2012 (b), 2013 (c) y 2014 (d), VIII Región.

En la IV Región la LDM de jibia en mayo, junio, agosto-septiembre de 2014 estuvo presente en los muestreos de los botes poteros en el rango entre 55 y 98 cm (Tabla 1.11), lo que es más estrecho en comparación con datos tomados en la VIII Región de las capturas de la flota industrial arrastrera. Al mismo tiempo, los tamaños promedio mensuales del manto de jibia en la IV Región en esos meses presentó claro, aunque leve crecimiento mensual, entre 80,6 cm (mayo) y 86,2 cm (septiembre), los que son considerablemente más grandes respecto de los registrados en la VIII Región en mayo-septiembre de 2014 (Tabla 1.9) e, incluso, en los años 2011, 2013 y 2013 (Tabla 1.10).

Tabla 1.11. Longitud dorsal del manto promedio (LDM) de jibia y rangos de tallas en el período mayo-septiembre de 2014, IV Región.

LONGITUD DORSAL DEL MANTO						
Año	Mes	NºEjemplares	Promedio	Rango de tallas		Desv.est.
				Mínimo	Máximo	
2014	May	151	81	55	98	7,62
	Jun	181	82	57	93	5,94
	Ago	90	84	58	93	7,49
	Sep	20	86	77	95	4,21

La distribución mensual de frecuencias de LDM de jibia por sexo en las muestras de las capturas de los botes de la IV Región no fue posible de realizar satisfactoriamente debido al bajo número de muestras mensuales, especialmente en machos, los que representaron solo entre 15% y 37% de la muestra total mensual. Por esta razón, la distribución de las frecuencias de LDM de jibia en la IV Región se presenta por sexo y total para todo el período (mayo a septiembre; Fig. 1.16), destacando el predominio en las capturas de ejemplares desde 76 hasta 92 cm LDM, con la moda principal en 84-86 cm. Además, es escasa la presencia de ejemplares de tallas menores por lo que no es posible visualizar la otra cohorte de jibia, la que, sin embargo, sí está presente en las capturas de la VIII Región.

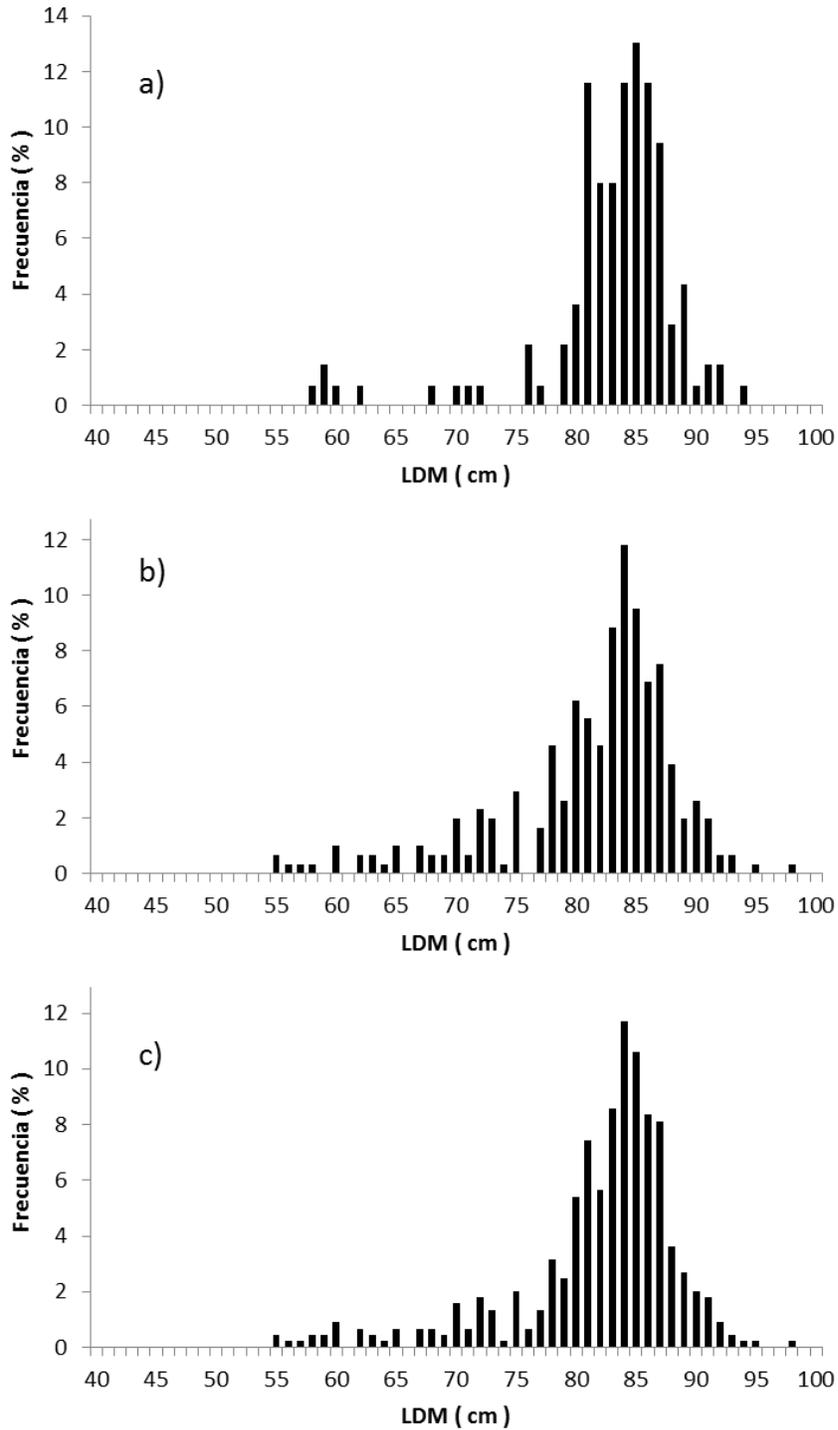


Figura 1.16. Distribución de frecuencias de tallas de jibia para el período mayo-septiembre 2014, IV Región. a) machos; b) hembras; c) total ambos sexos.

4.1.3.4. Relaciones longitud-peso

Para datos de la VIII Región se obtuvo mensualmente los parámetros de la relación longitud dorsal del manto (LDM; cm) y peso total (PT; g) por sexo de jibia de enero a octubre de 2014 (Figs. 1.17 y 1.18). El parámetro b (pendiente de la relación) se presenta en el rango 2,868 a 3,505 en machos y en el rango 2,671 a 3,298 en hembras. En la Fig. 1.19 y Tabla 1.12 se presenta la relación longitud-peso de jibia anual (sexos combinados) para la misma zona de pesca en los años 2011, 2012 y 2013. Para esos datos el parámetro b se presenta entre 3,062 y 3,241 ($r^2=0,89$ a $0,97$). La mayoría de los individuos de jibia hasta 65-70 cm de LDM presentan su peso total inferior a 10 kg. Sin embargo, para ejemplares de jibia de 90-100 cm de LDM el peso total individual puede alcanzar hasta 25-30 kg y más. Estos resultados son similares a los reportados por Mariátegui (2009) y Mariátegui *et al.* (2011) para ejemplares de jibia capturados frente a las costas del Perú en 2008 y 2009.

Aunque el rango de LDM de jibia en las capturas de la IV Región es más estrecho (los ejemplares más pequeños se presentaron en 55 cm LDM, Tabla 1.12), los parámetros a y b de la relación LDM – peso total son bastante similares a los registrados para los años 2011 a 2014 en la VIII Región ($a=0,014$; $b=3,199$; $r^2=0,93$), como también comparables con los registrados en los estudios de 2006 en la IV Región, según resultados del proyecto FIP 2005-38 ($a=0,016$; $b=3,169$; $r^2=0,91$; Arancibia *et al.*, 2007). La relación longitud-peso de jibia en la IV Región se presenta en la Fig. 1.20).

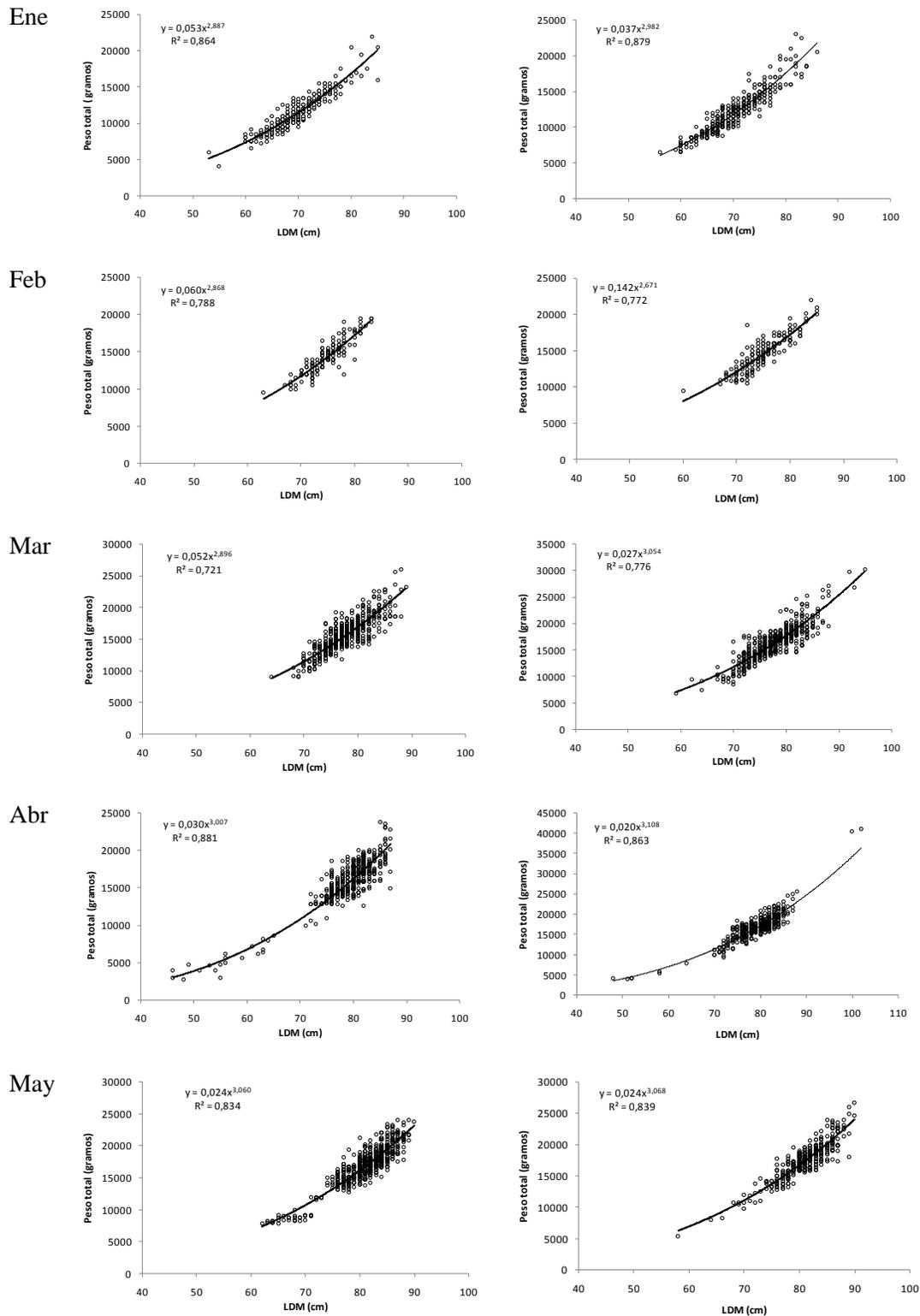
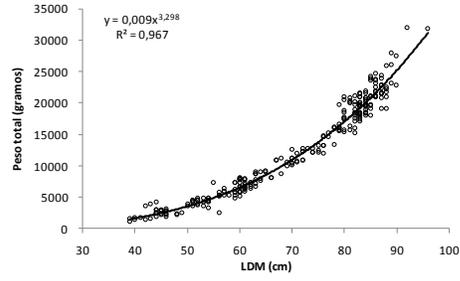
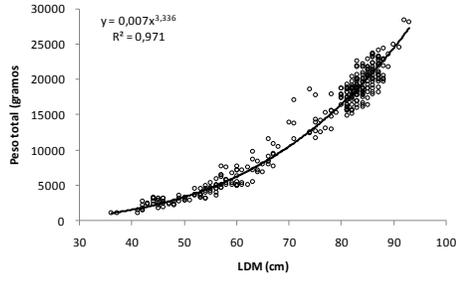
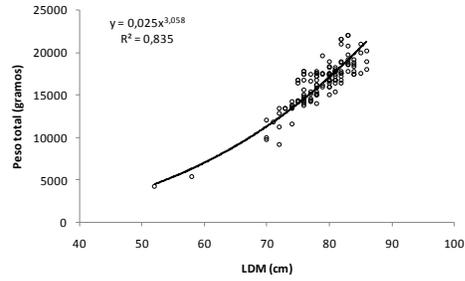
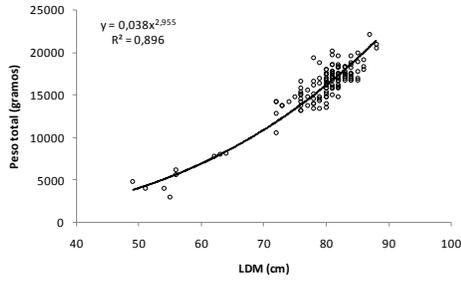


Figura 1.17. Relaciones mensuales LDM-peso total de jibia. Período: enero-mayo 2014; izquierda: machos; derecha: hembras.

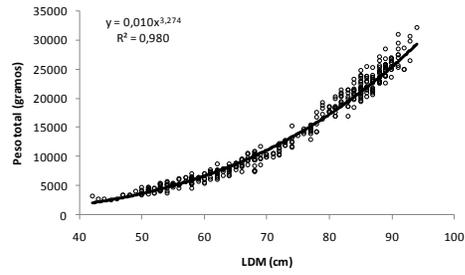
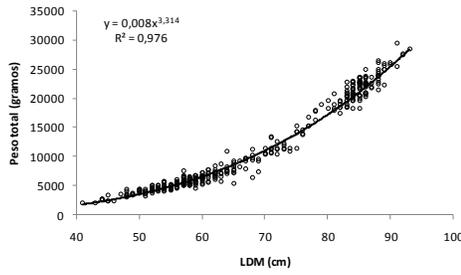
Jun



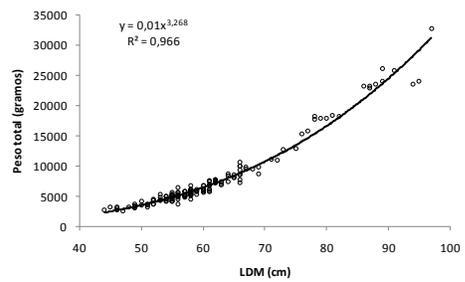
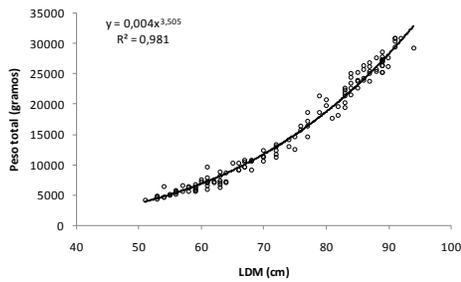
Jul



Ago



Sep



Oct

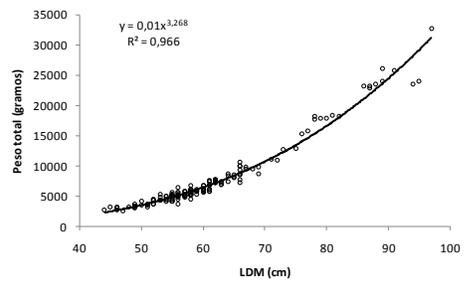
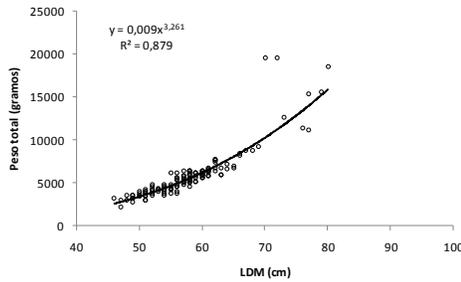
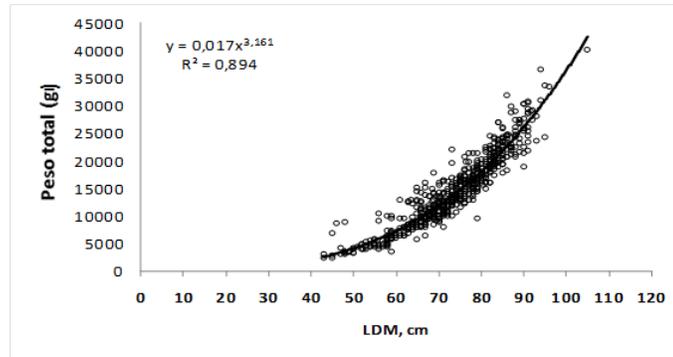
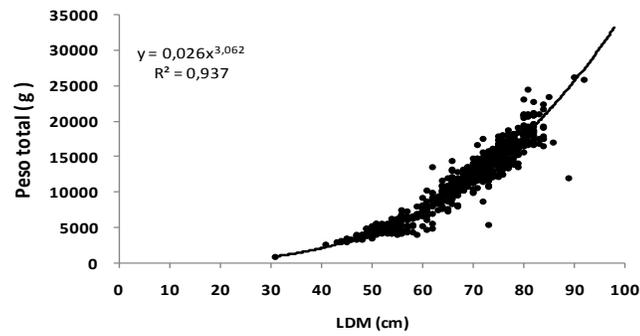


Figura 1.18. Relaciones mensuales LDM-peso total de jibia. Período: junio-octubre 2014; izquierda: machos; derecha: hembras.

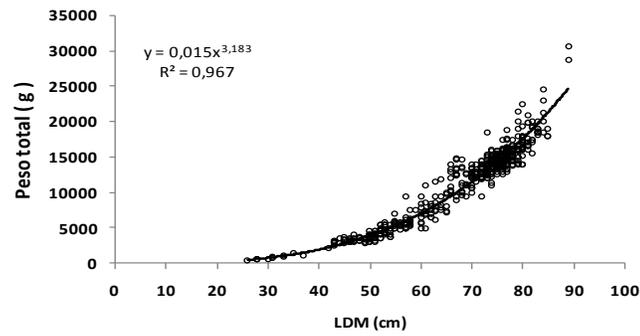
2011



2012



2013



2014

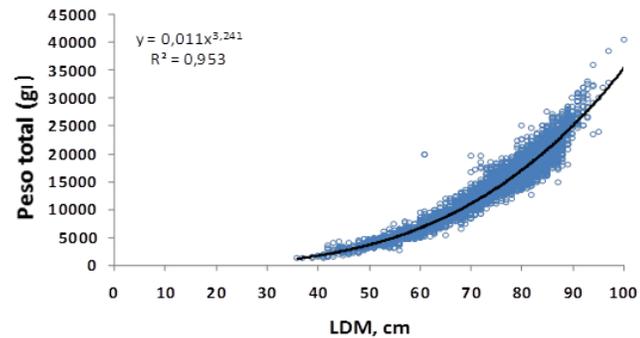


Figura 1.19. Relaciones anuales LDM-peso total de jibia (sexos combinados) de 2011 a 2014.

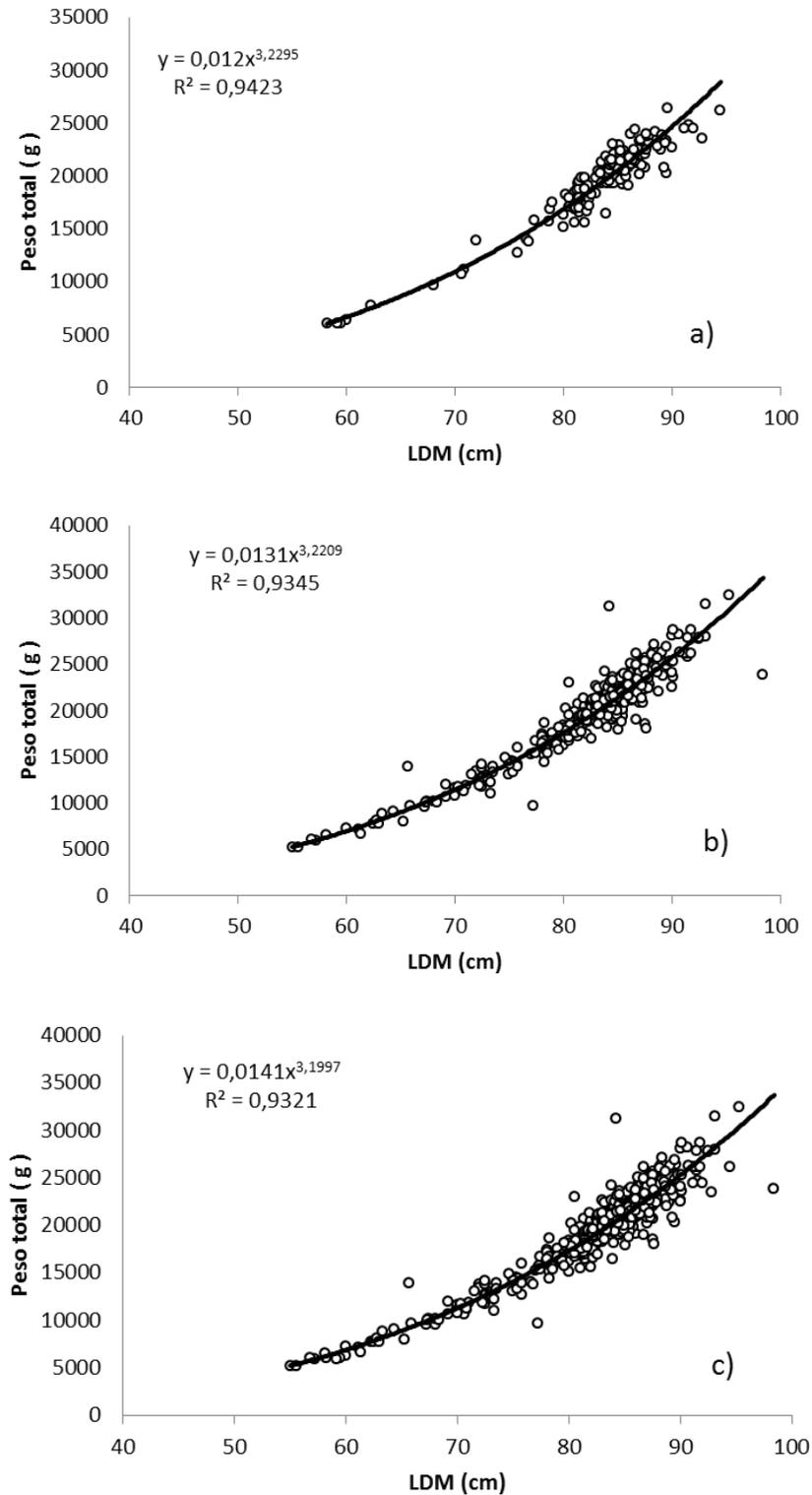


Figura 1.20. Relaciones LDM-peso total de jibia para el período mayo-septiembre 2014, IV Región. a) machos; b) hembras; c) total ambos sexos.

Tabla 1.12. Parámetros de regresión potencial entre LDM (cm) y peso total (g) de jibia para muestras anuales (sexos combinados). Períodos: 2011 a 2014.

Años	N° Ejemplares	LDM min. cm	LDM max. cm	Parámetros regresión		R ²
				a	b	
VIII Región:						
2011	275	23	90	0,017	3,161	0,894
2012	477	31	89	0,026	3,062	0,937
2013	132	26	89	0,015	3,183	0,967
2014	1310	35	96	0,011	3,241	0,953
IV Región:						
2006*	1049	58	102	0,016	3,169	0,906
2014	443	55	98	0,014	3,199	0,932

4.1.4. Discusión

La pesquería de jibia en 2014 se focalizó en tres Regiones de Chile, a saber, VIII Región (flota artesanal e industrial) entre Lebu y Talcahuano; en la V Región (flota artesanal) entre San Antonio y Valparaíso; y en la IV Región de Coquimbo (flota artesanal). Oficialmente, el desembarque de 2014 fue 183.964 toneladas (Tabla 1.13), correspondiendo 53% a la VIII Región (de ese porcentaje 52,7% correspondió a la flota industrial y 47,3% a la flota artesanal); del desembarque total nacional, 34% correspondió a la V Región y solo 14% a la IV Región. En las Regiones V y VIII la extracción de jibia ocurrió durante todo el año por ambas flotas, aunque en la IV Región los desembarques de jibia (97%) se concentraron desde abril hasta septiembre (6 meses, solamente). En todas las Regiones señaladas la pesca artesanal de jibia ocurre dentro de las primeras 20 a 25 mn medidas desde la línea de costa.

Tabla 1.13. Desembarques (toneladas) mensuales, anual de jibia de las flotas artesanal e industrial en las IV, V y VIII Regiones de Chile durante el año 2014 (Fuente: Estadística 2014 de SERNAPESCA).

Región	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
IV artesanal	44,9	1,1	86,6	2625,5	4986,9	4615,4	4153,5	5010,5	3020,0	733,8	0,7	6,2	25285,1
V artesanal	4777,0	3609,3	5552,7	4701,4	5886,5	5955,1	6872,8	8287,7	5479,6	2985,2	2399,0	5241,7	61748,0
VIII artesanal	1663,3	4586,9	4799,7	2966,8	4811,9	2696,2	5303,4	3967,8	9980,1	2263,1	821,1	1966,0	45826,3
VIII industrial	3384,1	3578,4	5351,7	4183,7	8820,8	4838,3	5410,2	3576,7	2506,5	3503,7	2284,4	3666,1	51104,6
Total	9869,3	11775,7	15790,7	14477,4	24506,1	18105,0	21739,9	20842,7	20986,2	9485,8	5505,2	10880,0	183964,0

En la VIII Región las operaciones pesqueras de la flota industrial sobre el recuso jibia en 2014 se desarrollaron en sectores más abiertos del océano, incluso hasta 60 mn al oeste del litoral. Complementariamente, la operación de la flota artesanal ocurrió casi exclusivamente dentro de las primeras 20 mn de la costa. En 2014, durante la ejecución del presente, la flota industrial de la VIII Región desembarcó 28% del total anual nacional de jibia.

Durante 2014 la flota industrial arrastrera de media agua operó en una franja muy estrecha ubicada paralela a la costa de la VIII Región, siguiendo el meridiano 73°30'W, aprox., entre los paralelos 36°S y 37°30'S. Se destaca también que en los años 2011, 2012 y 2013 esa flota operó prácticamente en la misma zona con desplazamientos mensuales latitudinales S-N y viceversa; esas capturas ocurrieron en el rango de profundidad entre 86 y 242 m en aguas con temperaturas promedio mensuales (a la profundidad de captura) entre 10,1°C y 12,1°C.

El área de pesca de jibia se posiciona prácticamente durante todo el año en el eje principal del ramal costero de la Corriente de Humboldt que transporta aguas productivas frías de origen subantártico con rumbo S-N. Además, esta zona es limítrofe con la surgencia costera, también presente por la costa casi permanentemente de Punta Lavapié (extremo oeste del Golfo de Arauco) hacia el norte en primavera-verano, lo que determina alta bio-productividad en el sector. Probablemente, esa área puede ser una zona de alimentación y engorda de jibia. Además, allí no se ha detectado la presencia de ejemplares hembras de jibia maduros o en desove (datos de 2011 a 2014).

El análisis de la estructura mensual de los ejemplares de jibia en las capturas de la flota industrial indica que desde enero hasta octubre de 2014 estuvieron presentes en la zona de estudio individuos de jibia pertenecientes a dos generaciones (cohortes), a saber:

- a) La primera, desde enero hasta septiembre, con un claro desplazamiento hacia la derecha en la distribución de frecuencias de tamaños mensuales de jibia, reflejando posiblemente el incremento paulatino de los tamaños promedio y de la moda principal (Fig. 1.21).
- b) La segunda cohorte se presenta con los ejemplares de menor tamaño que la primera cohorte y aparece (está disponible) en la pesquería a partir de junio con crecimiento

inter-mensual prácticamente similar a la generación de jibia que ya está presente en la zona de pesca (Fig. 1.21). Esta generación de jibia se encuentra en la pesquería prácticamente sola (debido a la salida de la zona de jibias de la primera cohorte) a partir de octubre. Los resultados de mediciones de LDM en los últimos dos meses de 2014 (no comprometidos inicialmente en el proyecto) son incorporados a este informe para entender mejor la dinámica anual de los tamaños de jibia en el área de estudio y provienen del programa de seguimiento de jibia de INPESCA.

Consecuentemente, probablemente los ejemplares de jibia pertenecientes a la primera cohorte estaban presentes en la zona de pesca desde junio de 2013, aproximadamente. Su salida de la pesquería regional puede relacionarse con migraciones hacia zonas de desove, lo que ocurriría en aguas oceánicas subtropicales superficiales frente a las costas de Perú, con TSM entre 21,7 y 24,6°C (Informe Ejecutivo Crucero 1501-02 de IMARPE, 2015); esos ejemplares de jibia están prácticamente ausentes frente las costas de Chile. Complementariamente, la entrada de jibias de una nueva cohorte a la pesquería regional de Chile centro-sur coincide con el período de máximo enfriamiento del mar en la zona de pesca (junio a agosto), lo que ocurre en invierno.

Al comparar la estructura de tamaños mensuales de jibia en 2014 de la zona de Chile centro-sur (Fig. 1.21, b) con la reportada frente las costas de norte (al norte de 10°S) y sur (al sur de 10°S) de Perú (Fig. 1.21, a; IMARPE, 2015), se observa alguna similitud en la dinámica intra-anual. Enfrente de las costas de Perú la estructura de tallas de jibia se caracteriza por ser bimodal en la mayoría de meses, con el rango de variaciones de LDM promedio mensual entre 58 y 77 cm, lo que es similar con lo que se observa para Chile centro-sur (Tabla 1.9). En la pesquería de jibia de Perú también se detecta la presencia de dos cohortes con similar dinámica en la distribución de tamaños en las capturas. Por otra parte, en las capturas de jibia enfrente del litoral sur del Perú (no es así el litoral norte) se registra la aparición muy marcada de ejemplares grandes (> 70/80 cm LDM) desde octubre hasta enero/febrero, coincidiendo con los tamaños de jibia que desaparecen en las capturas de la flota de Chile centro-sur a partir desde octubre hasta diciembre. Este antecedente puede estar a favor del supuesto de posibles migraciones de jibia de grandes tamaños justo en estos meses hacia probables zonas de desove enfrente de las costas del Perú, lo que ocurre allí desde

septiembre hasta febrero (IMARPE, 2015; Informe Ejecutivo Crucero 1501-02, IMARPE, 2015).

A diferencia de lo que ocurre en Perú y en la VIII Región de Chile, en las capturas de la IV Región (mayo a septiembre de 2014) se registra la presencia de solo una cohorte de ejemplares grande de jibia (>75 cm LDM; Fig. 1.16), cuya moda avanza de 81 cm en mayo a 86 cm septiembre (Tabla 1.11; Fig. 1.22). Además, en las capturas de la IV Región no se registra ejemplares <55 cm. Esta misma tendencia en la distribución mensual de tamaños de jibia se presentó en esa Región el año 2006 (Arancibia et al., 2007) con la estructura unimodal de tamaños, aumento paulatino de LDM promedio desde marzo hasta octubre y ausencia prácticamente total en las capturas de ejemplares <58-60 cm.

Consecuentemente, avanzando en el análisis es posible suponer que: a) los ejemplares de la cohorte mayor de jibia capturados en la zona costera de la IV Región representan migraciones paulatinas transitorias entre el centro-sur de Chile y el sur de Perú, entre zonas de engorda y zonas de desove, respectivamente; b) la predominancia en las capturas de los ejemplares de jibia <60-70 cm de LDM se debe a la selectividad de arte de pesca de poteras usado por la flota artesanal (selectividad hacia ejemplares más grandes). Luego, si este supuesto fuere correcto, entonces ello significa que la casual mayor cobertura muestral temporal de jibia en las capturas de la flota arrastrera de media agua de la VIII Región es más representativa que la IV Región, abarcando de mejor forma la estructura real de tamaños de jibia. Esto es destacable, pues es otro antecedente que valida los resultados del presente proyecto.

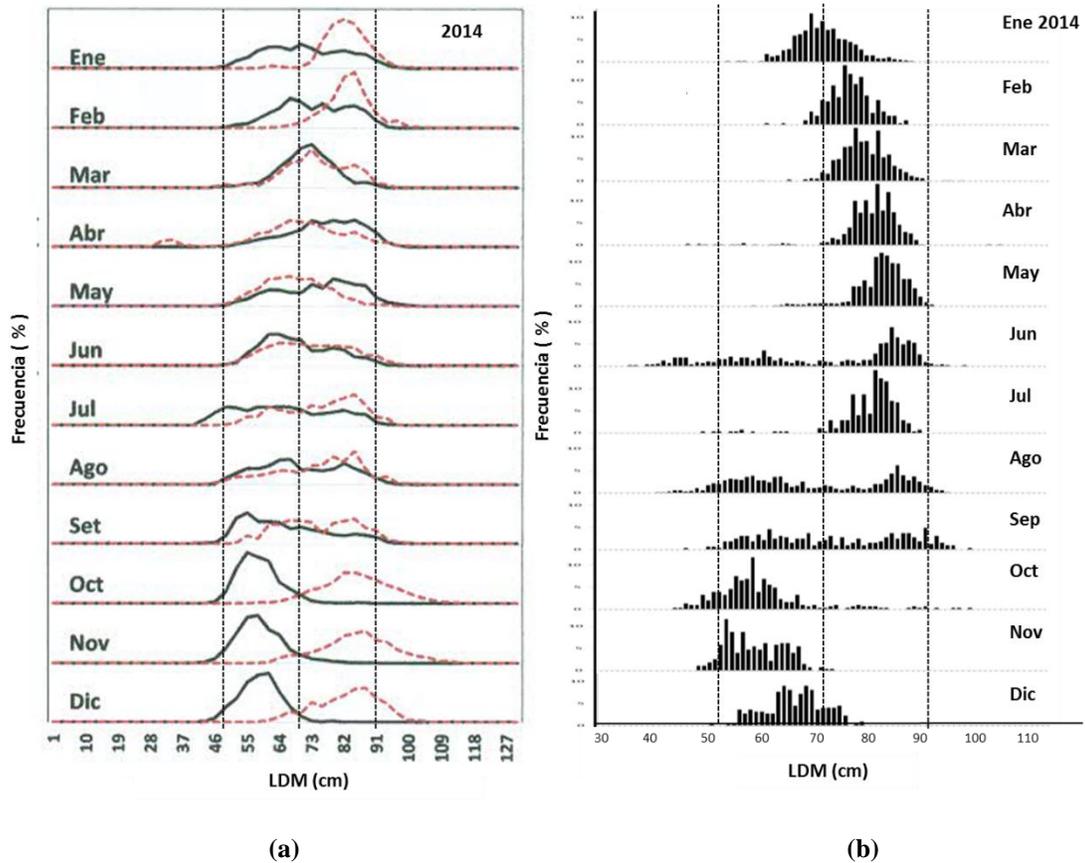


Figura 1.21. Estructura mensual de tamaños de jibia en 2014: a) en las capturas de la flota artesanal de Perú (línea negra: en el litoral norte; línea punteada roja: en el litoral sur). Fuente: IMARPE, 2015; b) en las capturas de la flota industrial de la VIII Región de Chile (este proyecto).

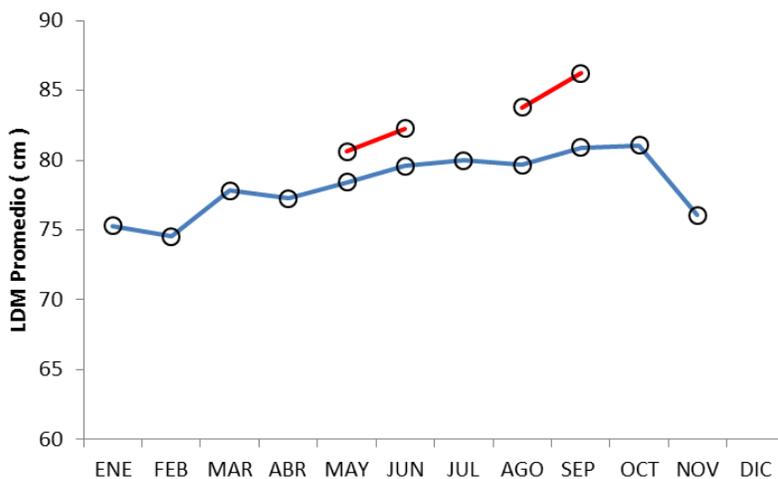


Figura 1.22. Longitud dorsal del manto promedio mensual de jibia (ambos sexos), IV Región. Línea roja: año 2014 (este proyecto); línea azul: año 2006 (Arancibia *et al.*, 2007).

Es destacable que en los muestreos de las capturas de jibia de la IV Región se revela un amplio predominio (69%) de hembras, análogamente a lo registrado para la misma zona en el segundo y tercer trimestres de 2006 (72% de hembras). Sin embargo, los machos (51%) predominan en los muestreos de las capturas industriales de la VIII Región, lo que también ocurrió en 2011 (56%) y 2012 (57%), aunque no en 2013 (46%).

El parámetro b de la relación longitud-peso de jibia es similar entre las Regiones IV y VIII de Chile (Tabla 1.12) tanto en machos como en hembras y entre años, lo que prácticamente no se diferencia de lo reportado en el Informe Ejecutivo Crucero 1501-02 de IMARPE (2015) para jibia capturada enfrente de Perú.

4.1.5. Conclusiones

- En 2014 la pesquería (área de estudio) de jibia frente a las costas de Chile centro-sur ocurrió durante todo el año en una zona restringida entre 36°05'S y 37°20'S, y desde la costa hasta 73°50'W. En la IV Región de Coquimbo la pesquería artesanal potera de jibia ocurrió principalmente desde abril hasta septiembre de 2014 dentro de las primeras 20-25 mn de la costa.
- La LDM de jibia en la VIII Región, tanto durante el período de estudio (enero-octubre de 2014, más noviembre-diciembre de 2014) como en los años previos (2011, 2012 y 2013), se ha presentado en el rango entre 36 y 102 cm, sin mayores diferencias en la estructura mensual-anual de tamaños entre hembras y machos. Al contrario, en la IV Región (mayo-junio y agosto-septiembre de 2014) la LDM de jibia ocurrió entre 55 y 98 cm.
- El análisis mensual de tamaños de jibia en las capturas permite observar la presencia en la VIII Región durante el año calendario de dos grupos (generaciones o cohortes) de jibia. La primera cohorte se presentó de enero a septiembre de 2014 con un crecimiento corporal modal intermensual de 20 cm (entre 70 y 90 cm LDM) en ese lapso de tiempo; probablemente esta cohorte se hizo disponible a la pesquería desde junio de 2013. La segunda cohorte en 2014 apareció en junio con tamaños promedio menores (de 40 a 50 cm LDM) y continuó creciendo hasta fin de año. El primer grupo de jibias salió masivamente, totalmente de la pesquería en octubre de 2014. En tal caso, una generación (cohorte) de jibias permanece en la pesquería de la VIII Región desde la entrada (mayo/junio del año t) hasta la salida (septiembre/ octubre del año t+1) por alrededor de 15 a 16 meses; su salida de la pesquería ocurre con la edad aproximada de 21 a 23 meses, suponiendo que el desove se produce en noviembre/diciembre del año anterior t-1.

- En la pesquería de la IV Región en 2014 (al igual que en 2006) se observa una sola cohorte de jibia (ejemplares $>75\text{cm LDM}$); la presencia de los ejemplares $<75\text{ cm LDM}$ es marginal y puede relacionarse con la selectividad del arte de pesca.

4.1.6. Referencias Bibliográficas

- Arancibia, H., M. Barros, S. Neira, U. Markaida, C. Yamashiro, L. Icochea, C. Salinas, L. Cubillos, Ch. Ibáñez, R. León, M. Pedraza, E. Acuña, A. Cortés & V. Kesternich. 2007. Informe Final Proyecto FIP 2005-38. Análisis del impacto de la jibia en las pesquerías chilenas de peces demersales. Universidad de Concepción / Universidad Católica del Norte, 299 p. + Anexos.
- Beyer, J. 1987. On length-weight relationship. Part. I. Computing the mean weight of the fish in a given length class. *Fishbyte* 5(1): 12-14.
- IMARPE, 2015. Situación del calamar gigante durante el 2014 y perspectivas de pesca para el 2015, 10 p.
- Informe Ejecutivo Crucero 1501-02, IMARPE, 2015. Crucero de investigación del calamar gigante, Cr. 1501-02, 20 enero al 09 de febrero 2015, BIC José Olaya Balandra – Zona Norte, BIC Humboldt – Zona Sur, 54 p.
- Mariátegui L.R. 2009. Pesquería sostenible del calamar gigante *Dosidicus gigas* (Orbisny, 1835) en el mar Peruano. Tesis de doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú, 195 p.
- Mariátegui L., L.Pizarro, V. Blaskovic, C. Goicochea, L.Vasquez, R. Marquina & A. Crispin. 2011. El calamar gigante en el mar Peruano. Crucero B/P Hakurei Maru N°8. Primavera 2010 y verano 2011. Informe IMARPE Vol. 38 (4): octubre-diciembre 2011: 395-413.
- Roper, C.F.E. & G.L. Voss, 1983. Guidelines for taxonomic descriptions of cephalopod species. *Memoirs of the National Museum of Victoria*, 44: 49-63.
- Shaffer, G., S. Hormazabal, O. Pizarro & S. Salinas. 1999. Seasonal and interannual variability of currents and temperatura over the slope of central Chile. *Journal of Physical Research*, 104, C12, 29: 951-961.
- Sapozhnikov, V.V. & V.A. Shiryaev. 1984. Las bases hidroquímicos de productividad biológica del Pacífico Sureste. En: Estudios pesqueros en las áreas abiertas del Océano Mundial. Informe interno VNIRO, Moscú: 31-44.
- Voss, G.L., 1963. Cephalopods of the Philippine Islands. *Bulletin of the United States National Museum*, 234: 1-180.

4.2. Sección 2. Determinación de la edad de jibia (*Dosidicus gigas*) mediante lectura de incrementos de crecimiento diario en estatolitos

Resumen

Se estima el crecimiento en longitud y peso de jibia (*Dosidiscus gigas*) mediante lectura de incrementos de crecimiento diario en 353 estatolitos de hembras y 347 estatolitos de machos. El rango de longitud dorsal del manto (LDM) fue entre 26 y 95 cm. Los parámetros de crecimiento para machos son: longitud asintótica, $L_{\infty} = 74,5$ cm de LDM; coeficiente instantáneo de crecimiento individual, $K = 1,97 \text{ año}^{-1}$; edad teórica a la cual la longitud es cero, $t_0 = 0$ años; peso asintótico $W_{\infty} = 17.430$ gr. Los parámetros de crecimiento para las hembras son: $L_{\infty} = 78,5$ cm de LDM; $K = 1,6 \text{ año}^{-1}$; $t_0 = 0$ años; peso asintótico $W_{\infty} = 19.210$ gr.

4.2.1. Introducción

En estudios de edad y crecimiento en cefalópodos se ha utilizado métodos indirectos (seguimiento de grupos modales) y directos como reconocimiento de anillos de crecimiento en estructuras duras como estatolitos, gladios y cristalinos (Arkhipkin, 2004). El principal problema con el seguimiento de grupos modales es definir correctamente las modas en la distribución de frecuencia de longitud utilizando un método estadístico, y posteriormente seguir las modas en el tiempo con un software *ad hoc* (Pauly, 1986; Fournier *et al.*, 1990; Gayanilo *et al.*, 2005).

La interpretación de las modas en una distribución de frecuencias de tamaños es subjetiva y depende de la experiencia del investigador; algunos investigadores asumen que la presencia de varias modas en la distribución de frecuencia es el resultado de cohortes mixtas en un stock debido al prolongado desove, concluyendo que el ciclo de vida de algunos calamares comerciales Ommastrephidae, como *Illex illecebrosus* y *D. gigas*, es alrededor de

1 año, con alta tasa de crecimiento en la etapa adulta (1 a 4 cm mes⁻¹) (Squires, 1967; Ehrhard *et al.*, 1983). Otros investigadores consideran a las modas como grupos sub-anales o anuales y estiman que el ciclo de vida es de más de 1 año, como en *I. illecebrosus* (Jereb & Ragonese 1995) o incluso varios años, como en *D. gigas* (Nesis, 1970), con tasas de crecimiento hasta 1,5 cm mes⁻¹. Caddy (1991) se refiere extensamente a las desventajas de los métodos de descomposición de grupos modales, los que han sido criticados como inadecuados para determinar parámetros de crecimiento en calamares (Jackson, 1994; Yatsu *et al.*, 1997; Jackson *et al.*, 2000).

Respecto a las estructuras duras, también se ha utilizado el gladio (estructura de soporte quitinosa con forma de pluma que se localiza internamente en la zona media dorsal). Entre sus características se tiene que el *ostracum* crece en dos dimensiones y su crecimiento está relacionado con la LDM. Sin embargo, en el *ostracum* los incrementos son visibles solamente en la parte anterior del gladio, correspondiente al último período de crecimiento, por lo que los incrementos de crecimiento durante las fases de postlarvas y juveniles pierden intensidad y luego desaparecen totalmente al crecer esta estructura. La consecuencia es que no es posible estimar el número total de incrementos de crecimiento en el *ostracum* de calamares adultos (Bizikov, 1991).

Respecto del uso de micro-incrementos diarios en los estatolitos de calamares, varios autores han utilizado esta técnica para la estimación de la edad cefalópodos Sepioidea y Teuthoidea, tal como Hatfield (1991) en *Loligo gahi* y Nakamura & Sakurai (1993) en *Todarodes pacificus*. También se ha trabajado en la validación de la técnica, tal como Dawe *et al.* (1985) en *I. illecebrosus*, Lipinski (1986) en *Alloteuthis subulata* y Nakamura & Sakurai (1991) en *T. pacificus*. El crecimiento temprano en *D. gigas* mediante el uso de los estatolitos ha sido considerado uno de los métodos más efectivos en esta especie (Jackson, 1994), confirmando que es de vida corta con longevidad de 2 años (Arkhipkin & Murzov, 1987; Masuda *et al.*, 1998; Argüelles *et al.*, 2001; Markaida *et al.*, 2004; Mejía-Rebollo *et al.*, 2008, Chen *et al.*, 2011, Liu *et al.*, 2013).

4.2.2. Materiales y Métodos

4.2.2.1. Muestras Biológicas

- **Obtención de estatolitos**

El muestreo de estatolitos, provenientes de los muestreos biológico-específicos, se concentró durante el primer trimestre de ejecución del proyecto, tal como fue propuesto en la oferta técnica. Los estatolitos fueron extraídos desde el cartílago craneal, contenido dentro de la cabeza del individuo, realizando sucesivos cortes longitudinales en ese sector hasta localizar los estatolitos y extraerlos cuidadosamente con una pinza fina de tipo iris (Fig. 2.1), los que posteriormente fueron guardados individualmente en placas (Fig. 2.2), asignándoles un número correlativo.



Figura 2.1. Disección de la cabeza de *D. gigas* para la extracción de estatolitos.

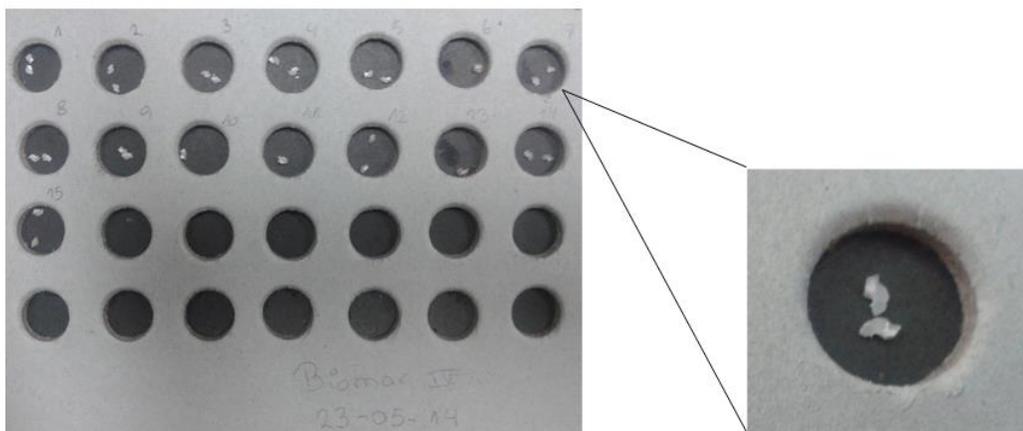


Figura 2.2. Placa de cartón para almacenar estatolitos de jibia. Fotografía derecha es un acercamiento.

- **Preparación de las muestras**

Para lectura de anillos de crecimiento diario en *D. gigas* se dispuso de una muestra total de 900 estatolitos, de los cuales se preparó satisfactoriamente 857. El 81% de muestras preparadas satisfactoriamente fue utilizado para lectura de anillos diarios, descartándose aquellos que presentaron áreas con ausencia de incrementos diarios superiores al 50%, ya sea por exceso de pulido o porque se rompieron durante la preparación; 700 estatolitos fueron utilizados en el análisis de edad, 50,4% de los cuales ($n=353$) corresponden a hembras y 49,6% a machos ($n=347$). Se colectó estatolitos desde enero hasta abril de 2014.

En el desgaste del estatolito se utilizó dos tipos de lijas al agua de grano 2000 y 2500. Primero se usó la lija más gruesa, aplicando luego pulido manual en paño Lecloth de 8 pulgadas con alúmina de 0,05 micrones para eliminar imperfecciones (rallas). Durante este proceso el estatolito fue observado continuamente con microscopio óptico a 100X, siendo el propósito detectar el centro y los primeros incrementos en torno éste. Luego se desmontó cuidadosamente el estatolito del portaobjetos con ayuda de agujas de disección y micropinzas, volteándolo y dejando la cara posterior (convexa) hacia arriba en la misma zona del portaobjetos. Luego de montado el estatolito sobre su cara anterior se desgastó

nuevamente con lija de grano 2000 y 2500, y finalmente se aplicó pulido manual en paño Lecloth de 8 pulgadas con alúmina de 0,05 micrones para eliminar imperfecciones (rallas), supervisando continuamente el pulido, pues no debe excederse del centro del estatolito (Figura 2.3).

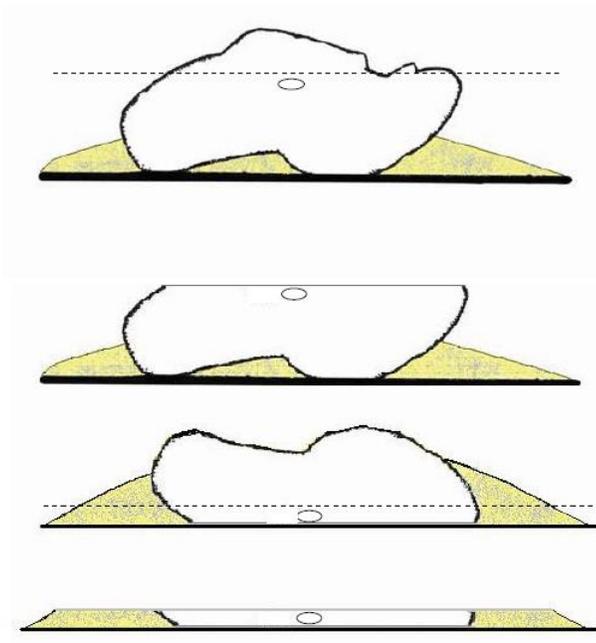
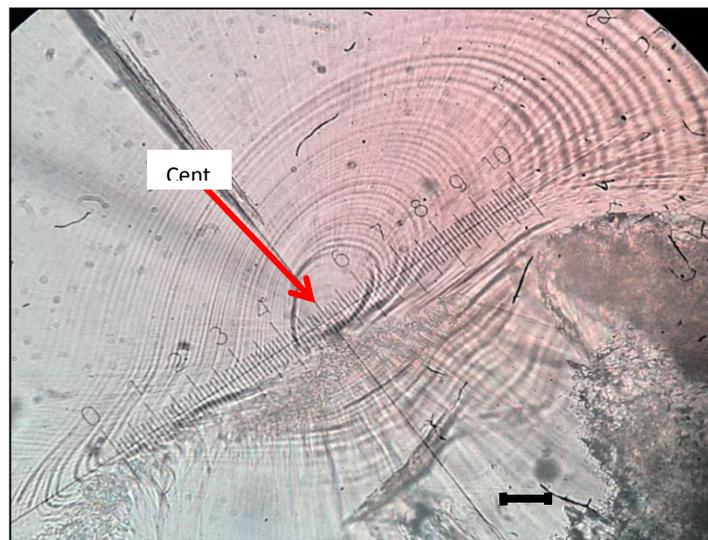


Figura 2.3. Esquema que representa una sección longitudinal del montaje del estatolito (lado convexo hacia arriba). La línea punteada indica el plano de pulido.

- **Medición y lectura de los estatolitos**

Los microincrementos de crecimiento en estatolitos de jibia aparecieron en observaciones con el microscopio óptico como anillos concéntricos alternadamente claros y oscuros; cada par de estas unidades forma un incremento de crecimiento (Morales-Nin, 1992). Para la observación de los incrementos diarios se utilizó microscopio óptico marca Olympus modelo CX31 en dependencias de la Unidad de Tecnología Pesquera (www.unitep.cl) de la Universidad de Concepción (UdeC). Previamente se identificó el centro y radio del estatolito con aumento de 400X (Fig. 2.4). El recuento de incrementos diarios se realizó a 400X y 1.000X con un retículo ocular de 100 divisiones. Los anillos diarios fueron identificados fácilmente a lo largo de todo el eje de conteo (desde el centro a la zona más

ancha del estatolito) debido a la alta calidad de las preparaciones (Dr. Alexander Arkhipkin, Falkland Islands, comunicación personal en el taller de trabajo de mediados de enero de 2015 en la UdeC e INPESCA). Consecuentemente, se contó cada uno de los anillos diarios en los estatolitos de jibia en todas las preparaciones analizadas en este estudio. Las características estructurales del estatolito ayudaron a seguir el eje de lectura desde el centro hacia la zona donde el radio era mayor, eje en el cual los incrementos presentaban mayor distancia entre sí, facilitando el conteo. Las lecturas de incrementos de estatolitos fueron realizadas por tres lectoras, independientemente, quienes desconocían los datos biológicos del individuo de jibia del que provenía el par de estatolitos.



4

Figura 2.4. Identificación del centro del estatolito con aumento 400X, previo a la lectura de anillos de crecimiento diario.

- **Confección de claves talla edad**

Para determinar la composición por edad en las capturas de un stock pesquero se requiere confeccionar una clave talla-edad, la que consiste en una tabla de doble entrada que define,

para cada categoría de tallas, la distribución de frecuencias de edades que le corresponde. Para la confección de la clave talla-edad de *D. gigas* se utilizó una muestra de estatolitos representativa en el mayor rango de tamaños (LDM) posible. Las claves fueron elaboradas trimestralmente para varios años y cada 2 cm de longitud dorsal del manto (LDM) en el rango de 28 a 94 cm en hembras, y de 30 a 90 cm en machos, obteniéndose una matriz de 14 grupos de edad y 33 intervalos de LDM para hembras, y 30 intervalos de LDM para los machos.

4.2.3. Resultados

El máximo número de anillos diarios registrados en un estatolito fue 1.002 en una hembra de jibia de 78 cm de LDM. La hembra menos longeva corresponde a aquella cuya longitud del manto era 31 cm LDM y 222 días de edad. El macho menos longevo correspondió a un individuo de 44 cm de LDM 212 días de edad. En la Fig. 2.5 se presenta una fotografía de un estatolito de *D. gigas*; cada uno de los puntos rojos en la imagen corresponde a 1 anillo de crecimiento diario.

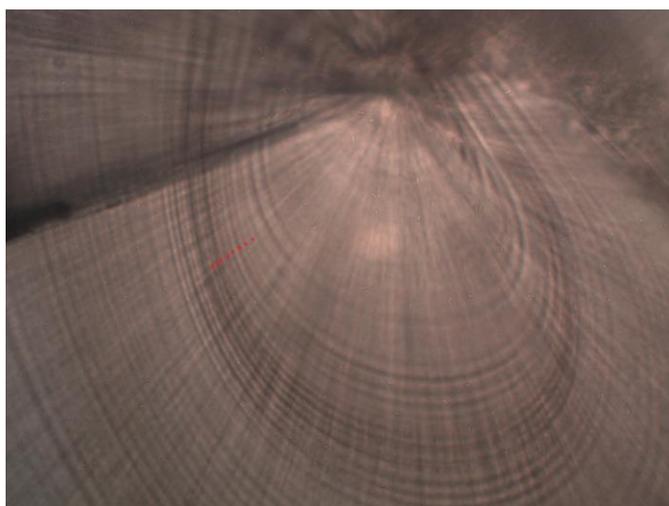


Figura 2.5. Identificación de anillos diarios en un estatolito de jibia aumento: 1.000X.

Los parámetros de la ecuación de crecimiento von Bertalanffy obtenidos mediante el método de incrementos de crecimiento diario en jibia fueron ajustados tanto para hembras como para machos, independientemente, en los periodos mayo-octubre, noviembre-abril y año calendario (Tablas 2.1 y 2.2). Como mes de inicio se considera mayo ya que, según la información histórica de grupos modales en las capturas, en ese mes se identifica el ingreso de la primera cohorte; octubre corresponde al cierre del semestre que se inicia en mayo. El otro semestre corresponde al período noviembre-abril. Se realizó un segundo ajuste de las lecturas de incrementos diarios por sexo para el periodo año calendario (2014), fijando el parámetro t_0 se fijó en 0 años. Los resultados son presentados en la Tabla 2.3 para hembras y machos. Los valores observados y el modelo ajustado con los parámetros estimados son presentados en las Figs. 2.6 a 2.13 para los periodos mayo-octubre, noviembre-abril, año calendario (sin fijar t_0) y año calendario fijando $t_0=0$.

La ecuación de crecimiento en peso de von Bertalanffy fue ajustada a los datos, encontrando mayor peso asintótico en hembras ($W_\infty = 19,2$ kg) que en machos de *D. gigas* ($W_\infty = 17,4$ kg) (Tabla 2.4), mientras que el crecimiento se observa levemente más rápido en machos ($K=1,7$ año⁻¹; Fig. 2.14) que en hembras ($K=1,6$ año⁻¹; Fig. 2.15).

Tabla 2.1. Parámetros de crecimiento en longitud von Bertalanffy en hembras de *D. gigas* capturadas desde mayo hasta octubre.

Periodo	Sexo	Parámetro	Valor Estimado	Error Estándar
Mayo-octubre 2014	Hembras	L_{∞} (cm)	83,0	2,66
		K (año^{-1})	1,28	0,26
		t_0 (años)	0,05	0,14
Mayo-octubre 2014	Machos	L_{∞} (cm)	72,0	2,44
		K (año^{-1})	3,35	1,05
		t_0 (años)	0,41	0,13
Noviembre-abril 2014	Hembras	L_{∞} (cm)	74,1	1,26
		K (año^{-1})	2,20	0,73
		t_0 (años)	-0,11	0,30
Noviembre-abril 2014	Machos	L_{∞} (cm)	72,7	0,73
		K (año^{-1})	3,40	0,58
		t_0 (años)	0,23	0,09

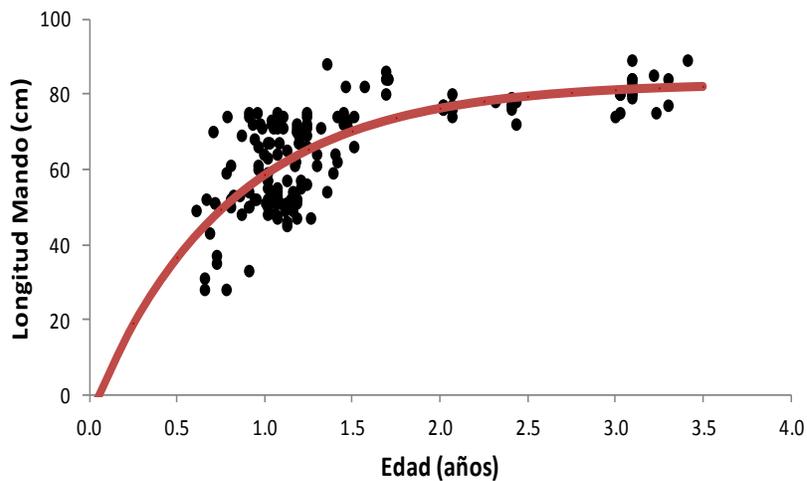


Figura 2.6. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios de *D. gigas* ($n=168$). Los puntos negros corresponden a las observaciones de hembras capturadas desde mayo hasta octubre. La línea roja corresponde al ajuste del modelo.

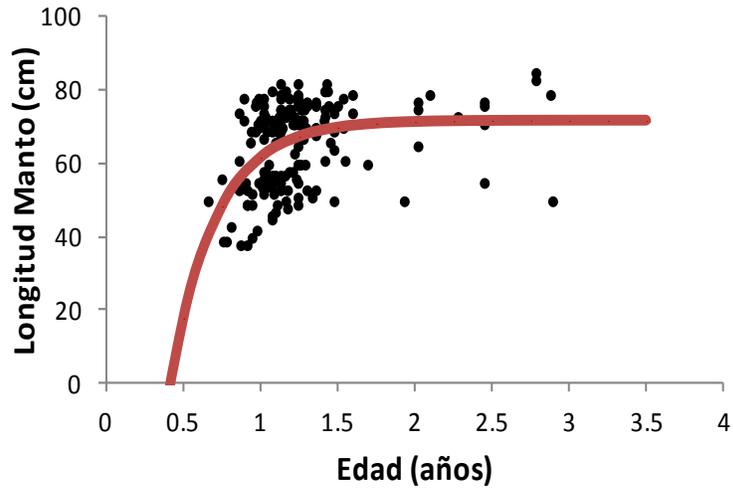


Figura 2.7. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* (n=168). Los puntos negros son las observaciones de machos capturados desde mayo hasta octubre. La línea roja es el ajuste del modelo.

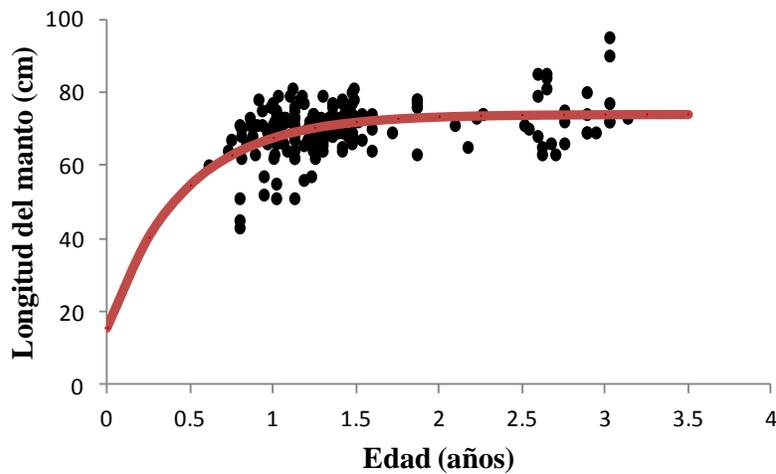


Figura 2.8. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* (n=185). Los puntos negros son las observaciones de hembras capturadas desde noviembre hasta abril. La línea roja es el ajuste al modelo.

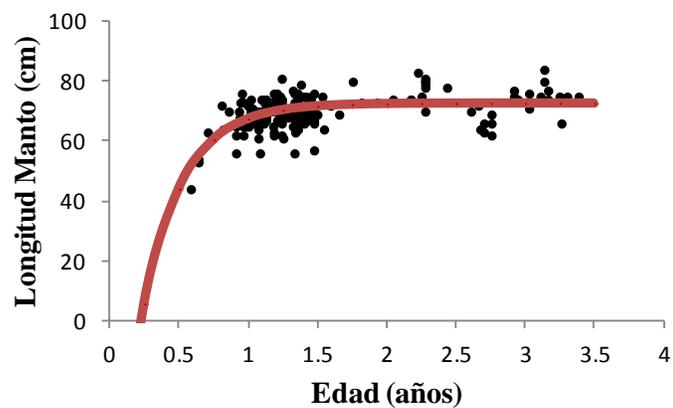


Figura 2.9. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* (n=172). Los puntos negros corresponden a las observaciones de machos capturados desde noviembre hasta abril. La línea roja representa el ajuste al modelo.

Tabla 2.2. Parámetros de crecimiento en longitud von Bertalanffy para hembras y machos de *D. gigas* para el periodo 2014.

Sexo	Parámetro	Valor	Error
		Estimado	Estándar
Hembras	L_{∞} (cm)	78,1	1,38
	K (año^{-1})	1,72	0,27
	t_0 (años)	0,06	0,11
Machos	L_{∞} (cm)	73,2	1,23
	K (año^{-1})	2,73	0,51
	t_0 (años)	0,24	0,11

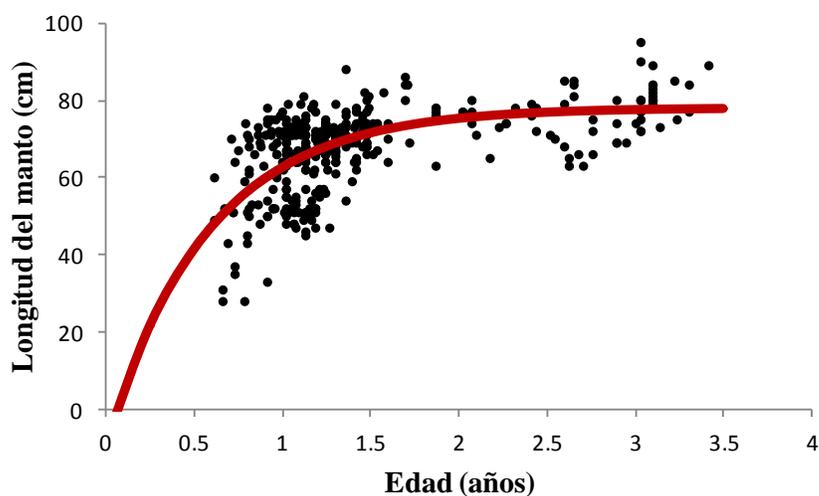


Figura 2.10. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* ($n=353$). Los puntos negros son las observaciones de hembras capturadas durante todo el año. La línea roja representa el ajuste al modelo.

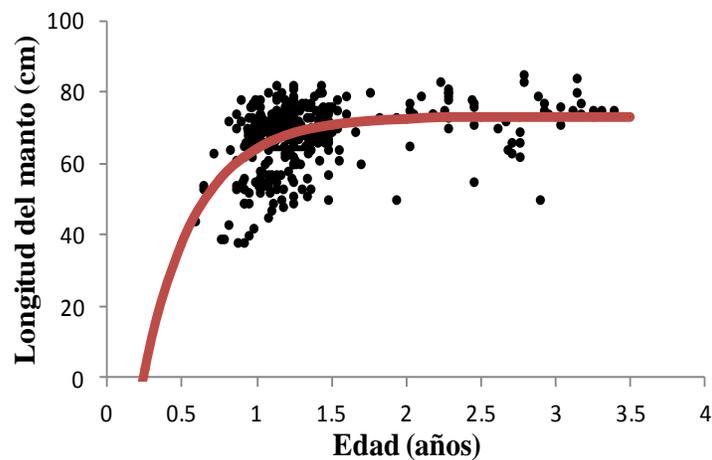


Figura 2.11. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* (n=347). Los puntos negros son las observaciones de machos capturados durante todo el año. La línea roja representa el ajuste al modelo.

Tabla 2.3. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras de *D. gigas* capturadas en 2014, fijando el parámetro $t_0 = 0$ (años).

Sexo	Parámetro	Valor	Error
		Estimado	Estándar
Hembras	L_{∞} (cm)	78,5	1,17
	K (año ⁻¹)	1,60	0,08
	t_0	0,00	0,00
Machos	L_{∞} (cm)	74,5	1,22
	K (año ⁻¹)	1,97	0,14
	t_0 (años)	0,00	0,00

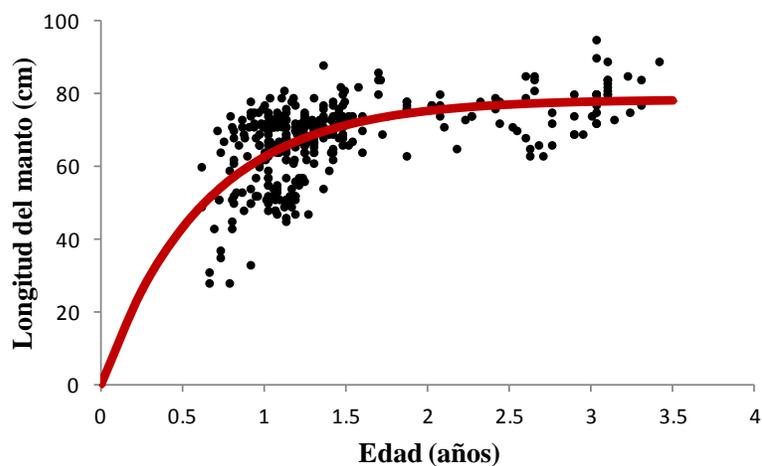


Figura 2.12. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* ($n=353$), fijando el parámetro t_0 . Los puntos negros corresponden a las observaciones de hembras capturadas durante todo el año. La línea roja representa el ajuste al modelo.

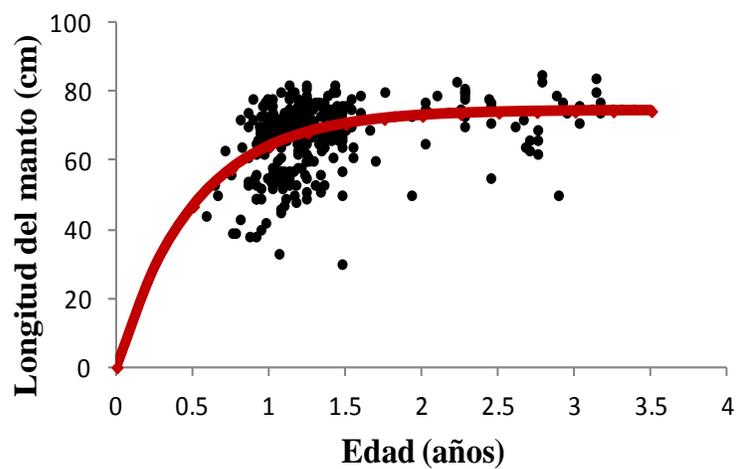


Figura 2.13. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en machos de *D. gigas* ($n=347$) fijando el parámetro t_0 . Los puntos negros corresponden a las observaciones de machos capturados durante todo el año. La línea roja corresponde al ajuste de modelo.

Tabla 2.4. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy en peso (g) de *D. gigas* determinados para hembras y machos capturados durante el periodo 2014, fijando el parámetro $t_0=0$ (años) de la ecuación.

Sexo	Parámetro	Valor Estimado	Error Estándar
Hembras	L_{∞} (cm)	19.21	690
	K (año ⁻¹)	1,60	0,10
	t_0	0,00	0,00
Machos	L_{∞} (cm)	17.43	575
	K (año ⁻¹)	0,00	0,00
	t_0	0,00	0,00

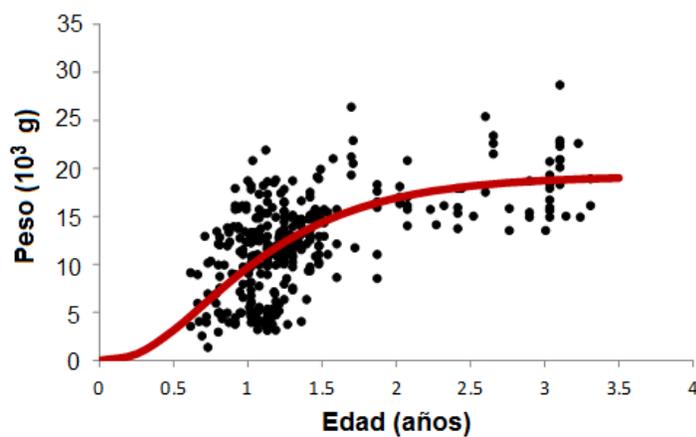


Figura 2.14. Ajuste de la curva de crecimiento von Bertalanffy en peso a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* ($n=337$), fijando el parámetro t_0 . Los puntos negros son las observaciones de hembras capturadas durante todo el año. La línea roja representa el ajuste de modelo.

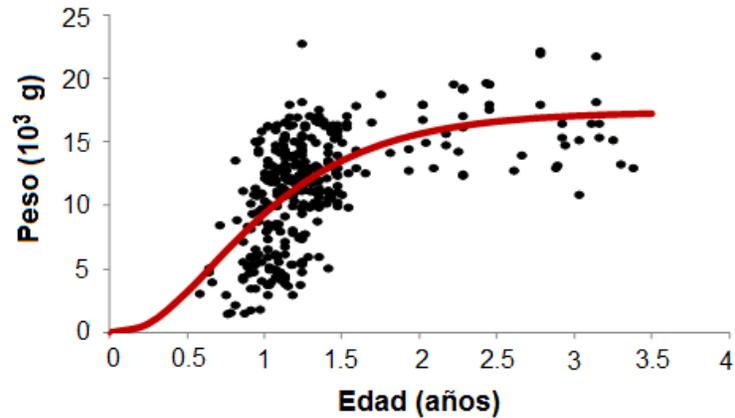


Figura 2.15. Ajuste de la curva de crecimiento von Bertalanffy en peso (g) a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* ($n=337$), fijando el parámetro t_0 . Los puntos negros son las observaciones de hembras capturadas durante todo el año. La línea roja representa el ajuste de modelo.

Repetibilidad de las lecturas

Para determinar la repetibilidad de las lecturas de los microanillos en los estatolitos de jibia se comparó las asignaciones de edad efectuadas por las tres lectoras. La diferencia mínima encontrada fue 2 incrementos, en tanto la máxima entre dos lectoras fue 150 incrementos. La dispersión entre las lecturas realizadas por los lectores 1, 2 y 3 se presenta en la Fig. 2.16. Los sesgos por edad promedio entre lectores son mostrados en la Fig. 2.17; la lectora 2 sobreestima las edades hasta en 150 incrementos respecto de las lectoras 1 y 2, mientras que las diferencias de lecturas entre las lectoras 1 y 3 son más discretas (50 incrementos, máximo).

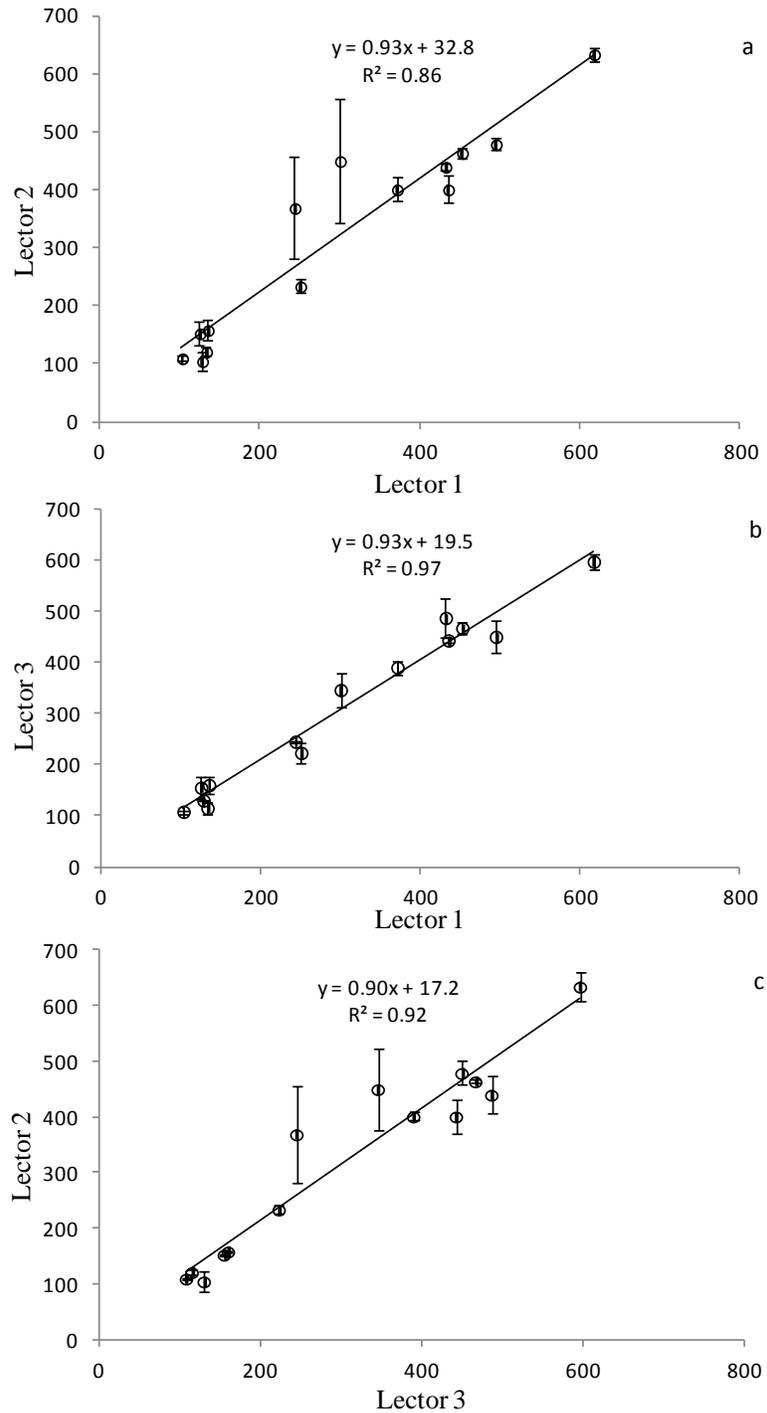


Figura 2.16. Dispersión de lecturas de microincrementos de crecimiento en estatolitos de *D. gigas* (entre dos lectores) y ajuste (línea recta). Las barras verticales representan 1 d.s; n=14. Panel a: lector 1 vs. lector 2 ($r^2=0,86$); panel b: lector 1 vs. lector 3 ($r^2=0,97$); panel c: lector 3 vs. lector 2 ($r^2=0,92$).

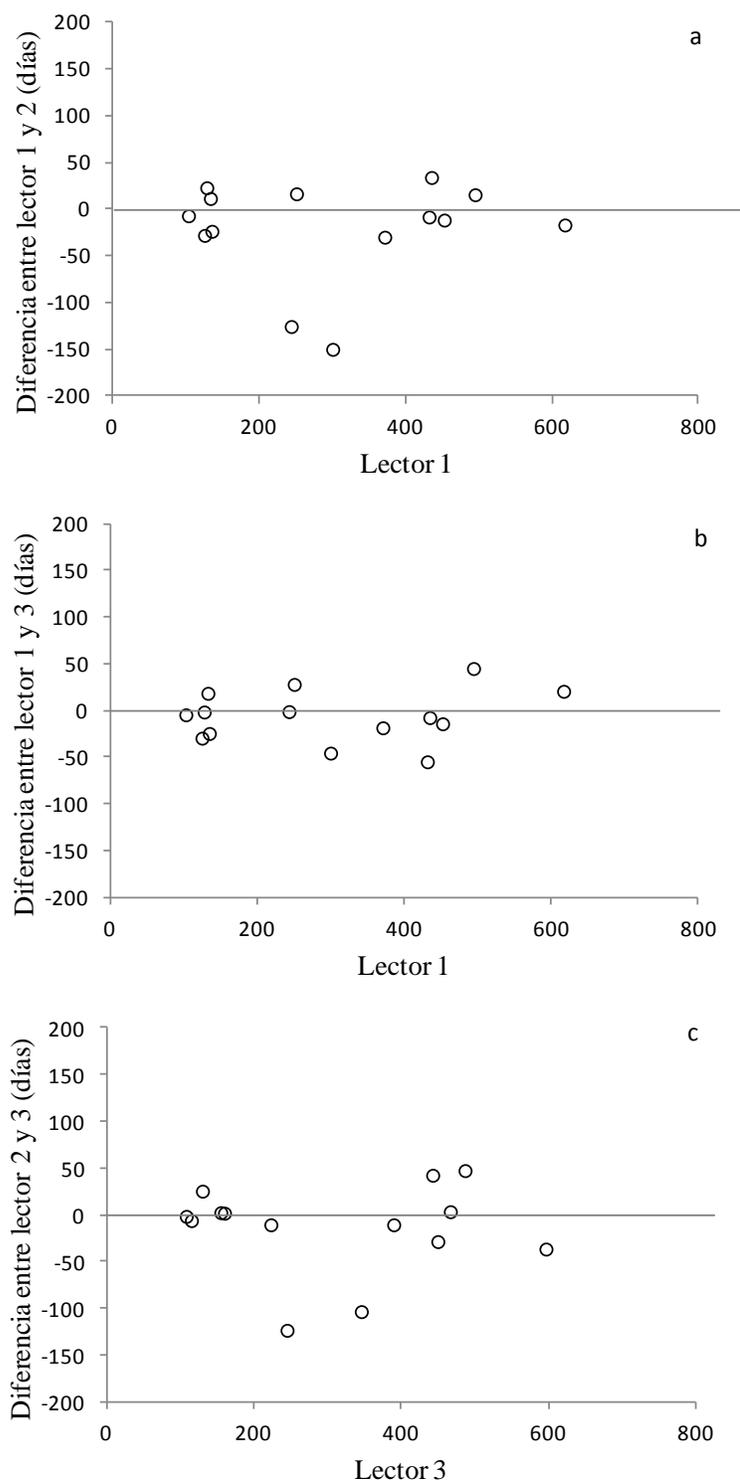


Figura 2.17. Diferencias (en días) en las determinaciones de edad. Panel a: lector 1 vs. lector 2; panel b: lector 1 vs. lector 3; panel c: lector 3 vs. lector 2; n=14.

Claves talla edad

Se obtuvo las claves talla-edad anuales para hembras (Tabla 2.11) y machos (Tabla 2.12). Cada grupo de edad corresponde a 1 trimestre de vida. Por lo tanto, los individuos del grupo de edad II tienen, por ejemplo, 6 meses de edad. Una revisión de las claves revela consistencia entre la edad y la LDM.

Tabla 2.5. Clave talla (cm) – edad (trimestre) para hembras de *D. gigas*.

LM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	
28		1	1												2
30		1													1
32			1												1
34		1													1
36		1													1
38															0
40															0
42		1	1												2
44			1	1											2
46				3	1										4
48		1	1	5											7
50		2	4	12											18
52		1	6	7											14
54			1	7	1										9
56			1	7											8
58			1	1	1										3
60		1	3	1	1										6
62			2	6	2		1			2					13
64		1	1	7	6	1		1		1					18
66		1	3	13	4	2				1	1				25
68			5	12	12	1				1	3				34
70		1	7	17	10	1		1		2					39
72			3	18	10	1		1	1		1	3			38
74			5	11	6	3		1	2		3	2			33
76			3	2	5		3	7	3			1	1		25
78			1	4	3		2	1	3	1		1			16
80				1	2	1				1	1	7			13
82					1	1						2			4
84						3				3		3	1		10
86						1									1
88					1							1	1		3
90												1			1
92															0
94												2			2
n	0	13	51	135	66	15	6	12	9	12	9	23	3	0	354
%	0.0	3.7	14.4	38.1	18.6	4.2	1.7	3.4	2.5	3.4	2.5	6.5	0.8	0	100
Prom.	0.0	1.1	2.6	7.1	4.1	1.5	2.0	2.0	2.3	1.5	1.8	2.3	1.0	0.0	29
d.s.	0	0.29	1.93	5.38	3.72	0.85	1	2.45	0.96	0.76	1.1	1.83	0	0	20

Tabla 2.6. Clave talla (cm) – edad (trimestre) para machos de *D. gigas*.

LM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	
30															0
32															0
34															0
36															0
38			4												4
40			1												1
42			2												2
44		1		1											2
46				2											2
48			3	3											6
50		1		2	2		1				1				7
52		1	3	5	2										11
54		1	3	7					1						12
56		1	1	8	2										12
58				4											4
60			1	4	4	2									11
62		1	2	4	1					1	1				10
64			4	4	4	1		1		1					15
66			4	12	9					1	1		1		28
68			3	12	16	1					1				33
70			4	21	11	1			2	1		1			41
72			6	22	9	1	2		1	1		3			45
74			1	15	11	2		5			2		2		38
76			3	5	10			1	2		1	2			24
78			2	8	1	2		1	3		1				18
80				3	3		1		3			1			11
82				2	1			1			1				5
84											1	1			2
86															0
88															0
90															0
n	0	6	47	144	86	10	4	9	12	5	10	8	3	0	344
%	0.0	1.7	13.7	41.9	25.0	2.9	1.2	2.6	3.5	1.5	2.9	2.3	0.9	0.0	100
Prom.	0.0	1.0	2.8	7.2	5.7	1.4	1.3	1.8	2.0	1.0	1.1	1.6	1.5	0.0	28
d.s.	0.0	0.0	1.4	6.2	4.8	0.5	0.6	1.8	0.9	0.0	0.3	0.9	0.7	0.0	18

Tabla 2.7. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de *D. gigas* obtenido de diferentes autores.

Estudio	Sexo	Parámetro	Estimado	Error Típico
Mariátegui <i>et al.</i> (2011)	Hembras	L_{∞} (cm)	255,7	8,42
		K (año ⁻¹)	0,002	0,001
		t_0 (años)	102,6	7,9
	Machos	L_{∞} (cm)	146,3	23,7
		K (año ⁻¹)	0,004	0,001
		t_0 (años)	116,6	9,3
Markaida (2001)	Hembras	L_{∞} (cm)	174,7	30,31
		K (año ⁻¹)	0,023	0,005
		t_0 (años)	5,7	9,98
	Machos	L_{∞} (cm)	145,7	9,07
		K (año ⁻¹)	0,023	3,48
		t_0 (años)	7,22	0,004
Este estudio	Hembras	L_{∞} (cm)	90,7	16,4
		K (año ⁻¹)	2,9	1,7
		t_0 (años)	0,1	0,09
	Machos	L_{∞} (cm)	75,6	5,7
		K (año ⁻¹)	4,9	1,6
		t_0 (años)	0,2	0,04

4.2.4. Discusión

D. gigas presenta rápido crecimiento (en longitud y peso), alcanzando las hembras 31 cm de LDM a los 222 días de vida, mientras los machos alcanzan 44 cm de LDM a los 212 días. De acuerdo con Argüelles (2001) y Markaida *et al.* (2004), desde temprano existe crecimiento diferenciado entre machos y hembras en *D. gigas* (Tabla 2.7). Consecuentemente, el parámetro L_{∞} también presenta diferencias entre sexos, siendo las hembras de mayor tamaño que los machos. En el presente trabajo el parámetro t_0 fue fijado en 0, siguiendo las indicaciones de Haddom (2001). Aunque en el presente trabajo t_0 fue estimado cercano a cero en ambos sexos, al ser positivo se le considera como fuente de error (Haddom, 2001), lo que estaría asociado a la carencia de individuos pequeños <26 cm LDM en las muestras, simplemente porque no aparecen en las capturas, esto es, la ausencia de ejemplares pequeños de jibia conduce a sesgo en la determinación de la tasa instantánea de crecimiento (K).

En este estudio se separó por cohortes a los ejemplares muestreados, esto es, aquellos capturados en otoño-invierno (mayo-octubre) de los capturados en primavera-verano (noviembre-abril). Para cada periodo se procedió a separar a los individuos de jibia y recalcular los parámetros de crecimiento, siendo el propósito observar posibles diferencias en el crecimiento de las dos cohortes anuales. Para el período noviembre-abril, en ambos sexos se observa crecimiento más rápido en relación al periodo mayo-octubre. En las hembras el parámetro K de primavera-verano se estimó en $2,2 \text{ año}^{-1}$, mientras para otoño-invierno se estimó en $1,28 \text{ año}^{-1}$. Esta diferencia en la velocidad de crecimiento explicaría la alta dispersión de los datos cuando se junta los datos de ambas cohortes en un mismo análisis. En el caso de los machos, la diferencia en K es menos notoria, con crecimiento levemente más rápido en primavera-verano ($K= 3,4 \text{ año}^{-1}$) que en otoño-invierno ($K=3,35 \text{ año}^{-1}$).

La longevidad máxima registrada en este estudio para individuos de *D. gigas* presentes en la pesquería es aproximadamente de 3,4 años, los que corresponden a aquellos nacidos en invierno del año 2011.

Entre las mayores dificultades en la estimación de la edad de *D. gigas* reconocemos la inexistencia de trabajos asociados a la validación de incrementos diarios en estatolitos para esta especie, y posiblemente la extensa migración y crecimiento individual variable debido al reemplazo gradual de las cohortes por la extensa etapa reproductiva durante gran parte del año, tal como lo expresó previamente Arkhipkin (1992).

4.2.5. Referencias Bibliográficas

- Argüelles A., P.G. Rodhouse, P. Villegas & G. Castillo. 2001. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. *Fisheries Research* 54:61-61.
- Arkhipkin A.I. & S.A. Murzov. 1987. Age and growth patterns of *Dosidicus* squid (*Dosidicus gigas*) (Ommastrephidae). In Ivanov B.G. (ed.) Present state of fishery for squids and prospects of its development. Moscow: VNIRO Press: 107-123. [In Russian with English Abstract.]
- Arkhipkin, A.I. 1992. Reproductive system structure, development and function in cephalopods with a new general scale for maturity stages. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science*, 12: 63–74.
- Arkhipkin, A.I. 2004. Diversity in growth and longevity in short-lived animals: squid of the suborder Oegopsina. *Marine and Freshwater Research*, 55: 341–355.
- Bizikov, V.A. 1991. A new method of squid age determination using the gladius. In ‘Squid Age Determination Using Statoliths. Proceedings of the International Workshop, Mazara del Vallo, Italy, 9-14 October 1989’. (Eds P. Jereb, S. Ragonese and S. von Boletzky): 39–51 (N.T.R.-I.T.P.P. Special Publications, No.1; Istituto di Tecnologiadella Pesca e del Pescato: Mazara del Vallo, Italy).
- Caddy, J. 1991. Daily rings on squid statoliths: an opportunity to test standard population models? In ‘Squid Age Determination Using Statoliths. Proceedings of the International Workshop, Mazara del Vallo, Italy, 9-14 October 1989’. (Eds P. Jereb, S. Ragonese and S. von Boletzky): 53-66. (N.T.R.-I.T.P.P. Specialpublications, No.1; Istituto di Tecnologiadella Pesca e del Pescato: Mazara del Vallo, Italy).
- Chen X.J., H.J. Lu, B.L. Liu, Y. Chen. 2011. Age, growth and population structure of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, based on statolith microstructure off the Exclusive Economic Zone of Chilean waters. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 91 (1): 229-235.
- Dawe, E.G., R.K. O’Dor, P.H. Odense & G.V. Hurley. 1985. Validation and application of an ageing technique for short-finned squid (*Illex illecebrosus*) *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 6:107-116.
- Ehrhardt, N.M., P. Jacpuemin, F. García, G. Gonzáles, J.M. López, J. Ortiz & A. Solís. 1983. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico. *FAO Fisheries Technical Paper No. 231*, pp. 306-340.

- Fournier, D., J. Sibert, J. Majkowski & J. Hampton. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for bluefin tuna (*Thunus maccoyii*). Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences 47: 301-317.
- Gayanilo, F.C.Jr., P. Sparre & D. Pauly. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8, Rome, 168 p.
- Haddon M. 2001. Modeling and quantitative methods in fisheries. Florida: Chapman-Hall.
- Hatfield, E.M.C. 1991. Post-recruit growth of the patagonian squid *Loligo gahi* (D'Orbigny). Bulletin of Marine Science 49:349-361.
- Jackson G.D. 1994. Application and future potential of statolith increment analysis in squid and sepiolids. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 51, 2612-2625.
- Jackson GD, NG. Buxton & MJA. George. 2000. The diet of the southern Opah *Lampris immaculatus* on the Patagonian Shelf; the significance of the squid *Moroteuthis ingens* and anthropogenic plastic. Marine Ecology Progress Series 206: 261-271
- Jereb, P. & S. Ragonese. 1995. An outline of the biology of the squid *Illex coindentii* in the Sicilian channel (Central Mediterranean), Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 75:373-390.
- Lipinski, M.R. 1986. Methods for the validation of squid age from statoliths. J. of the Mar. Biol. Assoc. of the UK, 66: 505-526.
- Liu, B., X. Chen & Q. Yi. 2013. A comparison of fishery biology of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas* outside three Exclusive Economic Zones in the Eastern Pacific Ocean. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 31(3): 523-533.
- Masuda S., K. Yokawa, A. Yatsu & S. Kawahara. 1998. Growth and population structure of *Dosidicus giga* in the Southeastern Pacific Ocean. In Okutani T. (ed.) Contributed Papers to International Symposium on Large Pelagic Squids, July 18-19, 1996. Tokyo: JAMARC: 107-118.
- Markaida U., C. Quiñónez-Velázquez & O. Sosa-Nishizaki. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research 66, 31-47.
- Mejía-Rebollo A, C. Quiñónez-Velázquez, C.A. Salinas-Zavala & U. Markaida. 2008. Age, growth and maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835) off the western coast of the Baja California Peninsula. CalCOFI Rep., 49: 256-262.

- Morales-Nin, B. 1992. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO Documento Técnico de Pesca, Número 322, Roma, FAO, 58 p.
- Nakamura, Y. & Y. Sakurai. 1991. Validation of daily growth increments in statolith of Japanese common squid *Todarodes pacificus*. Nippon Suisan Gakkaishi 57:2007-2011.
- Nakamura, Y. & Y. Sakurai. 1993. Age determination from daily growth increments in statoliths of some groups of the Japanese common squid *Todarodes pacificus*. In: Recent Advances in Fisheries Biology, T. Okutani, R.K. O'Door and T. Kubodera (eds.). Tokai University Press, Tokio: 337-342.
- Nesis, K.N. 1970. Biology of the Peru-Chilean giant squid, *Dosidicus gigas*. Okeanology, 10: 140-152.
- Pauly, D. 1986. On improving operation and use of the ELEFAN program. Part II. Improving the estimation of L_{∞} . Fishbyte 4(1):18-20.
- Squires, H.J. 1967. Growth and hypothetical age of the Newfoundland bait squid *Illex illecebrosus*. Journal of Fisheries Research Board of Canada 24:1209–1217.
- Yatsu, A., Midorikawa, S., Shimada, T. and Uozumi, Y. 1997. Age and growth of the neon flying squid, *Ommastrephes bartrami*, in the North Pacific Ocean. Fisheries Research, 291, 257–270.

Adenda a la Sección 2 de Edad y Crecimiento del Objetivo Específico1

Presentación

Durante la visita de dos expertos internacionales (Dr. Unai Markaidade México y Dr. Alexander Arkhipkin de Falkland Islands) a la Universidad de Concepción para la revisión de resultados del presente proyecto, lo que ocurrió un par de semanas antes de presentar el pre-informe final debido a que fue complicado coordinar la visita simultánea de tres expertos (un norteamericano, un colega de las Islas Malvinas/Falkland y un mexicano), se concluyó que las lecturas de incrementos diarios en los estatolitos de jibia, que realizamos previamente nosotros durante varios meses en 2014, presentaban sesgo por el uso no completamente correcto del micrómetro del microscopio, en particular de las lecturas en el borde de los estatolitos. Este sesgo consistió en la sobreestimación del número de incrementos diarios al contar parcialmente el doble de anillos por la sombra angular proyectada de cada microincremento a través del estatolito. Este sesgo solo podía ser resuelto con la guía de expertos.

Luego de entender el personal del proyecto en qué consistía el sesgo en las lecturas de microincrementos en estatolitos de jibia, lo que fue revisado latamente en el laboratorio con la asistencia experta (lecturas nuestras y lecturas de los expertos, y posterior comparación caso a caso), se presentó a los expertos el set de estatolitos preparados durante el proyecto, trabajo que fue calificado por los expertos como satisfactorio, sugiriendo ellos, entonces, utilizar las mismas muestras leídas por nosotros durante el 2014, pues cumplen con el estándar técnico que permite extraer información de calidad a través de las lecturas. Sin embargo, los expertos sugirieron leer nuevamente los estatolitos siguiendo sus recomendaciones. Se atendió aquellas y a continuación se presenta métodos y resultados que obtuvimos atendiendo la asesoría experta para las nuevas lecturas de estatolitos.

Materiales y Métodos

Se usó las mismas muestras de estatolitos de jibia preparadas y leídas por el personal del proyecto durante 2014. Se procedió con la lectura de microincrementos de crecimiento

seleccionando el 20% del set de estatolitos guardados. Se usó microscopio marca Nikon modelo Eclipse E200, y se releyó los estatolitos pulidos con aumento 400X (pero no 1.000X por sugerencia de los expertos), discriminando fielmente las sombras proyectadas por los microanillos diarios al ajustar dinámicamente el micrómetro del microscopio.

Se estimó el crecimiento en longitud y peso de jibia mediante relectura de incrementos de crecimiento diario en 77 estatolitos de hembras y 61 estatolitos de machos. El rango de LDM fue entre 26 y 95 cm. Se calculó los parámetros de crecimiento (K , L_{∞} y t_0) según los modelos lineal, exponencial, logístico de von Bertalanffy, potencial y Gompertz para comparar los resultados de los diferentes modelos ajustados.

Resultados

En la Tabla 2.8 se presenta los parámetros de crecimiento por sexo en jibia para los modelos lineal, exponencial, potencial y Gompertz, así como von Bertalanffy en longitud (Figs. 2.18 y 2.19) y en peso (Figs. 2.20 y 2.21), y logístico de von Bertalanffy (Figs. 2.22 y 2.23). La reproducibilidad de las nuevas lecturas realizadas por dos lectoras presentó alta coincidencia (82%) y baja desviación estándar (Fig. 2.24), con una diferencia máxima en la estimación de la edad que corresponde solo a 32 días (Fig. 2.25) en un individuo que habría tenido 320 días de edad. En la Tabla 2.9 se presenta los parámetros de crecimiento de jibia del presente trabajo y se lo compara con otros autores.

Tabla 2.8. Parámetros de crecimiento en longitud para *D. gigas* estimados por seis modelos diferentes, y en peso por el modelo de von Bertalanffy. AIC=índice de Akaike.

Modelo	Sexo	Parámetro	Estimado	E. S.	Valor t	Valor p	AIC
von Bertalanffy Longitud	Machos	L_{∞} (cm)	75,6	5,7	13,1	2,00E-16	446
		K (año ⁻¹)	4,9	1,6	2,9	4,10E-03	
		t_0 (años)	0,2	0,04	5,8	3,10E-07	
	Hembras	L_{∞} (cm)	90,7	16,4	5,5	4,40E-07	
		K (año ⁻¹)	2,9	1,7	1,7	9,00E-02	
		t_0 (años)	0,21	0,09	2,2	3,30E-02	
von Bertalanffy Peso	Machos	W_{∞} (g)	12930	1834	7,1	2,40E-09	1170
		K (año ⁻¹)	6,1	3,3	1,9	6,00E-02	
		t_0 (años)	0,18	0,1	1,5	1,00E-02	
	Hembras	W_{∞} (g)	35540	26850	1,32	1,90E-01	
		K (año ⁻¹)	2,0	1,5	1,2	7,50E-01	
		t_0 (años)	-0,07	-0,01	0,031	7,00E-02	
Logístico	Machos	Y_{∞} (mm)	686	2,74	24,9	2,00E-16	744
		K (días ⁻¹)	0,032	0,003	3,4	1,10E-03	
		t_0 (días)	135,4	9,4	14,4	2,00E-16	
	Hembras	Y_{∞} (mm)	827	83,1	9,9	2,70E-15	
		K (días ⁻¹)	0,016	0,0053	2,9	4,00E-03	
		t_0 (días)	153	13,2	11,5	2,00E-16	
Potencial	Machos	a	84,5	3,99	21,2	2,00E-16	452
		b	0,7	0,11	6,5	1,80E-08	
	Hembras	a	87,1	4,1	21,3	2,00E-16	607
		b	0,74	0,11	6,9	110E-09	
Lineal	Machos	a	17,16	6,6	2,6	1,20E-02	454
		b	69,7	10	6,9	3,20E-09	
	Hembras	a	15,9	6,8	2,3	2,10E-02	608
		b	72,625	10,26	7,078	6,62E-10	
Exponencial	Machos	a	31,4	3,7	8,5	8,10E-12	458
		b	1,05	0,2	6,1	9,10E-08	
	Hembras	a	32,02	3,5	9,2	5,20E-14	611
		b	1,03	0,2	6,7	3,40E-09	
Gompertz	Machos	L_{∞} (cm)	71,5	3,1	22,8	2,00E-16	446
		G	6,4	1,7	3,7	5,30E-04	
		g	0,3	0,03	10,7	1,70E-15	
	Hembras	L_{∞} (cm)	81,8	7,3	11,2	2,00E-16	
		G	3,8	1,5	2,6	1,20E-02	
		g	0,2	0,04	6,7	2,90E-09	

Tabla 2.9. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de *D. gigas* obtenidos por diferentes autores.

Estudio	Sexo	Parámetro	Estimado	Error Típico
Mariategui <i>et al.</i> (2011)	Hembras	L_{∞} (cm)	255,7	8,42
		K (año ⁻¹)	0,002	0,001
		t_0 (años)	102,6	7,9
	Machos	L_{∞} (cm)	146,3	23,7
		K (año ⁻¹)	0,004	0,001
		t_0 (años)	116,6	9,3
Markaida (2001)	Hembras	L_{∞} (cm)	174,7	30,31
		K (año ⁻¹)	0,023	0,005
		t_0 (años)	5.7	9.98
	Machos	L_{∞} (cm)	145.7	9.07
		K (año ⁻¹)	0.023	3.48
		t_0 (años)	7.22	0.004
Este Estudio (2014)	Hembras	L_{∞} (cm)	90.7	16.4
		K (año ⁻¹)	2.9	1.7
		t_0 (años)	0.21	0.09
	Machos	L_{∞} (cm)	75.6	5.7
		K (año ⁻¹)	4.9	1.6
		t_0 (años)	0.2	0.04

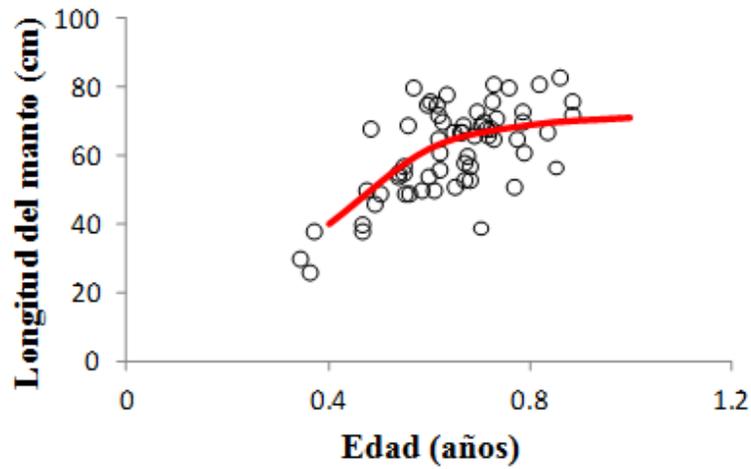


Figura 2.18. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* machos (n= 61). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo.

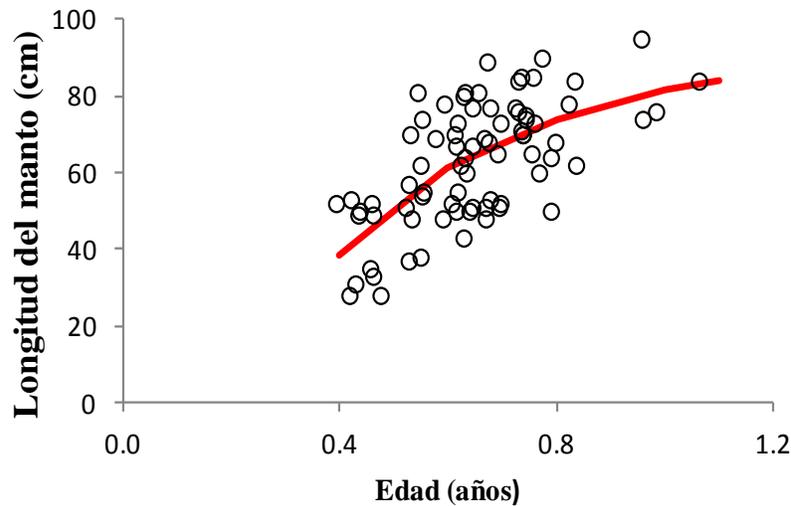


Figura 2.19. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* hembras (n= 77). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo.

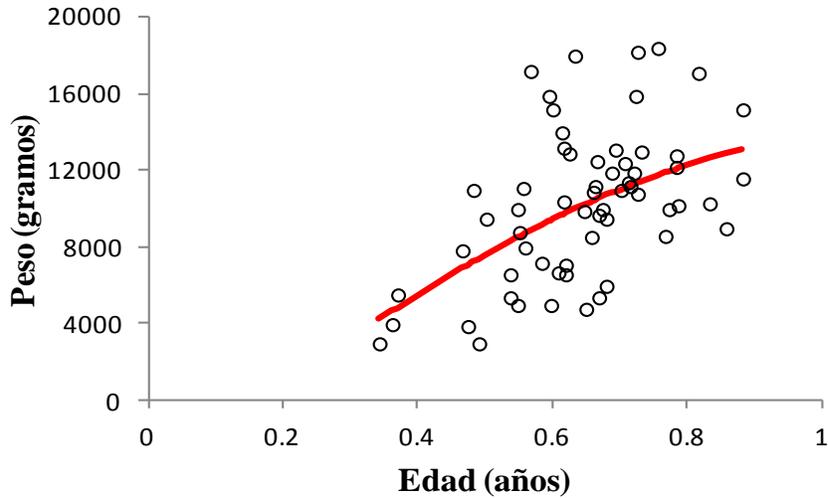


Figura 2.20. Ajuste de la curva de crecimiento en peso von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* machos (n= 61). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo.

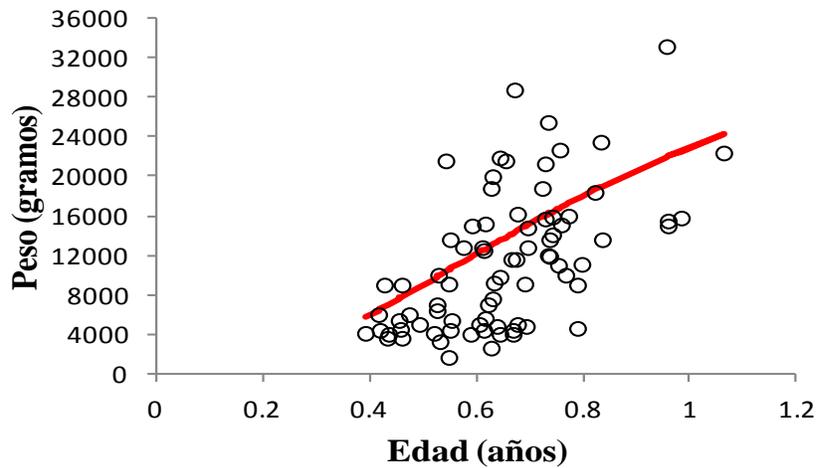


Figura 2.21. Ajuste de la curva de crecimiento en peso von Bertalanffy a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* hembras (n= 77). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo

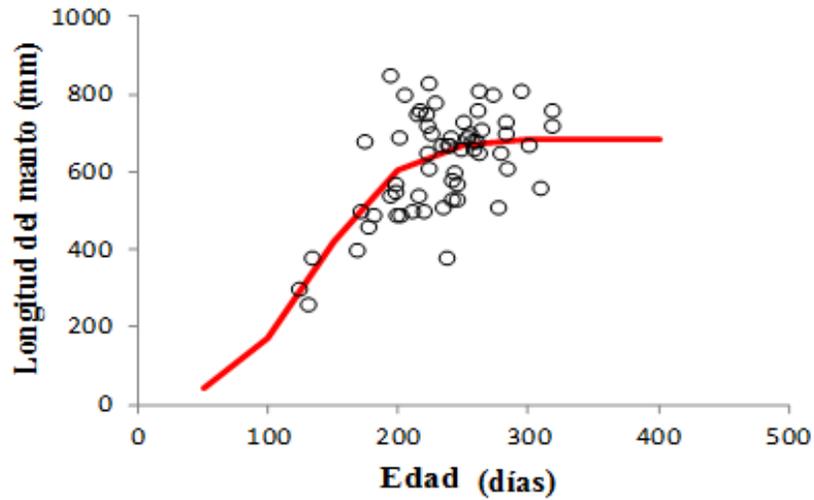


Figura 2.22. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud del modelo logístico a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* machos ($n= 61$). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo logístico de von Bertalanffy.

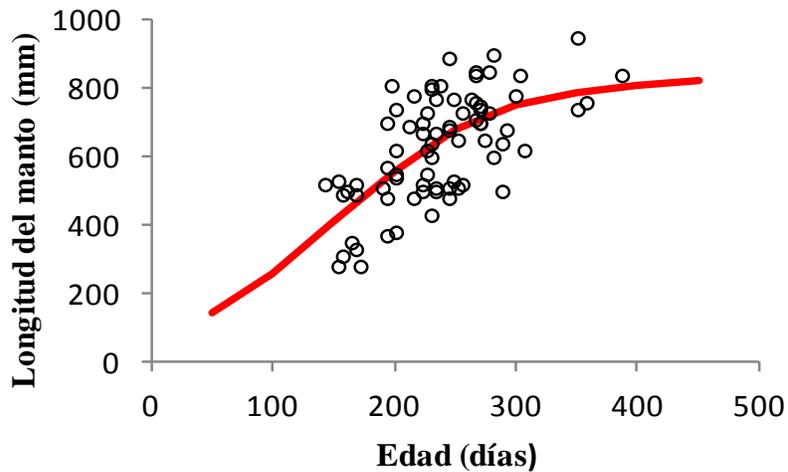


Figura 2.23. Ajuste de la curva de crecimiento en longitud del modelo logístico a lecturas de incrementos diarios en *D. gigas* hembras ($n= 77$). Los puntos negros corresponden a las observaciones y la línea roja representa el ajuste al modelo logístico de von Bertalanffy.

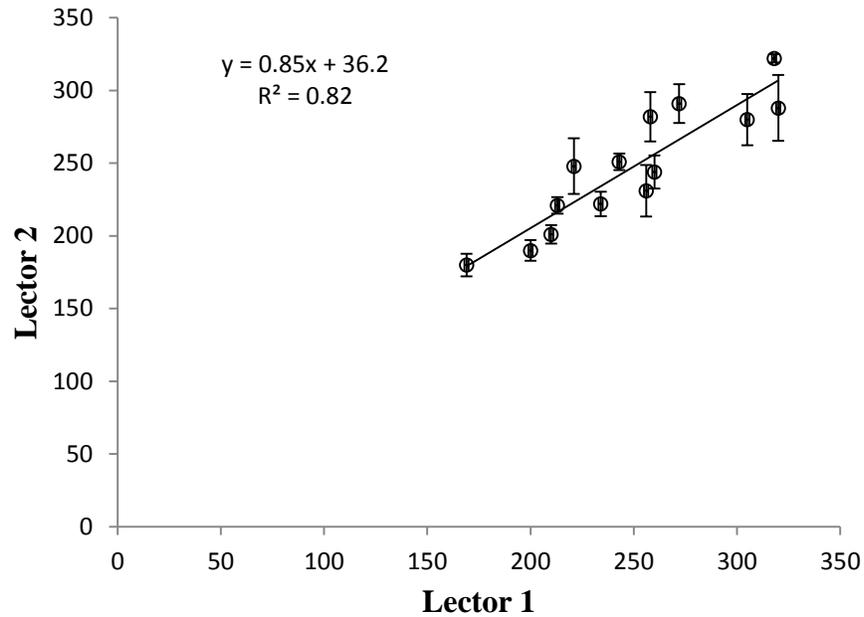


Figura 2.24. Sesgo por edad entre lectores para las lecturas de anillos diarios en estatolitos de *D. gigas*. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

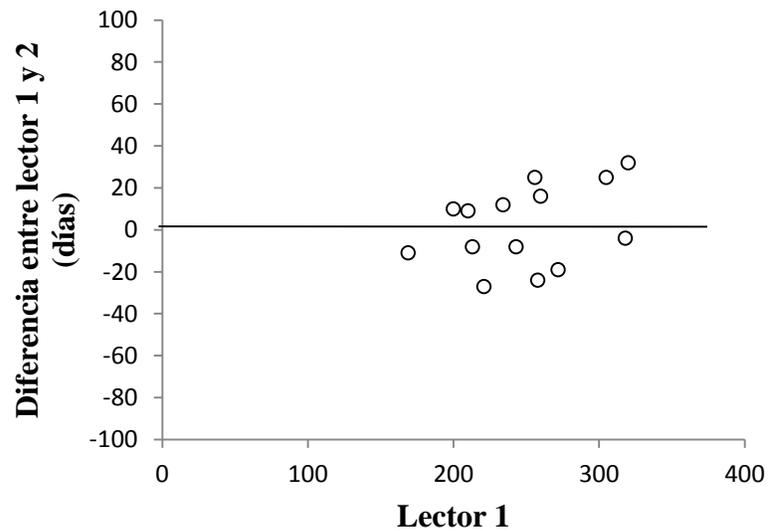


Figura 2.25. Diferencia (días) en las determinaciones de edad entre lector 1 y lector 2 (n=14).

Nuevas claves talla edad

Las nuevas claves talla-edad de jibia, confeccionadas mediante la relectura de microincrementos en los estatolitos con aumento 400X presentan estructura consistente, abarcando un amplio rango de tallas (Tablas 2.10 y 2.11 para machos y hembras, respectivamente).

Tabla 2.10. Clave talla (cm) – edad (mes) para machos de *D. gigas*. Nota: los colores indican la densidad de muestras.

LM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
26				1										
28														
30				1										
32														
34														
36														
38				1	1									
40					1									
42														
44														
46						1								
48						3								
50					1		3			1				
52								2						
54						3	1							
56					1			1			1			
58								1						
60							1	1	1					
62														
64							1	1	1					
66							1	4			1			
68					1	1		4						
70							1	2	1					
72							1	1	1	1				
74							2							
76							1	1			1			
78							1							
80						1		1						
82							1		2					
84														
86														
88														
90														

Tabla 2.11. Clave talla (cm) – edad (mes) para hembras de *D. gigas*. Nota: los colores indican la densidad de muestras.

LM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
26														
28					2									
30					1									
32					1									
34					1									
36						1								
38						1								
40														
42							1							
44														
46														
48					2	1	1	1						
50					1	1	3	2	1					
52				1	2		1	2						
54						2	1							
56						1								
58														
60							1			1				
62						1	1				1			
64							1	1	2					
66							2							
68							1	2	1					
70						1	1	1	2					
72							1	1	1					
74						1			2			1		
76							1	3					1	
78							1				1			
80						1	2	1						
82								2	1	1			1	
84														
86														
88								1						
90									1					
92														
94													1	

Discusión

La tasa instantánea de crecimiento individual de jibia (K , año⁻¹) estimada con el modelo de von Bertalanffy mediante relecturas (lecturas corregidas) es mayor en machos ($K = 4,9$ año⁻¹) que en hembras ($K = 2,9$ año⁻¹) (Tabla 2.8). Estos valores de K son, obviamente, mayores que los estimados por nosotros previamente, cuando asignamos más edad individual debido al sesgo en las lecturas de los microincrementos de crecimiento en los estatolitos de jibia. En efecto, nuestras primeras estimaciones erróneas fueron $K = 1,97$ año⁻¹ en machos y $K = 1,60$ año⁻¹ en hembras, lo que se produjo por el uso incorrecto del micrómetro durante las lecturas (Tabla 2.3). Comparativamente, la máxima edad asignada previamente por nosotros para *D. gigas* fue 1.000 días cuando se realizó lecturas con sesgo (aumento 1.000X), lo que posteriormente fue corregido mediante relecturas de estatolitos con la guía de expertos extranjeros y aumento 400X, solamente. En este caso, la máxima edad asignada a un ejemplar de jibia hembra fue 386 días, que es equivalente a aproximadamente 13 meses (tamaño: 84 cm LDM). Con estos últimos resultados concordamos en parte con la longevidad de 1,5 a 2 años reportada por Markaida *et al.* (2004, pág. 42) para esta especie. Esto permite validar nuestros resultados corregidos para la edad y crecimiento de jibia en Chile central, aunque nosotros no tuvimos disponibles ejemplares de jibia de tamaño aún más grande, las que deben ser muy poco frecuentes en el stock.

La aplicación de diferentes modelos (von Bertalanffy, exponencial, lineal, Gompertz) para la obtención de los parámetros de crecimiento de jibia por sexo genera resultados similares y consistentes, tal como lo revela el índice de Akaike (Tabla 2.8). Por lo tanto, se puede usar los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy en modelos indirectos de estimación de la abundancia, pues normalmente un supuesto es que las cohortes de un recurso pesquero estudiado deben crecer von Bertalanffy.

Adicionalmente, parece factible la confección de claves talla-edad en jibia (Tablas 2.9 y 2.10) para su uso en la descomposición de la captura en peso a captura en número a la edad. En efecto, las claves talla-edad (corregidas) del presente trabajo fueron usadas para ese

efecto y posterior aplicación en la estimación de la abundancia del stock de jibia en Chile central (ver objetivo específico 2 del presente trabajo), obteniéndose resultados más consistentes que los entregados por nosotros mismos previamente.

Markaida *et al.* (2004) informaron que L_{∞} en hembras de jibia en el Golfo de California era de 174 cm de longitud total, LT (equivalente a 73 cm de LDM, aprox) y en machos de 145 cm de LT (equivalente a 62 cm de LDM, aprox). Posteriormente, Mariategui *et al.* (2011) informaron que L_{∞} en hembras de jibia en Perú era de 255 cm de LT (equivalente a 95 cm de LDM, aprox) y en machos de 146 cm de LT (equivalente a 62 cm de LDM, aprox). Comparativamente, los resultados de L_{∞} en el presente proyecto los expresamos en LDM, pues consideramos que esta variable es más confiable y representativa que la LT, ya que esta última depende mucho de la longitud de los tentáculos, los que son muy variables y normalmente aparecen cortados después en los ejemplares de jibia capturados.

Conclusiones

- Existen diferencias en el crecimiento de *D. gigas* entre sexos. En efecto, las hembras son más grandes que los machos, aunque crecen más lento ($K = 2,9 \text{ año}^{-1}$) que los machos ($K = 4,9 \text{ año}^{-1}$).
- Los parámetros de crecimiento de *D. gigas* que nosotros recomendamos usar son:
 - machos : $L_{\infty} = 75,6 \text{ cm}$; $K = 4,9 \text{ año}^{-1}$; $t_0 = 0,20 \text{ años}$;
 - hembras : $L_{\infty} = 90,7 \text{ cm}$; $K = 2,9 \text{ año}^{-1}$; $t_0 = 0,21 \text{ años}$.

4.3. Sección 3. Composición de la dieta y tasa de consumo de *D. gigas*

Resumen

Se analizó 1.470 estómagos (233 en la IV Región y 1.237 en la VIII Región) muestreados en mayo, junio, agosto y septiembre de 2014 en la IV Región, y desde enero hasta octubre del mismo año en la VIII Región; 1.071 estómagos de jibia (86%) presentaron algún tipo de contenido; el espectro trófico de jibia registró 29 ítems presa. En la IV Región dominan los eufáusidos en la dieta de jibia (frecuencia de 30% a 80% en jibias mayores a 80 cm de LDM). En la VIII Región dominan en la dieta de jibia los peces linterna, eufáusidos y jibia. El canibalismo es más frecuente en ejemplares de jibia grandes (predador) en ambas regiones.

El análisis de similitud trófica para evaluar agrupaciones entre regiones (zonas de pesca), trimestres y grupos de tamaños de jibia revela la existencia de una agrupación mayor asociada al trimestre y la talla, y una asociación menor asociada a la zona de pesca. En la zona norte los muestreos ocurrieron en Coquimbo; en la zona centro-sur los muestreos ocurrieron en San Vicente y Coronel. En la zona norte se muestreó jibias con poteras; en la zona centro-sur las muestras fueron obtenidas de embarcaciones arrastreras con red de media agua (jibia como especie objetivo).

4.3.1. Introducción

D. gigas se alimenta de crustáceos, peces y calamares, incluyendo canibalismo. Su dieta cambia durante la ontogenia, alimentándose de zooplancton en la etapa juvenil, cambiando a peces y cefalópodos cuando son adultos (Nigmatullin *et al.*, 2001). La fracción de presas cambia con el tamaño corporal del predador, incrementándose el canibalismo (Markaida & Sosa-Nishizaki, 2003). Además, Markaida & Sosa-Nishizaki (2003) encontraron una

relación significativa entre el tamaño corporal de las jibias caníbales (grandes) y las presas (pequeñas). Su dieta también puede variar geográficamente y entre estaciones del año (Cubillos *et al.*, 2004).

D. gigas es un predador voraz y oportunista que, al igual que otros omastréfidos de tamaño grande, puede remover importantes niveles de biomasa de sus presas (Markaida & Sosa-Nishizaki, 2003) por sus altos requerimientos metabólicos para sostener tasas de crecimiento en tejido somático y reproductivo que en un año le permitan alcanzar, por ejemplo, un peso individual de 22,7 kg en machos y 33,5 kg en hembras (Cubillos *et al.*, 2004). Los estudios para evaluar el consumo de alimento de los stocks de *D. gigas* son escasos. Ehrhardt (1991) estimó un consumo en torno a las 60 mil toneladas de sardina para la fracción poblacional distribuida en el Golfo de California en 1981 para un periodo de 9 meses, aunque posteriormente ninguna otra investigación ha podido confirmar ni cercanamente estos resultados para California (Dr. Unai Markaida, comunicación personal, enero de 2015).

Los cefalópodos, en general, y los omastréfidos, en particular, son señalados como predadores voraces cuya dieta carnívora los ubica en niveles tróficos superiores (Velasco *et al.*, 2001). Debido a sus altas tasas de crecimiento individual, estos cefalópodos presentan elevados requerimientos energéticos (Boyle & Boletzky, 1996), razón por la que son capaces de utilizar una amplia variedad de tipos de alimento y preda de forma oportunista presas más abundantes y disponibles (Rodhouse & Nigmatullin, 1996).

En ecosistemas marinos las poblaciones de cefalópodos pueden responder rápidamente a cambios ambientales naturales o de origen antropogénico, observándose dramáticas fluctuaciones interanuales en el tamaño poblacional (Beddington *et al.*, 1990). Tales cambios en la abundancia del predador pueden explicar parcialmente variaciones en la abundancia y disponibilidad de sus presas (Markaida & Sosa-Nishizaki, 2003), aunque no hay evidencia directa que apoye esa tesis.

D. gigas ha sido descrita como predador activo que busca y caza a sus presas tales como copépodos, anfípodos, eufaúsidos, camarones pelágicos, heterópodos, calamares, pulpos

pelágicos y peces, siendo común el canibalismo (Nigmatullin *et al.*, 2001; Markaida & Sosa-Nishizaki, 2003, Nigmatullin *et al.*, 2001). Cuantitativamente se ha determinado que ejemplares de jibia entre 20 y 40 cm de LDM tienen una ración diaria de alimento de 3,9 g/día, lo que implica que la biomasa de *D. gigas* podría remover anualmente una cantidad de 1,42 veces su propia biomasa (0,6 de cefalópodos; 0,42 de peces; y 0,4 de otras presas).

El conocimiento en Chile de los hábitos alimenticios y estimaciones cuantitativas del consumo de alimento en jibia han sido sumamente escasos y muy esporádicos. Wilhelm (1951), Fernández & Vásquez (1995), Tascheri (2002) y Arancibia *et al.* (2007) comunican que la dieta de jibia está constituida por crustáceos, congrios (*Genypterus chilensis* y *G. blacodes*), merluza común (*Merluccius gayi*), sardina española (*Sardinops sagax*), jurel (*Trachurus murphyi*) y calamares (probablemente *Loligo gahi*), incluyendo canibalismo.

Cubillos *et al.* (2004) determinaron variaciones espaciales en la dieta de *D. gigas*. En el sector oceánico el espectro trófico estuvo dominado por jurel (*T. murphyi*), mientras que en la zona costera predominaron peces como merluza común (*Merluccius gayi*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y besugo (*Epigonus crassicaudus*). La razón consumo/biomasa (Q/B) de *D. gigas*, tanto en la zona oceánica como costera en distintas estaciones de un año, varió entre 1,12 (primavera) y 3,71 (verano), mientras que en el sector costero Q/B se ubicó entre 1,34 y 1,35 en invierno y primavera, respectivamente. Sin embargo, probablemente estos valores de Q/B pueden estar subdimensionados.

En esta sección del objetivo 1 del presente proyecto se considera la estimación de la tasa instantánea de evacuación gástrica (E), la ración diaria de alimento (RD) y la razón consumo/biomasa (C/B) de *D. gigas*. La determinación de E y RD se realiza indirectamente considerando modelos publicados de la trayectoria del contenido estomacal en animales marinos. Para la determinación de C/B se utiliza datos del contenido estomacal de *D. gigas* generados en este mismo proyecto. Previamente se determina trimestralmente la composición de la dieta de jibia.

4.3.2. Materiales y Métodos

4.3.2.1.1. Datos

Durante la ejecución de este proyecto se ha generado una base de datos propia del contenido estomacal de *D. gigas* sustentada en muestreos de contenidos estomacales de jibias capturadas con pesca de arrastre en la VIII Región, y con pesca artesanal con poteras en la IV Región. Esta información es utilizada en la descripción de la dieta y en la cuantificación del consumo de la jibia (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Número de estómagos analizados por grupo de tamaño de longitud del manto (LDM, cm) de jibia y trimestre de 2014, para la IV y VIII Regiones.

Grupo LDM / trimestre	IV Región			VIII Región				Total	TOTAL	
	II	III	Total	I	II	III	IV			
< 70	Total de estómagos	11	5	16	131	100	220	102	553	569
	con contenido	3		3	106	71	150	84	411	414
				25						
70-75	Total de estómagos	17	3	20	145	60	17	3	225	245
	con contenido	9		9	128	43	17	3	191	200
75-80	Total de estómagos	13	8	21	86	188	14	2	290	311
	con contenido	7	1	8	77	147	2	2	228	236
80-85	Total de estómagos	62	29	91	19	67	40		126	217
	con contenido	32	10	42	18	50	31		99	141
> 85	Total de estómagos	42	43	85	1	5	35	2	43	128
	con contenido	18	24	42	1	4	31	2	38	80
	Total estómagos	145	88	233	382	420	326	89	1237	1470
TOTAL	con contenido	69	35	104	330	315	231	80	967	1071
	(%)	(47,6)	(39,8)	(44,6)	(86,4)	(75,0)	(70,9)	(89,9)	(78,2)	(72,9)

4.3.2.2. Análisis del contenido estomacal de jibia (datos de campo)

El tamaño muestral que se dispone es 1.470 estómagos de jibia (VIII Región, zona centro-sur, $n = 1.237$ para el período enero-octubre 2014; IV Región de Coquimbo, zona norte, $n = 233$ para el período mayo-junio y agosto-septiembre de 2014) (Tabla 3.1). En la zona norte hubo severas dificultades para realizar más muestreos debido a que la temporada de pesca de jibia fue concentrada principalmente de abril a septiembre, también a la falta de acceso a las plantas de proceso y a la imposibilidad operacional de realizar muestreos a bordo de botes, que es el tipo de nave más utilizada en la IV Región. Además, en enero-febrero de 2014 prácticamente no hubo poder de compra de jibia en la IV Región; luego la temporada de pesca comenzó fuertemente en abril-mayo; desde octubre los ejemplares del stock de jibia en Chile disminuyen su disponibilidad debido a que migrarían a aguas oceánicas donde no opera ni la pesquería artesanal de la IV Región, obviamente, ni tampoco la pesquería industrial de la VIII Región; y, por último al menos en la mitad de los días de pesca las plantas reciben solo jibias evisceradas, lo que realizan los tripulantes de botes antes de arribar a puerto. Todas estas causas limitaron operacionalmente los muestreos biológico-específicos en la IV Región.

Para el análisis cualitativo y cuantitativo de la alimentación de *D. gigas* se utilizó la metodología descrita por Markaida (2001) y Markaida & Sosa-Nishizaki (2003), aplicándose una escala subjetiva (examen visual) para determinar el índice de llenado del estómago que consiste en: (0) vacío; (1) poco o escaso; (2) medio lleno; (3) casi lleno y (4) completamente lleno (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Escala visual del llenado del estómago en calamares (modificada de Jackson *et al.*, 1998).

Estado	Criterio
0 Vacío	Vacío (estómago limpio o con un líquido rojo)
1 Poco	< 20% del volumen del estómago
2 Medio	< 50% del volumen del estómago
3 Casi lleno	Sobre 80% del volumen del estómago
4 Lleno	El alimento ocupa la cavidad entera del estómago

El peso del contenido estomacal (PCS) se registró con balanza electrónica (precisión de 0,01 g). Se determinó la relación entre el peso del contenido estomacal y el peso corporal (PT) mediante el índice de llenado en peso (FWI) (Rasero *et al.*, 1995), cuya expresión es:

La escala de llenado visual se contrasta con FWI promedio. Para comparar estadísticamente las frecuencias de las escalas de llenado entre meses se utilizó Tabla de Contingencia de máxima verosimilitud (test de G), evaluándose mediante el estadígrafo de X^2 (Zar, 1984). Para probar diferencias en FWI por mes se aplica Análisis de Varianza de una vía (Zar, 1984).

4.3.2.3. Composición de la dieta de *D. gigas*

Además de los índices de llenado del estómago, se aplica una escala del grado de digestión del contenido estomacal, la que se refiere a características de las presas, principalmente de peces, calamares y crustáceos (modificada de Jackson *et al.*, 1998) (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Escala subjetiva del estado de digestión del contenido estomacal en calamares (modificado de Jackson *et al.*, 1998).

Estado de digestión	Nivel de digestión	Condición en los peces	Condición en los calamares	Condición en los crustáceos
1	Alimento fresco	Piel y músculos en buenas condiciones.	Cromatóforos presentes, ventosas y/o ganchos presentes en los brazos.	Animal completo no roto en trozos.
2	Levemente digerido 5-15%	Piel levemente digerida, músculos desprendiéndose de los huesos.	Ventosas y/o ganchos desprendidos de los brazos.	Forma del cuerpo alterada, quelas y apéndices separados del cuerpo.
3	Medio digerido 15-60%	Músculos separados de los huesos, vertebras separadas.	Anillos y base de los ganchos separados de las ventosas, gladio y picos.	Todas las partes del cuerpo separadas, ojos semi-digeridos, tejidos blandos digeridos.
4	En su mayor parte digerido 60-90%	Tejidos blandos digeridos, escamas, huesos, vertebras sueltas, radios de aletas.	Tejidos blandos digeridos, restos de partes duras, picos y gladio.	Tejidos blandos digeridos, restos del caparazón y ojos digeridos.
5	Casi todo digerido 90-100%	Sólo restos óseos, otolitos, vértebras, escamas, mandíbulas.	Sólo picos y ganchos de las ventosas.	Sólo mandíbulas y restos deformados del caparazón
6	Digerido	Sólo líquido en el estómago.		

Para la cuantificación de la importancia de las presas de jibia se utilizó índices de porcentaje en número (%N), en peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%F), de acuerdo con Hyslop (1980), y se determinó el Índice de Importancia Relativa (IIR; Pinkas *et al.*, 1971), cuya expresión es:

$$IIR = (%N + %P) \%F$$

Para cuantificar las variaciones en la dieta de jibia con respecto al sexo, tamaño y período de muestreo se utilizó el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC; Bloom, 1981) sobre la base de IIR, cuya expresión es:

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

donde: $\min(x_{ij}, x_{ik})$ corresponde al valor mínimo del peso (en porcentaje) de la i -ésima presa en la dieta de jibia entre las variables a comparar j y k (e.g. sexo, tamaño, período de muestreo); S es el número total de ítems presa.

Para el análisis de la dieta de jibia respecto de la talla se configuró arbitrariamente 5 grupos de tamaños de 5 cm de LDM cada uno, a saber: ≤ 70 ; 71-75; 76-80; 81-85 y > 85 cm. También se confeccionó otro grupo de tamaños cada 10 cm (G1= $\leq 40-50$; G2=51-60; G3=61-70; G4= 71-80 y G5= $81 \geq 90$) para la VIII Región, ya que presentó mayor cobertura de tallas de jibia en los muestreos de 2014.

Para el análisis temporal y espacial de la dieta, la información fue separada trimestralmente (I=verano, II=otoño, III=invierno, IV=primavera) y por zonas (norte en la IV Región y centro-sur en la VIII Región). Esta separación temporal se justifica de acuerdo a Pennington *et al.* (1982), quienes reconocieron que el peso del contenido estomacal del cod (*Gadus macrocephalus*) del Océano Atlántico Noroccidental presenta al trimestre como la principal fuente de variación.

Para la comparación entre los distintos grupos de tallas de *D. gigas* se realiza un Análisis de Conglomerado para visualizar la posible existencia de unidades ontogenéticas tróficas.

4.3.2.4. Consumo (Q), ración diaria de alimento (RD) y tasa de evacuación gástrica (E) en *D. gigas*

La ración diaria, que corresponde a la cantidad de alimento consumido por un individuo en 24 horas, es un parámetro básico en el estudio de la trofodinámica de animales carnívoros ecosistemas (Hamerlynck *et al.*, 1993). Con el desarrollo de modelos multiespecíficos de evaluación de stock, este parámetro ha adquirido importancia en el campo de la ecología

aplicada (Sissenwine & Daan, 1991). Las estimaciones cuantitativas del consumo diario y de la tasa de evacuación gástrica, así como la composición de la alimentación, son necesarios en el desarrollo de modelos de evaluación multiespecíficos en especies marinas explotadas comercialmente (Huebner & Langton, 1982).

Se ha desarrollado varios métodos para el cálculo de la ración diaria de alimento en especies marinas, los que, aun cuando en sus orígenes fueron diseñados para peces, también han sido aplicados a otros tipos de animales tales como cefalópodos (Cubillos *et al.*, 2004). Uno de los más ampliamente usados se basa en la estimación de la tasa instantánea de evacuación gástrica, esto es, en el cambio que ocurre en el peso del contenido estomacal respecto al tiempo, y del tiempo de digestión (Elliott & Persson, 1978; Jarre *et al.*, 1991). En este método se puede utilizar datos de campo o también datos experimentales con animales en cautiverio, y es válido sólo para peces carnívoros que se alimentan de una sola vez (Macpherson, 1985; Arancibia, 1989).

En estudios donde las mediciones directas del alimento consumido por animales marinos tal como cefalópodos son impracticables, porque los individuos no aceptan voluntariamente alimento después de varios días y luego mueren, entonces la tasa de evacuación gástrica combinada con datos del contenido estomacal campo (muestreos de campo) puede ser usada para determinar la tasa de consumo de alimento (Elliott & Persson, 1978; He & Wurtsbaugh, 1993). Nosotros hemos tomado los modelos más ampliamente usados para peces marinos en ausencia de modelos más convincentes y probados para cefalópodos grandes, como jibia.

Una de las primeras aproximaciones para el cálculo de la ración diaria de alimento (R) fue propuesta por Bajkov (1935), y posteriormente presentada por Eggers (1977), donde este parámetro puede ser calculado multiplicando el peso promedio del contenido estomacal durante un período de tiempo (en este caso 24 horas) con una tasa constante de evacuación gástrica, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$R = 24E\bar{S}$$

donde: E es la tasa de evacuación gástrica; \bar{S} es el peso promedio del contenido estomacal (en peso o porcentaje del peso corporal del predador) durante un período de 24 horas.

Para calcular la tasa de evacuación gástrica (E) se considera los supuestos del método de Sainsbury (1986), según el cual el proceso de alimentación corresponde a un ciclo de 24 horas compuesto de dos fases, a saber: a) una fase de alimentación, durante la cual ocurre la ingesta de alimento a una tasa constante mientras una fracción del contenido estomacal está simultáneamente siendo evacuada; y, b) una fase de no alimentación, durante la cual solamente ocurre la evacuación del alimento.

La duración de la fase de alimentación en horas es representada por T_f , y el complemento de 24 horas representa la fase de no alimentación. De acuerdo a este modelo, al final del periodo de alimentación ocurre el máximo contenido estomacal (S_0), a partir del cual -y durante la fase de no alimentación- comienza a ser evacuado exponencialmente hasta quedar un contenido estomacal residual (S_r), justo cuando se inicia una nueva fase de alimentación. La expresión analítica de este modelo es la siguiente:

$$S_r = S_0 e^{(-E(24-T_f))}$$

Para el cálculo de S_0 y S_r se utiliza la distribución de frecuencia del contenido estomacal, considerando el percentil de 10% para obtener S_r y el percentil de 90% para obtener S_0 (Cubillos et al., 2004). La tasa de ingestión en la fase de alimentación ha sido determinada en 1,32% del peso corporal de jibia por hora y la ración diaria fue determinada en 13,14% del peso corporal (periodo de alimentación de 9,95 horas), por lo que se asume que la fase de alimentación es 10 horas ($T_f = 10$ h), lo que, entonces, permite estimar E de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E = -1 / 24 - T_f * \ln S_r / S_0$$

Elliott (1972) propuso que la tasa de evacuación gástrica (E) se relaciona con la temperatura (t), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E = a e^{bt}$$

Uno de los inconvenientes de esta aproximación es que, a diferencia de lo que sucede en peces, no existe una relación específica o generalizada en cefalópodos, por lo que los

parámetros a y b son desconocidos. Sin embargo, tal como lo señalan Rodhouse & Nigmatullin (1996), algunos autores han asumido que la relación entre la tasa de evacuación gástrica y la temperatura es la misma que en peces, de tal manera que han utilizado la siguiente expresión:

$$E = 0,1818e^{0,747t}$$

donde: (t) es la temperatura del hábitat ($^{\circ}\text{C}$). Luego, con esta se determina la tasa instantánea de evacuación gástrica.

Una vez calculados la tasa de evacuación gástrica y la ración diaria de alimento, entonces el consumo poblacional puede ser determinado, por ejemplo, sobre una base de tiempo trimestral, lo que está condicionado a la variación temporal del contenido estomacal. Según la expresión propuesta por Livingston *et al.* (1986), modificada por Mehl & Westwård (1983) y usada por Arancibia (1989, 1991), quienes trabajaron con varias especies de peces del Mar de Bering y con la caballa del Atlántico del Norte (*Scomber scombrus*), respectivamente, el consumo poblacional (Q) puede ser calculado con la siguiente expresión:

$$Q_{ijk} = RD_{ij} \times D_i \times B_{ij} \times P_{ijk}$$

donde: Q_{ijk} es el consumo de la presa k por el grupo de edad j (o tamaño) del predador en la estación i ; RD_{ij} es el peso consumido diariamente por el grupo de edad j (o tamaño) del predador en la estación i ; D_i es el número de días en la estación i ; B_{ij} es la biomasa del grupo de edad j (o tamaño) del predador en la estación i ; P_{ijk} es la proporción en peso de la presa k consumida por el grupo de edad j (o tamaño) del predador en la estación i . Esta expresión se utilizó en este proyecto.

Posteriormente, el consumo anual (B_{ajo}) se obtiene como la sumatoria de los consumos trimestrales, según:

$$Q_{ajk} = \sum Q_{ijk}$$

donde: Q_{ajk} es el consumo de la presa k por el grupo de edad j (o tamaño) del predador en el año a . Esta expresión también se utilizó en el presente proyecto.

4.3.2.5. Métodos energéticos

Los modelos bioenergéticos requieren de muestreo menos intensivo de estómagos desde el ambiente, aun cuando se necesita mayor cantidad de datos del tamaño del predador y de la temperatura del hábitat, variables directamente relacionadas con el metabolismo. Para evaluar la aplicabilidad de modelos energéticos en la cuantificación de la cantidad de alimento consumido por *D. gigas* se utiliza dos modelos bioenergéticos, de acuerdo con la revisión realizada por Rodhouse & Nigmatullin (1996), cuyas expresiones analíticas son:

$$RD = 0,058M^{0,79} * 1,082^T \quad (\text{Modelo 1})$$

y

$$RD = 0,0683 + 0,0474M \quad (\text{Modelo 2})$$

donde: M es la masa del cuerpo (g); T es la temperatura (°C). Consecuentemente, se selecciona como mejor RD aquella que arroje los resultados más consistentes en términos de menor variabilidad inter-estacional, esto es, la que posea el menor coeficiente de variación (CV), que la razón entre la desviación estándar de RD y el promedio de RD.

4.3.3. Resultados

4.3.3.1. Análisis del contenido estomacal de jibias desembarcadas en Coquimbo (IV Región)

De las capturas de la IV Región de Coquimbo se analizó 234 estómagos de *D. gigas* (43,6% presentaron algún tipo de alimento) (Tabla 3.1). Todos los ejemplares de jibia fueron capturados con poteras de la flota artesanal (botes). No fue posible obtener una muestra total mayor porque parte la pesca de jibia llega eviscerada a puerto y posteriormente a las plantas de proceso en la misma condición. Además, no es factible muestrear a bordo de botes debido a la nula posibilidad de disponer de plataforma (superficie) de trabajo a bordo.

Se observa mayor incidencia eufásidos sobre el resto de otras presas, incluido el canibalismo (Tabla 3.4). Para la muestra total se observa mayor porcentaje de estómagos vacíos (46 a 70%) y digestión entre 60 y 80 % (Figs. 3.1 y 3.2).

Tabla 3.4. Frecuencia (%F), número (%N), peso (%P) e índice de importancia relativa (IIR) de presas en estómagos de jibia. Período: mayo, junio, agosto y septiembre de 2014. Zona norte (n = 234 estómagos).

Ítem presa	%F	% N	%P	IIR
Teleostei				
<i>Lampanyctus</i> sp.	6,86	1,77	0,04	0,76
<i>Diaphus</i> sp.	5,88	2,74	0,00	1,00
Teleostei indeterminado	6,86	1,45	1,29	0,70
<i>Merluccius gayi</i>	0,98	0,16	2,23	0,15
<i>Engraulis ringens</i>	1,96	0,32	0,00	0,04
<i>Trachurus myuphyi</i> (juveniles)	7,84	3,06	8,14	1,99
<i>Argyropelecus</i> sp.	1,96	0,32	0,00	0,04
Crustacea				
Euphausiacea	17,65	78,74	15,64	87,22
Copepoda	0,98	0,48	0,00	0,03
Stomatopoda juvenil	1,96	0,32	0,00	0,04
Larva megalopa	0,98	0,16	0,00	0,01
<i>Pleuroncodes monodon</i>	1,96	0,48	2,24	0,20
Crustacea indeterminados	0,98	0,32	0,58	0,06
Mollusca				
<i>Dosidicus gigas</i>	18,63	4,51	51,90	8,19
<i>Todarodes filippovae</i>	3,92	5,15	1,10	1,32
Indeterminado	0,00	0,00	16,83	1,04
Suma		100	100	
Total en número		621	3203,8	

No se encontró estómagos en estado de digestión 1, esto es, alimento fresco o recién ingerido. Los estómagos con contenido estomacal digerido se encuentran entre 0 y 30%; y aquellos con alimento totalmente digerido entre 0 y 80% (Fig. 3.3).

Se encontró diferencias significativas tanto en el llenado de los estómagos ($\chi^2 = 278,9$; g. de l. = 12; $p < 0,0001$) como en su grado de digestión ($\chi^2 = 269,8$; g. de l. = 12; $p < 0,0001$). El índice de llenado en peso (FWI) no presenta diferencias significativas en los 4 meses ($F = 3,569$; g. de l. = 3,981; $p = 0,1322$) y no se visualiza ningún patrón, tendiendo a ser relativamente estable entre meses por la poca cantidad de alimento encontrado (Fig. 3.4).

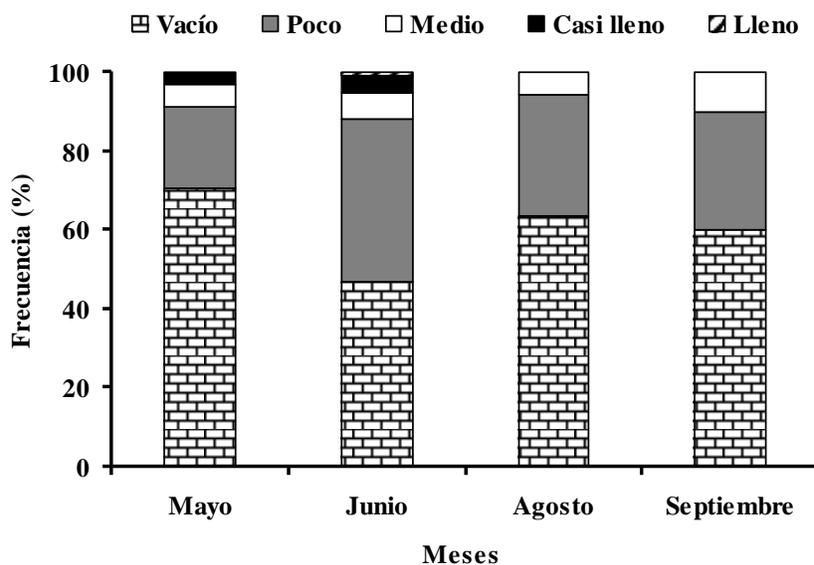


Figura 3.1. Estado de llenado de estómagos de jibia por mes en la zona norte; n=234.

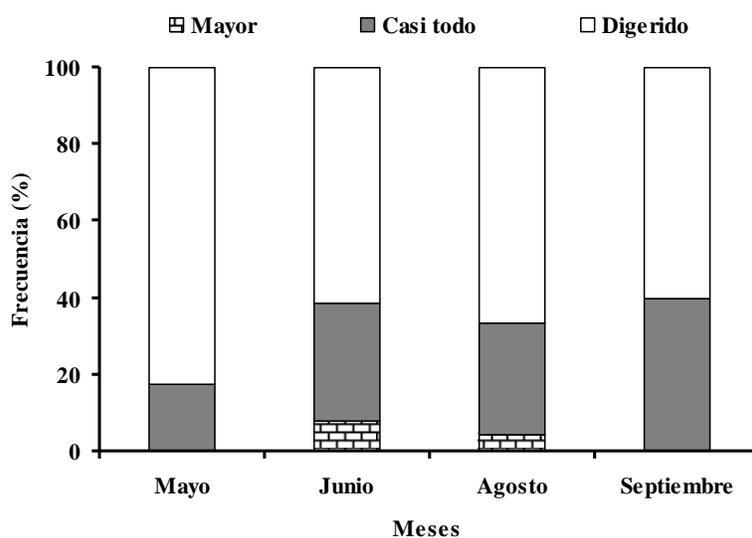


Figura 3.2. Estado de digestión del contenido estomacal de jibia por mes en la zona norte; n =234.

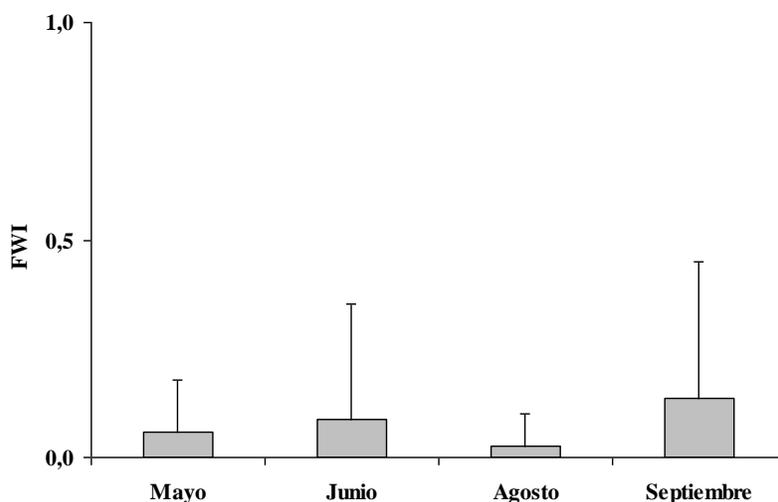


Figura 3.3. Índice de llenado en peso de estómagos de jibia para la zona norte; n=234 (barras verticales – desviación estándar).

4.3.3.2. Análisis del contenido estomacal de jibias en la zona centro-sur (VIII Región)

Para el estado de llenado se analizó 1.321 estómagos de jibia de las capturas de la flota industrial de la VIII Región, recopilados de enero a octubre de 2014. De total, 79% de los estómagos presentaron contenido estomacal identificable. Los estómagos vacíos ocurren en el rango 9,5% a 37,7%, mientras que los estómagos llenos ocurren en un rango bajo desde 0% hasta 2,6% (Tabla 3.4; Fig. 3.5).

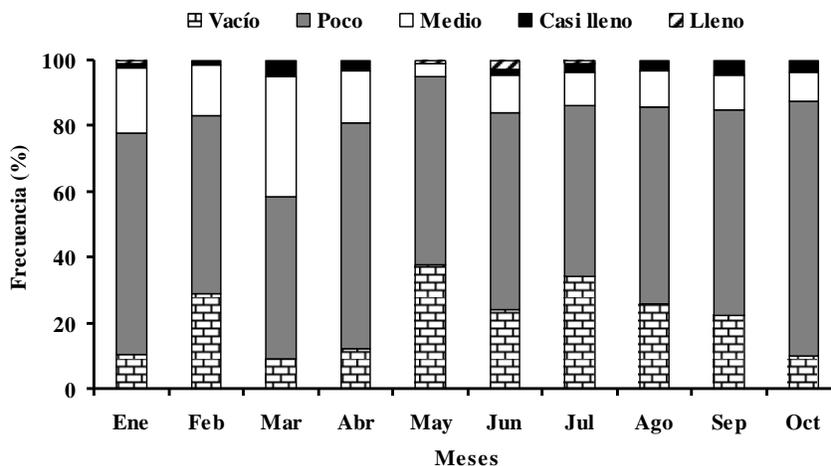


Figura 3.4. Estado de llenado de estómagos de jibia por mes en la zona centro-sur; n=1.237.

Al igual que en la IV Región, no se encontró estómagos en estado de digestión 1 (alimento fresco o recién ingerido) en la VIII Región. Los estómagos con contenido estomacal digerido se encuentran entre 0 y 60 %; y aquellos con alimento totalmente digerido entre 0 y 30% (Tabla 3.6; Fig. 3.5). Se encontró diferencias significativas tanto en el llenado de los estómagos ($\chi^2 = 227,83$; g. de l. = 12; $p < 0,0001$) como en su grado de digestión ($\chi^2 = 236$; g. de l. = 12; $p < 0,0001$). El índice de llenado en peso (FWI) presentó diferencias significativas en la variable mes ($F=12,31$; g. de l. = 12,58; $p=0,004$), con algunos meses con FWI más alto, como enero-julio (Fig. 3.6).

Tabla 3.5. Índice de llenado (porcentaje) de estómagos de jibia por mes en la zona centro-sur (n = 1.237).

Mes	Vacío	Poco	Medio	Casi lleno	Lleno
Enero	10,6	67,6	19,7	1,4	0,7
Febrero	29,2	53,8	15,4	1,5	0,0
Marzo	9,5	49,3	36,3	5,0	0,0
Abril	12,3	68,5	16,0	3,1	0,0
Mayo	37,7	57,6	4,0	0,0	0,7
Junio	24,3	60,0	11,3	1,7	2,6
Julio	34,5	51,8	10,0	2,7	0,9
Agosto	26,0	59,8	11,0	3,1	0,0
Septiembre	22,3	62,6	10,8	4,3	0,0
Octubre	16,5	73,4	7,3	2,8	0,0

Tabla 3.6. Índice de digestión (porcentaje) en estómagos de jibia por mes e la zona centro sur (n = 1.237).

Mes	Leve	Medio	Mayor	Casi todo	Digerido
Enero	0,0	2,1	44,4	37,3	16,2
Febrero	0,0	0,0	41,5	23,1	35,4
Marzo	1,0	0,5	67,7	18,9	11,9
Abril	0,0	0,0	57,4	30,2	12,3
Mayo	0,0	0,7	26,5	35,1	37,7
Junio	0,0	0,0	3,5	72,2	24,3
Julio	0,0	0,0	14,5	50,9	34,5
Agosto	0,0	3,9	15,0	55,1	26,0
Septiembre	0,0	0,0	18,0	59,7	22,3
Octubre	0,0	0,9	22,9	59,6	16,5

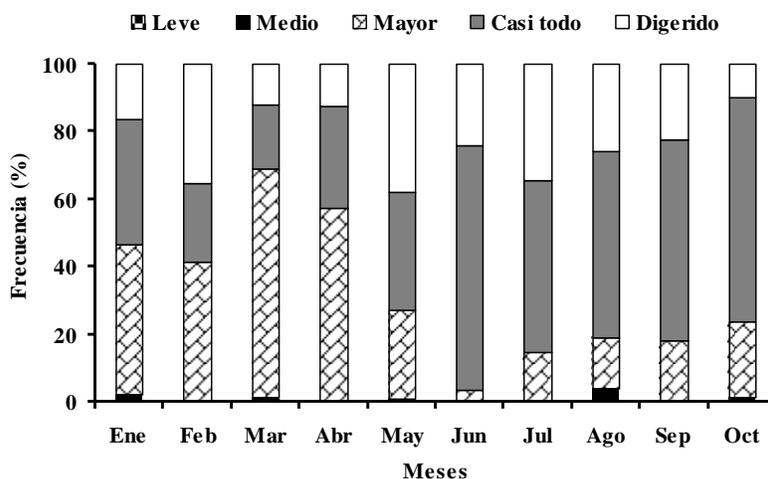


Figura 3.5. Estado de digestión del contenido estomacal de jibia por mes en la zona centro-sur; n =1237.

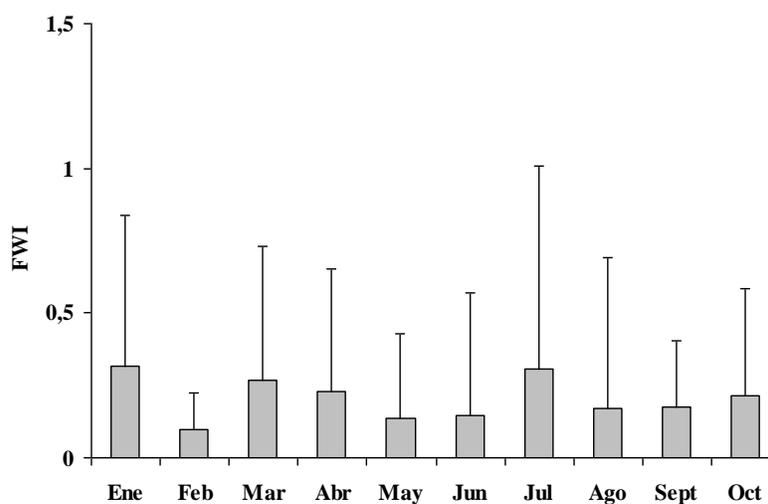


Figura 3.6. Índice de llenado en peso de los estómagos de jibia para la zona centro-sur; n = 1.237 (barras verticales desviación estándar).

El espectro trófico de jibia en la zona centro-sur estuvo conformado por 10 especies de peces y otras especies no identificadas de Teleostei, incluyendo Myctophidae, más tres especies de cefalópodos (*Todarodes filippovae*, *Dosidicus gigas* y *Gonatus antarcticus*) y varios taxa de crustáceos (*Hyperidae*, *Gammaridae*, Euphausiacea y Decapoda). En los peces dominan los mictófidos (*Diaphus sp.* y *Lampanyctus sp.*), algo de sardina común (*Strangomera bentincki*) y merluza común (*Merluccius gayi*), mientras que en los crustáceos dominan euphausíidos (Euphausiacea) y canibalismo en *D. gigas* (Tabla 3.7).

Todas las muestras de la zona centro sur provienen de la pesca de arrastre de media agua cuya especie objetivo es jibia. Al comparar la frecuencia de presas en peso de jibia en tres categorías (peces, cefalópodos y crustáceos) y entre meses se tiene que la frecuencia de presas es altamente dependiente de la época de estudio ($\chi^2 = 46,85$ g. de l. = 20; $p = 0,006$), siendo el canibalismo muy frecuente en todos los meses, aumentando los peces en algunos meses (marzo a julio) y los crustáceos en otros (Fig. 3.7). La diversidad de presas en la dieta de *D. gigas* de la zona centro-sur muestra una tendencia a la estacionalidad en marzo y julio (Fig. 3.8), particularmente cuando consumen más peces que calamares. La dominancia sigue el patrón inverso que la diversidad.

Tabla 3.7. Frecuencia (%F), número (%N), peso (%P) e índice de importancia relativa (IIR) de presas en los estómagos de jibia. Periodo: enero-octubre 2014 en la zona centro-sur de Chile; n = 1.321.

	Ítem presa	%F	% N	%P	%IIR
Teleostei	<i>Vinciguerria lucetia</i>	1,26	1,03	0,07	0,24
	Mictophidae	1,94	0,96	0,27	0,37
	<i>Notoscopelus</i> sp	0,39	0,21	0,04	0,02
	<i>Lampanyctus</i> sp	5,72	13,72	0,60	13,67
	<i>Lampadena</i> sp	0,10	0,05	0,00	0,00
	<i>Diaphus</i> sp	6,69	27,64	1,00	32,15
	Teleostei	0,78	0,47	9,16	1,65
	<i>Coelorhynchus</i> sp	0,10	0,05	0,00	0,00
	<i>Merluccius gayi</i>	2,03	2,74	1,26	1,18
	<i>Engraulis ringens</i>	0,29	0,07	0,00	0,00
	<i>Strangomera bentincki</i>	2,52	4,03	2,68	2,22
Crustacea	<i>Normanichthys crockeri</i>	0,68	0,23	0,00	0,03
	Euphausiacea	6,88	18,64	2,49	22,62
	Larva <i>Mysis</i>	3,59	14,70	0,01	9,12
	Huevos crustáceos	0,97	11,82	0,00	1,98
	Hyperidea	1,07	0,33	0,00	0,06
	Gammaridea	0,19	0,09	0,00	0,00
	Stomatopoda juvenil	0,39	0,40	0,06	0,04
	Decapoda	0,87	2,18	0,94	0,49
Mollusca	Crustacea	0,10	0,02	18,62	3,22
	<i>Dosidicus gigas</i>	1,07	0,59	61,46	10,74
	<i>Todarodes filiippovae</i>	0,10	0,02	1,23	0,21
	<i>Gonatus antarticus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
	Indeterminado	0,00	0,00	0,11	0,02
	Suma		100	100	100
	Total en número		4265	40256,38	

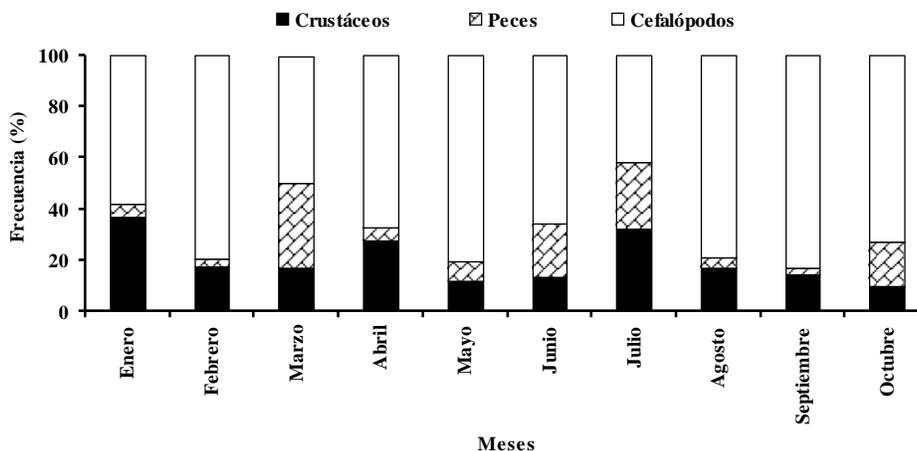


Figura 3.7. Frecuencia porcentual del peso del contenido estomacal en cefalópodos, peces y crustáceos en *D. gigas*. Período: enero-octubre 2014 en la zona centro sur.

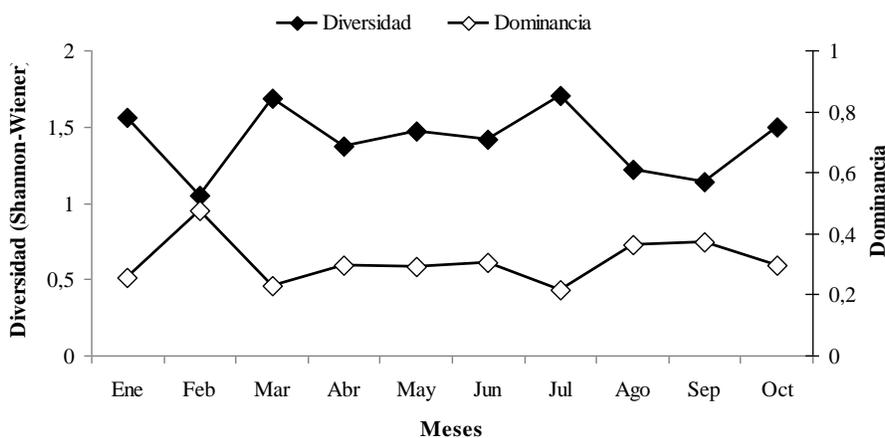


Figura 3.8. Diversidad y dominancia en la dieta de *D. gigas* en 2014 en la zona centro-sur.

La comparación de la frecuencia de presas de jibia en tres categorías (peces, cefalópodos y crustáceos), entre zonas (IV y VIII Regiones), revela que la presencia de presas en el contenido estomacal es altamente dependiente de la zona muestreo ($\chi^2 = 236,5$; g. de l. = 2; $p < 0,001$), siendo muy importantes los peces en la zona centro-sur, aunque el canibalismo en la zona norte (Fig. 3.9).

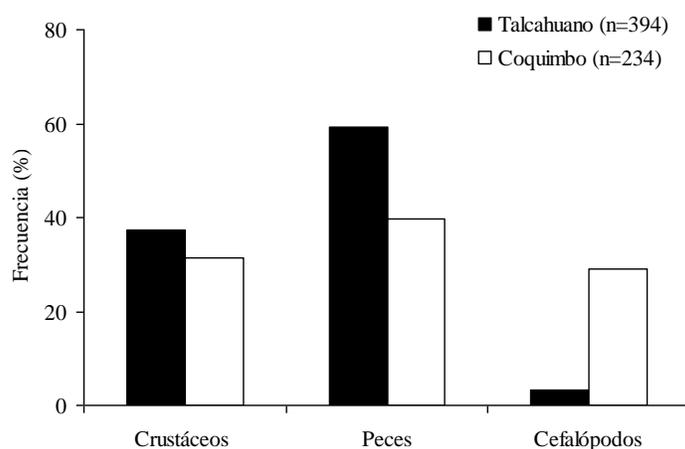


Figura 3.9. Frecuencia de ocurrencia de tres categorías de presas en la dieta de *D. gigas* en las Regiones IV y VIII.

4.3.3.3. Composición de la dieta de jibia por tamaño y zona (IV y VIII Regiones)

El espectro trófico de jibia para el periodo y zonas de estudio exhibe en total 25 taxa de presa. El análisis por zona revela que en el sector centro-sur del área de estudio el espectro de presas fue levemente superior (15 presas) que en el área norte (13 presas). En la zona norte la principal presa es la propia jibia y eufáusidos (Tabla 3.8). En el sector centro-sur los peces son los más importantes, destacando mictófididos y jibia (Tabla 3.9). La importancia relativa de presas (IIR) revela que en la IV Región la presa más importante es eufáusidos (IIR=8,6), seguido de calamares (IIR=22), destacando la propia jibia (IIR= 9). Para este caso el canibalismo ocurre en todo el espectro de tallas, siendo más frecuente en los ejemplares más grandes del predador (>80 cm LDM). En la VIII Región la importancia en la dieta de jibia se debe a peces linterna (IIR=32,3), jibia (IIR=30,7) y eufáusidos (IIR=11,8).

Los eufáusidos presentan altos valores de IIR por trimestre y tamaño, aunque solo en jibias de tamaños menores e intermedios (<70 y 75-80 cm de LDM), y en ambas temporadas (otoño-invierno y primavera-verano). La jibia como tal aparece en todo el periodo y el IIR

total es 16,2; otros ítems presa destacables son los peces linterna *Diaphus* (IIR=11,2) y *Lampanyctus* (IIR = 20,5). Los peces recursos pesqueros merluza común, anchoveta y sardina común son marginales en la dieta de jibia. En tallas <70 cm LDM de jibia, ésta preda sobre un amplio espectro de presas, no así en tallas >75 cm LDM donde su preferencia es claramente ictiófaga (peces). Para la IV Región el análisis de IIR de jibia por presas por sexo, trimestre y zona se presenta asociado mayormente a eufáusidos en ambos sexos (Tabla 3.10). Para la VIII Región el IIR presenta variaciones estacionales (Tabla 3.11), probablemente dependiendo de la disponibilidad de presas. Los peces linterna (*Diaphus* sp. y/o *Lampanyctus* sp.) son principalmente importantes en el 2°, 3er y 4° trimestre, y los eufáusidos lo son en casi todo el año, excepto en el 2° trimestre; peces recursos pesqueros como merluza común, anchoveta y sardina común presentan escasa importancia en la dieta de jibia en la VIII Región.

Tabla 3.8. Índice de importancia relativa (IIR) por grupo de tamaño y trimestre para la IV región.

LDM	< 70		70-75		75-80		80-85		> 85	
	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
Euphausiidae	95,61		39,09		97,85		80,75	2,13	86,73	8,05
Copepoda	2,53				0,00					
Stomatopoda			0,89						0,20	
Megalopa (larvas)									0,20	
<i>P. monodon</i>								24,75		1,15
<i>Lampanyctus</i>					0,15		2,52		0,80	2,30
<i>Diaphus</i>							0,14	12,05		48,24
Restos de peces							3,08	12,09	1,19	
<i>Merluccius gayi</i>										1,85
<i>Engraulis ringens</i>					0,15				0,20	
<i>T. murphyi</i> juv.			2,66				4,76		6,15	
Pez hacha	0,84				0,15					
Restos crustáceos							0,03	0,03	0,01	2,37
Restos calamares juv.							0,15		0,28	
<i>Dosidicus gigas</i>	1,01		3,69		1,14		5,47	48,95	3,40	35,87
<i>Gonatus</i> sp									0,20	
<i>Todarodes pacificus</i>			53,60				0,14		0,20	
Indeterminado			0,07		0,55		2,97		0,45	0,18

Tabla 3.9. Índice de importancia relativa (IIR) por grupo de tamaño y trimestre para la VIII Región.

Grupo de LDM	< 70				70-75				75-80				80-85				> 85				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Eupahusidae	31,51				29,04				0,53	44,60	17,26	13,13 0,53 21,25				20,36					
Larva Mysis	6,48	12,16			0,01				0,05				0,05								
Huevos crustáceos	52,06				2,48																
Hyperidae	0,36	1,25		0,083	0,07	0,01			0,02				0,02								
Gammaridae	0,05	2,03																			
Stomatopoda									0,19	6,86			0,19				0,10				
Decapoda	10,59				0,49	0,15			2,71	3,43			2,71								
<i>Vinciguerria</i>	0,06	0,131			0,14	0,01			0,54	20,58			0,54								
Mictophidae	0,27			0,716	2,60				0,00				0,00		0,79						
<i>Notoscopelus</i>			2,50	1,309																	
<i>Lampanyctus</i>	50,67		47,50	79,104	0,32				0,11				0,11		66,17		8,33		56,05		
<i>Lampadena</i>					0,02																
<i>Diaphus</i>	0,14	18,32	33,75	6,235	19,03	28,15			12,66				12,66		7,98		10,83		19,31		
Restos de peces	0,21	0,03	0,290		1,25	15,62			2,03				4,90	2,03	0,51		17,14		0,44		

Continuación Tabla 3.9

Grupo de LDM	< 70				70-75				75-80				80-85				> 85				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
<i>Merluccius gayi</i>	2,78		6,25		2,86	0,01					17,36			4,38		1,07				5,83	
<i>Engraulis ringens</i>	0,04				0,14																
<i>S. bentincki</i>	0,75				29,25					0,06			52,52	0,06							
<i>N. crockeri</i>					0,32					0,00			0,89	0,00							
Restos de crustáceos	2,59	1,12	1,25	2,236	2,75	14,77	0,38			19,37	0,73		13,13	19,37	0,62					0,96	
<i>Dosidicus gigas</i>	2,70	5,08	7,50	9,89	9,13	41,26	99,61			54,78	6,45	82,74	11,05	54,78	1,60					57,75	2,88
<i>Todarodes sp.</i>		0,01			0,14					6,928				6,93							

Tabla 3.10. Índice de importancia relativa %IIR por trimestre (Trim) y sexo (M= machos; H= Hembras) de la IV Región.

Presas	II Trim		III Trim	
	M	H	M	H
Euphausiidae	93,30	89,96	67,97	1,56
Copepoda		0,18		
Stomatopoda	0,27			
Megalopa (larva)	0,07			
<i>P. monodon</i>			19,45	1,32
<i>Lampanyctus</i>	0,70	0,49		1,73
<i>Diaphus</i>	0,07		9,71	51,83
Restos de peces	0,43	0,70	0,05	0,86
<i>Merluccius gayi</i>				1,34
<i>Engraulis ringens</i>	0,07	0,03		
<i>Trachurus murphyi juv.</i>	2,96	1,80		
Pez hacha		0,12		
Restos de Crustacea		0,02	0,01	1,79
Calamar juv.		0,17	2,80	
<i>Dosidicus gigas</i>	1,21	3,41	0,00	39,44
<i>Todarodes</i>	0,93	2,94		
Indeterminado		1,04		0,12

Tabla 3.11. Índice de importancia relativa (%IIR) por trimestre (Trim) y sexo (M= machos; H= Hembras) para la VIII Región.

Presas	I Trim		II Trim		III Trim		IV Trim	
	M	H	M	H	M	H	M	H
Euphausiidae	8,77	36,76	0,41	2,94	40,63	30,65	40,63	96,07
Larva <i>Mysis</i>	56,52	23,23	0,24	0,23				
Huevos crustáceos	9,54	17,42						
Anfipoda		0,28	0,30	0,01	0,04		0,04	0,04
Isopoda	0,00	0,04		0,01				
Stomatopoda	0,02		0,57	0,01	0,08		0,08	
Decapoda	0,11	0,13	2,39	1,87	0,04		0,04	
<i>Vinciguerria</i>		1,16	0,36	0,54		0,37		0,05
Mictophidae	0,76	1,08	0,48			0,06		0,01
<i>Notoscopelus</i>						0,25		0,62
<i>Lampanyctus</i>		0,12	8,65	0,57	48,06	24,22	48,06	1,06
<i>Lampadena</i>			0,04					
<i>Diaphus</i>	1,96	3,02	80,06	89,35	7,73	38,85	7,73	0,17
Restos de peces	2,10	0,38	0,40	1,08	0,02	0,31	0,02	0,28
Pejerrata					0,08		0,08	
<i>Merluccius gayi</i>	4,54	1,58	0,02	0,23	0,21	1,89	0,21	
<i>Engraulis ringens</i>	0,04	0,03						
<i>S. bentincki</i>	12,01	7,49	0,32					
<i>N. crockeri</i>	0,06	0,33	0,02					
Restos de crustáceos	1,26	1,45	1,70	0,43	1,43	0,25	1,43	0,16
Calamar juv.		3,66				0,00		
<i>Dosidicus gigas</i>	2,25	1,85	4,04	2,53	1,69	3,14	1,69	1,55
<i>Todarodes</i>				0,21				
Indeterminados	0,06							

La similitud en la dieta de la jibia, realizado para evaluar agrupaciones entre regiones, trimestres y grupos de tamaño, revela la existencia de una agrupación mayor asociada al trimestre y la talla de jibia, con una asociación menor debido a la zona geográfica de pesca (Fig. 3.10).

Las asociaciones del contenido estomacal de jibia, sin considerar el grupo de tamaño del predador e incluyendo solo el sexo, muestra que existe una asociación mayormente debido a la zona, más que al trimestre y sexo. (Fig. 3.11). Al evaluar agrupaciones solo entre grupos de tamaño de jibia para la VIII Región se observa que los grupos ≤ 50 cm LDM predan principalmente crustáceos; las tallas intermedias de jibia (G2-G3) predan mictófidis y calamares; y las tallas grandes de jibia (>70 cm LDM) predan calamares (jibia) y peces, probablemente mictófidis (Fig. 3.12).

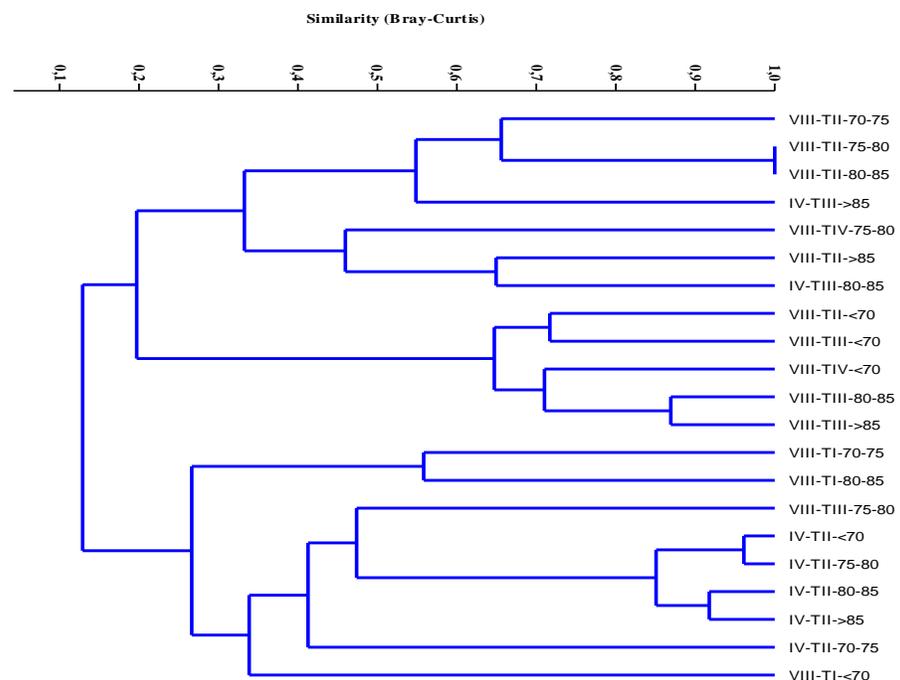


Figura 3.10. Dendrograma de similitud de Bray-Curtis confeccionado con IIR%. El rótulo indica Región-Trimestre-Grupo de Tamaño.

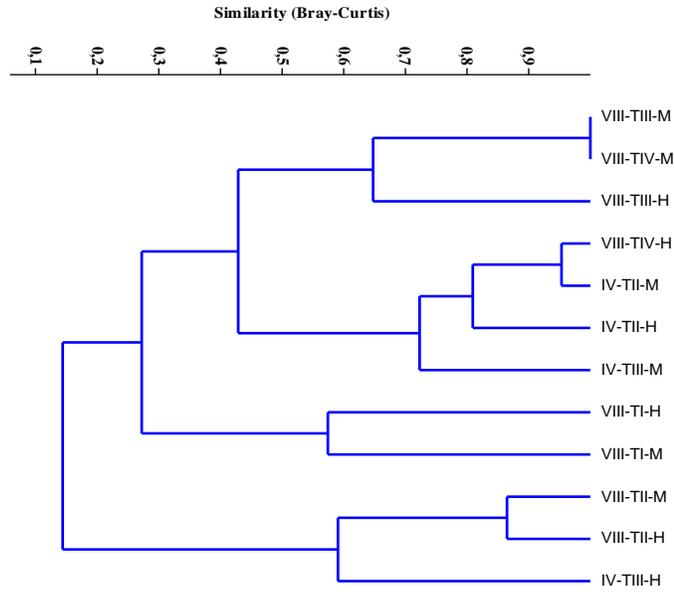


Figura 3.11. Dendrograma de similitud de Bray-Curtis confeccionado con IIR%. El rótulo indica Región-Trimestre-Sexo.

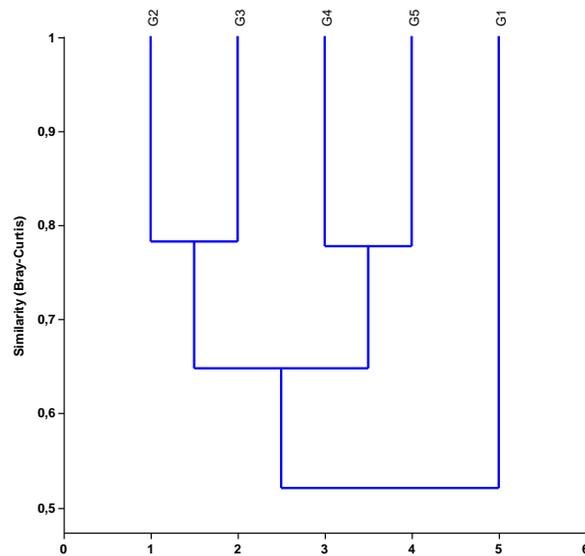


Figura 3.12. Dendrograma de similitud de Bray-Curtis confeccionado con porcentaje en peso. El rótulo indica “Grupos” de tamaño de LDM para la VIII Región (G1= $\leq 40-50$; G2= 51-60; G3=61-70; G4 =71-80 y G5 ≥ 81).

4.3.3.4. Consumo (Q), ración diaria de alimento (RD) y tasa de evacuación gástrica (E) en jibia

Las estimaciones de la tasa de evacuación gástrica (E) individual de jibia revelan valores similares en la IV Región (rango: 0,28-0,32 h⁻¹) y VIII Región (rango: 0,20-0,31 h⁻¹) (Tabla 3.12). En general, el peso promedio del contenido estomacal (S) de jibia es levemente superior en la IV Región, con la excepción del primer trimestre en la VIII Región, lo que trae como consecuencia que Q/B también lo sea en esta última.

Los valores de Q/B fueron calculados por trimestre debido a la baja cantidad de muestras en la IV Región y a la cobertura temporal. El consumo de alimento anual por jibia, considerando todo el espectro de tamaños, es 1,90 para la VIII Región y 0,83 para la IV Región. Esta diferencia en los valores de Q/B entre regiones se explica porque en los estómagos de jibia colectados (ver Tabla 3.12) en la IV Región, la fracción con contenido estomacal fue siempre baja (<50%) que los colectados en la VIII Región (fracción con contenido estomacal: 80%), y también al bajo muestreo en el resto de los meses debido a la escasa disponibilidad de ejemplares desembarcados con vísceras. Además, los pesos del contenido estomacal individual y promedio en ambas regiones fueron muy bajos debido a que una parte significativa de estómagos se presentaron vacíos o con contenido estomacal muy digerido, influyendo luego directamente en la estimación de la ración diaria de alimento (RD) y en la razón consumo a biomasa (Q/B).

Tabla 3.12. Peso promedio de jibia, tasa de evacuación gástrica, peso promedio del contenido estomacal, ración diaria de alimento y consumo total para la zona centro sur y norte (IV trimestre = octubre).

Definición, símbolos y unidades	IV Región		VIII Región			
	II Trim	III Trim	I Trim	II Trim	III Trim	IV Trim
Peso promedio del predador (g)	18352	21283	14036	14346	10426	6489
Contenido estomacal residual, Sr (g)	2,08	1,15	4,801	1,089	1,24	1,67
Contenido estomacal máximo, So (g)	105,01	101,55	90,234	87,84	80,46	31,2
Tasa de evacuación gástrica, E (h ⁻¹)	0,280	0,320	0,210	0,314	0,298	0,209
Peso promedio contenido estomacal, S (g)	14,779	10,807	20,81	9,78	9,78	7,22
Ración diaria, RD (g×d ⁻¹)	99,4	83,0	104,7	73,6	70,0	36,2
Razón diaria / peso predador, RD (%)	0,54	0,39	0,75	0,51	0,67	0,56
Razón consumo-biomasa (Q/B)	0,487	0,351	0,671	0,462	0,604	0,167

En cuanto a la fracción en peso de las presas de jibia, ésta tiende a no ser concordante con el IIR de jibia, siendo importante el canibalismo en todos los tamaños de jibia, además de peces y crustáceos, incluidos los eufáusidos (Tabla 3.13).

Tabla 3.13. Fracción en peso de presas en estómagos de jibia para ambas zonas de estudio.

Presas (% en peso)	IV Región		VIII Región			
	II Trim	III Trim	I Trim	II Trim	III Trim	IV Trim
Euphausiidae	12,00	23,70	4,32	1,87	0,42	1,46
Larva Mysis			0,00	0,02		
Anfípoda			0,00	0,00	0,00	0,00
Stomatopoda			0,04	0,13		
Decápoda			1,57	0,97		
<i>Vinciguerria</i>			0,02	0,17		0,18
Mictophidae			0,38		0,03	2,67
<i>Lampadena</i>	0,06		0,00	0,01	2,13	2,20
<i>Diaphus</i>			0,40	0,68	2,43	1,11
Restos de peces	1,67	0,46	12,72	8,30	4,01	10,50
<i>Merluccius gayi</i>		7,18	0,40		4,68	
<i>S. bentincki</i>			6,73			
Restos de Crustacea	0,28	1,24	18,46	17,20	22,54	8,35
<i>Dosidicus gigas</i>	48,99	58,36	54,69	66,90	64,09	72,95
Indeterminado	23,59	1,85	0,28			
<i>Todarodes</i>	1,59			3,76		
<i>Notoscopelus</i>					0,07	0,57
<i>T. murphyi</i> juv.	11,82					
<i>P. monodon</i>		7,21				

En la zona norte el consumo de alimento, estimado mediante métodos indirectos, muestra que el aporte mayoritario es debido al canibalismo ($Q/B = 0,55$) y eufáusidos ($Q/B = 0,17$), seguido de otros peces (Tabla 3.14). En la zona centro-sur el aporte mayoritario al consumo también es el canibalismo ($Q/B=1,20$), peces y crustáceos, entre otros. Comparativamente con resultados del proyecto FIP 2005-38, estos valores fluctuaron entre 0,10-0,35 para la misma zona y período (Arancibia *et al.*, 2007).

El consumo anual de la jibia en la IV Región es más complicado de estimar debido a que no se logró muestrear toda la extensión temporal comprometida en este proyecto porque en parte del año los ejemplares de jibia son recepcionados eviscerados en planta. La estimación de Q/B para jibia sobre jibia (canibalismo) de la VIII Región es 54% del consumo total (Tabla 3.14). La diferencia en los valores de Q/B es principalmente a los bajos valores observados del peso del contenido estomacal en ejemplares de jibia colectados (muestreados) en ambas regiones. Este es un sesgo imposible de corregir, lo que ocurre probablemente porque la digestión de jibia parece ser extraordinariamente rápida.

Tabla 3.14. Razón consumo/biomasa (Q/B) de para las principales presas de jibia por región y trimestre en 2014.

Q/B principales presas	IV Región		VIII Región			
	II Trim	III Trim	I Trim	II Trim	III Trim	IV Trim
Decápoda			0,01	0,005		
<i>Diaphus</i>			0,00	0,003	0,015	
Euphausiidae	0,078	0,093	0,03	0,009	0,003	0,002
<i>Dosidicus gigas</i>	0,322	0,228	0,368	0,322	0,395	0,124
<i>Lampanyctus</i>			0,00	0,000	0,013	0,004
<i>Merluccius gayi</i>			0,00		0,028	
Mictophidae			0,00		0,001	0,005
Otros Crustacea			0,12	0,083	0,137	0,014
Otros peces	0,011	0,002	0,09	0,040	0,025	0,018
<i>S. bentincki</i>			0,05			
<i>Trachurus murphyi</i> juv.	0,076	0,000				
<i>Pleuroncodes monodon</i>	0,000	0,028				
Q/B total	0,344	0,215	0,671	0,462	0,617	0,167

4.3.3.5. Métodos energéticos

Los resultados de la ración diaria de alimento (RD) y de la razón consumo/biomasa (Q/B) mediante modelos energéticos se presentan en la Tabla 3.15. Para el Modelo 1 se utiliza el peso corporal del predador y la temperatura del hábitat; para el Modelo 2 se utiliza solamente el peso del predador. Con el Modelo 1 se obtiene $Q/B = 2,02$; con el Modelo 2 se obtiene $Q/B = 4,74$. Los valores trimestrales de RD y Q/B de jibia son concordantes con lo informado por Arancibia *et al.* (2007), quienes comunicaron valores de RD entre 217 y 859 $g\ d^{-1}$, y Q/B trimestral entre 1,76 y 4,27 (adimensional); comparativamente, Cubillos *et al.* (2004) informan valores de RD entre 99 y 196 $g\ d^{-1}$; y Q/B trimestral entre 1,3 y 3,7 (adimensional).

Tabla 3.15. Ración diaria de alimento (RD) y razón consumo/biomasa (Q/B) de jibia mediante dos modelos energéticos aplicados a jibia.

Trimestre	Peso predador prom. (g)		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 1		Modelo 2	
			RD= $0,058M^{0,79} * 1,082^T$		RD= $0,0683 + 0,0474M$		Q/B		Q/B	
	IV	VIII	(g/d ⁻¹)		(g/d ⁻¹)		IV	VIII	IV	VIII
I		14036		261		665			1,86	4,74
II	18352	14346		265	870	680			1,85	4,74 4,74
III	21283	10426		191	1009	494			1,83	4,74 4,74
IV		6489							2,02	4,74

4.3.4. Discusión

Markaida (2001) señala que la jibia es un depredador voraz y oportunista; su dieta en el Golfo de México incluye principalmente sardina, macarela, langostilla, mictófidios, engráulidos, carángidos, plancton y, en menor grado, organismos bentónicos y cefalópodos. Además, se ha comprobado que el canibalismo es una conducta común en la especie (Arancibia *et al.*, 2007).

En este proyecto, la cantidad relativa de estómagos con contenido muestreados de jibia en la VIII Región (73%) fue muy superior a aquellos muestreados en la IV Región (43%), lo que luego incide directamente en las estimaciones de consumo de alimento, conduciendo a sesgos en los resultados, lo que se debería a la rápida digestión del alimento en el estómago de cada ejemplar de jibia. Consecuente, si transcurren algunas horas entre el muestro y la fijación de las muestras (congeladas, como en el presente proyecto o usando un compuesto químico, como formalina, lo que no ocurrió en este estudio), entonces se observará en la muestra –en términos relativos– más estómagos de jibia vacíos, por un lado, y con menor cantidad de alimento, por el otro, debido justamente a la rápida digestión, ya que las enzimas gástricas continúan operando en ejemplares capturados y mantenidos vivos, pero también en ejemplares ya muertos.

El espectro de presas de jibia se presenta amplio en muestras de estómagos de las Regiones IV y VIII, siendo superior en el sector centro sur (17 presas) que en el sector norte (12 presas), aunque podría deberse a la mayor cantidad de estómagos muestreados y analizados en su contenido. Se confirma que en la zona centro-norte la jibia preda peces tales como peces linterna (principalmente mictófidios), merluza común, anchoveta, jurel y otros, y en la zona centro-sur merluza común, anchoveta, sardina común y peces linterna, coincidiendo parcialmente con los reportes de Wilhelm (1930), quien registró a sardina común y merluza común como presas en jibias varadas en la Bahía de Concepción, particularmente en Talcahuano. Ese mismo año, Schneider (1930) agrega como presa de jibia al congrio (*Genypterus sp.*) y cuatro géneros de crustáceos bentónicos, lo que confirma más tarde Wilhelm (1954). De Sylva (1962) detectó anchoveta, agujilla (*Scomberesox sp.*) y restos de calamares. Resultados más recientes de Cubillos *et al.* (2004), a partir de ejemplares de jibia provenientes de desembarques de la V y VIII Regiones, indican a la merluza de cola (30%), mictófidios (15%) y merluza común (10%) como los teleósteos más importantes (en peso). Arancibia *et al.* (2005) comunican que en la IV

Región destaca en el contenido estomacal de jibia la sardina común (98%), siendo reemplazada por canibalismo (97%) en la VIII Región.

En el presente trabajo los mictófidios fueron detectados en los estómagos de jibia capturadas en la IV y VIII Regiones. Cubillos *et al.* (2004) informan la presencia de mictófidios en contenidos estomacales de jibia en muestras colectadas en la zona más costera. Baral (1967) indican también la presencia mictófidios en ejemplares de jibia capturados frente a la costa de Perú (frecuencia de ocurrencia: 47%).

En cuanto al canibalismo en la dieta de jibia, éste se registra en ambas Regiones muestreadas en este estudio. Cubillos *et al.* (2004) y Arancibia *et al.* (2005) también informan como importante al canibalismo, lo que previamente informaron Fernández y Vásquez (1995). Tafur (2005) comenta que en el comportamiento alimenticio de la jibia tiene alta incidencia el canibalismo, siendo similar entre sexos, aunque con diferencias en función del tamaño del predador.

Las estimaciones de la ración diaria (RD) como fracción del peso corporal de jibia son entre 1,9% y 3,8% del peso del predador, semejantes a lo informado por Cubillos *et al.* (2004) y Arancibia *et al.* (2007). Tales valores de RD son similares a los reportados para peces marinos carnívoros. Sin embargo, para jibia pueden estar sub-estimados debido a su metabolismo más alto comparado con el metabolismo de peces, pero no tenemos forma de corregir este sesgo ahora. Las alternativas son medir (registrar) el consumo de oxígeno de jibia en estanques o experimentos de ración diaria de alimento en cautiverio. Esto último ha mostrado ser operacionalmente impracticable debido a que los ejemplares de jibia en cautiverio no se alimentan, falleciendo a partir del 6° día en cautiverio (Arancibia *et al.*, 2007)

Las estimaciones de ración diaria de alimento en jibia en el Golfo de California indican valores levemente superiores a los informados en este estudio, en el de Cubillos *et al.* (2004) y en el de Arancibia *et al.* (2007). Sin embargo, Bazanov (1986) comunica valores de ración diaria de entre 4,2% y 5,6% del peso del predador para individuos pequeños (30 a 35 cm de LDM).

4.3.5. Conclusiones

- El espectro trófico de la jibia es diverso, con más de 20 taxa de presas. Sin embargo, las presas dominantes no son más de 3 o 4. En las muestras de estómagos de jibia de la IV Región dominan los crustáceos y en la VIII Región los mictófidios. La merluza aporta a la dieta de jibia entre 1,3% y 2,3% en peso respecto de las presas totales.
- Los valores de la tasa de evacuación gástrica son similares en el sector norte del área de estudio (Coquimbo) y en el sector centro-sur. Sin embargo, la ración diaria y la razón Q/B es superior en la VIII Región, lo que se debe a que el peso promedio del contenido estomacal de jibia en la VIII Región es más alto que en la IV Región, probablemente influenciado por el tiempo transcurrido para la digestión *post mortem*.
- El canibalismo ocurre en todo el periodo de muestreo para ambas zonas y trimestres, aunque es más alto en ejemplares grandes de jibia, alcanzando 54% del consumo total anual de alimento de jibia en la VIII Región.

4.3.6. Referencias Bibliográficas

- Arancibia, H. 1989. Distribution patterns, trophic relations and stock interactions in the demersal fish assemblage off Central Chile. Doctoral Thesis. University of Bremen, Federal Republic of Germany, 221 p.
- Arancibia, H. 1991. Análisis ecológico-pesquero del recurso langostino Colorado (*Pleuroncodes monodon*) y su interacción con la merluza común (*Merluccius gayi*) y el lenguado de ojos grandes (*Hippoglossina macrops*). *Biología Pesquera*, 20: 37-48.
- Arancibia, H., M. Barros, S. Neira, U. Markaida, C. Yamashiro, L. Icochea, C. Salinas, L. Cubillos, Ch. Ibáñez, R. León, M. Pedraza, E. Acuña, A. Cortés & V. Kesternich. 2007. Informe Final Proyecto FIP 2005-38. Análisis del impacto de la jibia en las pesquerías chilenas de peces demersales. Universidad de Concepción / Universidad Católica del Norte, 299 p. + Anexos.
- Bajkov, A.D. 1935. How to estimate the daily food consumption of fish under natural conditions. *Transactions of the American Fisheries Society*, 65: 288-289.
- Baral, A.A. 1967. Some data on the biology of Southeastern Pacific squid. *Ryb. Khoz.*, 43(8): 15-17. [En ruso].
- Bazanov, S. I. 1986. Feeding behavior of *Dosidicus gigas* and some quantitative aspects of its feeding. pp. 124-131 En: *Resursy i perspektivy ispol'zovaniia kal'marov mirovogo okeana: sbornik nauchnykh trudov / [redaktsionnaia kollegiia: B. G. Ivanov (otv. red.) (i dr.)]*. Moskva: [VNIRO], 1986. Series title: *Sbornik nauchnykh trudov (Vsesoiuznyi nauchno-issledovatel'skii institut morskogo rybnogo khoziaistva i okeanografii (Soviet Union)*
- Beddington, J.R., A.A. Rosenberg, J.A. Crombie, G.P. Kirkwood. 1990. Stock assessment and the provision of management advice for the short fin squid fishery in Falkland Islands waters. *Fisheries Research* 8, 351-365
- Bloom, 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. *Marine Ecology Progress Series* 5: 125-128.
- Cubillos, L., Ch. Ibáñez, C. González & A. Sepúlveda 2004. Pesca de Investigación: Pesca de Jibia (*Dosidicus gigas*) con red de cerco entre la V y X Regiones, año 2003 (Research Fishery: Catch of Jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) with purse seine between V and X Region, Year 2003). *Inst. Inves. Pesq. VIII Región. Talcahuano (Chile)*: 1-48.
- De Sylva. 1962. Red-water blooms off northern Chile, April-May 1956, with reference to the ecology of the swordfish and the striped marlin. *Pac. Sci.*, XVI: 271-279.

- Eggers, D.M. 1977. Factors in interpreting data obtained by diel sampling of fish stomachs. Fisheries Research Board of Canada, 34: 290–294.
- Ehrhardt, N.M., P. Jacquemin, F. García, G. González, J. López, J. Ortiz & A. Solís. 1983. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, México. FAO Fisheries Technical Paper 231: 306-340.
- Ehrhardt, N.M. 1991. Potential impact of a seasonal migratory jumbo squid (*Dosidicus gigas*) stock on a Gulf of California sardine (*Sardinops sagax caerulea*) population. Bulletin of Marine Science, 49: 325–332.
- Elliot, J.M. 1972. Rates of gastric evacuation in brown trout, *Salmo trutta* L. Freshwater Biology 1, 1–18.
- Elliott, J. M. & L. Persson. 1978. The estimation of daily rates of food consumption for fisheries Journal of the Animal Ecology 47: 977–91.
- Fernández, F. & J.A. Vásquez. 1995. La jibia gigante *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) en Chile: análisis de una pesquería efímera. Estudios Oceanológicos, 14: 17–21.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents análisis-a review of methods and their application Journal of Fish Biology, 17: 441-429.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and its application. Journal of Fish Biology 17: 411 - 429.
- He, E. & W.A. Wurtsbaugh. 1993. An empirical model of gastric evacuation rates for fish and an analysis of digestion in piscivorous brown trout. Transactions of the American Fisheries Society 122:717–730.
- Huebner, J.D. & R.W. Langton. 1982. Rate of gastric evacuation for winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*. Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences, 39(2):356-360
- Hamerlynck, O., A. Cattrijsse & R.V. Arellano. 1993. Daily ration of juvenile *Pomatoschistus lozanoi* de Buen (Pisces: Gobiidae). ICES Journal of Marine Science, 50: 471-480.
- Jarre, A., M. L. Palomares, M. L. Soriano, V. C. Sambilay Jr. & D. Pauly. 1991. Some new analytical and comparative methods for estimating the food consumption of fish. ICES Marine Science Symposium 193: 99–108.
- Jackson G.D., J.F. McKinnon, C. Lalas, R. Ardern & N.G. Buxton. 1998. Food spectrum of the deepwater squid *Moroteuthis ingens* (Cephalopoda: Onychoteuthidae) in New Zealand waters. Polar Biology 20: 56-65.

- Livingston, P.A., Dwyer, D.A., Wencker, D.L. Yang, M.S. & G.M. Lang. 1986. Trophic interactions of the key fish species in the Eastern Bering Sea. Inst. North Pacific Fishery Comm. Bulletin, 47: 49-65.
- Mehl, S. & T. Westgård. 1983. Gastric evacuation rates in mackerel (*Scomber japonicus* L.). ICES C.M./H: 33. Pelagic Fish. Cttee., 11 p.
- MacPherson, E. 1985. Daily ration and feeding periodicity of some fishes off the coast of Namibia. Marine Ecology Progress Series, 26: 253-260.
- Markaida, U.A. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el golfo de California, México. Tesis de Doctoral. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, México, 387 p.
- Markaida, U. & O. Sosa-Nishizaki. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 83: 1–16.
- Markaida U., C. Quiñónez-Velázquez & O. Sosa-Nishizaki. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research 66: 31-47
- Nesis, K.N., 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. Okeanology 10: 140-152.
- Nesis, K. N. 1983. *Dosidicus gigas*. Pp. 215-231. En P. R. Boyle (Ed.), Cephalopod Life Cycles Vol. I, Species Accounts. Academic Press, London, 475 p.
- Nesis, K.N. 1987. Cephalopods of the world. T.F.H. Publications Inc., Neptune City, NJ, 351 p.
- Nigmatullin, C.M., K.N. Nesis, & A.I. Arkhipkin. 2001. Biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). Fisheries Research, 54: 9–19.
- Pennington, M., R. Bowman & R. Langton. 1982. Variability of the weight of stomach contents of fish and its implications for food studies. En: M. Cacilliet y A. Simenstad (eds.). Gutshop 81. Fish food habits studies. Proceedings of the Third Pacific Workshop Washington Sea Grant Publication. University of Washington: 2-7.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant & I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. California Department of Fish and Game, Fish Bulletin 152:1-105.

- Rodhouse, P.G. & Ch.M. Nigmatullin. 1996. Role as consumers. *Philosophical Transactions of the Royal Society London, B*, 351: 1003–1022.
- Rocha, F. 2003. *Biología, ecología, cultivo y pesquerías de cefalópodos*. Curso de Postgrado, Universidad Austral de Chile, 207 p.
- Rasero, M., A.F. Gonzalez, B.G. Castro & A. Guerra. 1996. Predatory relationships of two sympatric squid, *Todaropsis eblane* and *Illex coindetii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Galician waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 76: 73 -87.
- Sainsbury, K. J. 1986. Estimation of food consumption from field observations of fish feeding cycles. *Journal of Fish Biology*, 29: 23–36.
- Sissenwine, M.P. & N. Daan. 1991. An overview of multispecies models relevant to management of living resources. *ICES Marine Science Symposium*, 193: 6-11.
- Schneider, C. O. 1930. Notas sobre la jibia chilena (*Ommastrephes gigas*). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile)*, III y IV, 1929-1930: 117-124.
- Tafur, R. 2005. Algunos aspectos del comportamiento alimenticio de *Dosidicus gigas* en el Perú. En III Simposio internacional sobre calamares del Pacífico – Taller Internacional en calamares. 28 al 30 de noviembre y 01 al 02 de diciembre de 2005, Lima, Perú.
- Tascheri, R. 2002. Antecedentes biológicos y evaluación preliminar de la presencia de merluza común en estómagos de jibia (*Dosidicus gigas*). Reporte Técnico noviembre de 2002, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, 10 p.
- Velasco, F., I. Olaso & F. Sánchez. 2001. The role of cephalopods as forage for the demersal fish community in the Southern Bay of Biscay. *Fisheries Research* 52: 65-77.
- Wilhelm, G.O., 1951. Algunas observaciones acerca de las mortandades de jibias *Dosidicus gigas* D'Orb.), en el litoral de Concepción. *Revista de Biología Marina* 4: 196–201.
- Wilhelm, O. 1930. Las mortandades de jibias (*Ommastrephes gigas*) en la Bahía de Talcahuano. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile)*, III y IV, 1929-1930: 23-28.
- Wilhelm, O. 1954. Algunas observaciones acerca de las mortandades de jibias (*Dosidicus gigas* D'Orb.), en el litoral de Concepción. *Revista de Biología Marina*, 4: 196- 201.
- Zar J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Second edition. Prentice –Hall, Inc. New York.

4.4. Sección 4. Estimación de la mortalidad natural y mortalidad total de *Dosidicus gigas*

Resumen

La creciente explotación de *D. gigas* frente a las costas de Chile central desde 2003 ha conducido a la necesidad de entender mejor la historia de vida de este recurso pesquero. La mortalidad natural (M) y la mortalidad total (Z) son parámetros fundamentales en una evaluación de stock. En el presente caso se determina M y Z con métodos indirectos, incorporando tanto el error de los parámetros como el error asociado a los modelos. Se utilizan parámetros estimados en este trabajo. Los principales resultados recomiendan utilizar $M = 3,73 \text{ año}^{-1}$ en machos y $M = 2,47 \text{ año}^{-1}$ en hembras; y $Z = 7,26 \text{ año}^{-1}$ y $4,28 \text{ año}^{-1}$ en machos y hembras, respectivamente.

4.4.1. Introducción

La jibia *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835), conocida también como calamar gigante, pota o Humboldt squid es uno de los cefalópodos de mayor tamaño conocido (González y Chong, 2006) que pertenece a la Familia Ommastrephidae de la Clase Cephalopoda; su presencia ha sido informada desde 35° N hasta 47° S en el Océano Pacífico Oriental, siendo reconocida en la costa chilena desde el siglo pasado (Chong *et al.*, 2005). Esta especie sostiene pesquerías en el Océano Pacífico Oriental, particularmente dentro y fuera de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Perú desde 1991, alcanzando 190 mil toneladas de desembarques el año 1994 (Argüelles *et al.*, 2001), aunque la cuota anual global para los últimos años es de 300 mil ton. Las capturas de *D. gigas* en aguas chilenas ocurren principalmente en las costas de la zona centro-norte (IV Región) y centro-sur (V y VIII Regiones) del país, asociadas a zonas de surgencias altamente productivas (González & Chong, 2006). La jibia presenta altas fluctuaciones en sus desembarques, probablemente debido a sus características biológicas tal como rápido crecimiento, madurez temprana, ciclo de vida muy corto, alta capacidad migratoria y complejos y variables patrones de reclutamiento, observándose sus desembarques más altos

con posterioridad a las condiciones frías desarrolladas desde el año 2000 con un cambio de régimen después del evento El Niño Oscilación del Sur (ENOS) de 1997-98.

D. gigas ha sido estudiada en el Golfo de California, Golfo de México y frente a Perú (Klett, 1982; Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Markaida *et al.*, 2004; Bazzino *et al.*, 2010). Sin embargo, existen muy pocos estudios de *D. gigas* en Chile, y ninguno de mortalidad natural (M) o mortalidad total (Z).

El objetivo de esta sección es determinar M y Z de *D. gigas* mediante métodos indirectos con la información más actualizada disponible. Por un lado se utilizó parámetros de crecimiento de este recurso pesquero provenientes de estudios realizados en otros lugares (Perú y México) y, por el otro, se usó los parámetros de crecimiento individual de jibia generados en el presente proyecto, independientemente. El propósito es en este último caso, justamente, disponer de un estimado independiente y actualizado tanto de M como de Z.

4.4.2. Materiales y Métodos

4.4.2.1 Datos de captura y parámetros de crecimiento

Para la estimación de la mortalidad de *D. gigas* se requiere disponer de un set de datos de captura y parámetros de historia de vida del stock, de preferencia frente a las costas de Chile. Los datos de captura utilizados en este trabajo provienen de un monitoreo biológico realizado por el Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) desde mayo hasta octubre de 2011. Por otra parte, si bien los valores de los parámetros de historia de vida para el stock de *D. gigas* en Chile eran desconocidos al comienzo de este estudio, se optó por realizar en primera instancia estimaciones de M y Z utilizando parámetros de crecimiento individual estimados para la misma especie en el Golfo de California, México (Nevárez-Martínez *et al.* 2006) y de la corriente de Humboldt frente a Perú (Argüelles *et al.* 2001). Luego, con los resultados de crecimiento de este trabajo en mano, se re-estimó M y Z, aunque dejando las primeras estimaciones con propósitos comparativos.

4.4.2.2 Mortalidad natural (M)

La mortalidad natural de *D. gigas* se estimó mediante métodos bioanalógicos previamente seleccionados, los que se basan en parámetros de historia de vida del stock tal como la tasa instantánea de crecimiento individual (K , año⁻¹), la longitud máxima teórica (L_{∞} , utilizándose en este caso la longitud dorsal del manto, LDM en cm), la talla media de madurez ($LDM_{50\%} = L_{50\%}$, en cm), la longevidad (t_{max} ; años) u otros (Beverton, 1963; Rikhter y Efanov, 1976; Hoening, 1983), pudiendo también incluir variables abióticas como la temperatura promedio anual del hábitat (Pauly, 1980). Los métodos bioanalógicos para estimar mortalidades tienen la ventaja de requerir de poca información, mientras que como desventaja destaca la incertidumbre asociada a los parámetros de historia de vida y a los modelos utilizados. Para este trabajo se seleccionó tres modelos para la estimación de M de *D. gigas*, los que se presenta a continuación:

- Modelo de Pauly (1980): se relaciona M (año⁻¹) con la longitud máxima teórica o longitud asintótica (L_{∞}), la tasa instantánea de crecimiento individual (K ; año⁻¹) y la temperatura promedio anual del hábitat (T ; °C), la cual, para este trabajo, fue extraída desde una distribución uniforme entre 8 y 14 °C, rango más probable de temperatura en el hábitat del stock, dependiendo del período del año. La expresión del modelo de M (Pauly, 1980) es la siguiente:

$$\log_{10}(M) = -0,0066 - 0,279\log_{10}(L_{\infty}) + 0,6543\log_{10}(K) + 0,4634\log_{10}(T)$$

- Modelo de Jensen (1996): este autor obtiene, desde la segunda invariante de Beverton & Holt (Charnov, 1993), una relación entre M y K , cuya expresión es la siguiente:

$$\frac{M}{K} = 1,50$$

- Modelo de Srinath (1991), extraído desde Sunilkumar Mohamed (1996): se relaciona linealmente M con K; originalmente fue aplicado a la estimación de M para el calamar de la India *Loligo duvauceli*. La expresión es la siguiente:

$$M = 0,46 + 1,48 * K$$

4.4.2.3. Mortalidad total (Z)

La mortalidad total de *D. gigas* se estima mediante una combinación de un método bioanalógico con el método de la curva de captura. Entre los métodos bioanalógicos se seleccionó el siguiente como el más adecuado para la estimación de Z en jibia:

- Método basado en longevidad (Hoenig, 1983): este método relaciona en forma inversa la tasa de mortalidad total con la longevidad mediante la siguiente expresión:

$$\ln(Z) = a + b * \ln(t_{max})$$

donde a y b son constantes del modelo de Hoenig (1983), mientras que t_{max} puede ser estimado a través de la siguiente expresión:

$$t_{max} = t_0 + \frac{3}{K}$$

- En cuanto al método de la curva de captura, Z se estima de acuerdo a la expresión linealizada de la composición por tallas (Pauly, 1983). Este método utiliza la ecuación de crecimiento inversa de von Bertalanffy para convertir las tallas en edades, y luego trabajar como una curva de captura de la forma más conocida, cuya expresión es:

$$\ln \frac{C(L1, L2)}{\Delta t(L1, L2)} = c - Z * t\left(\frac{L1 + L2}{2}\right)$$

donde el lado izquierdo de la ecuación corresponde a los valores del eje Y de una ecuación lineal, mientras que el lado derecho corresponde a los valores del eje X; c es el intercepto; Z la pendiente.

- Curva de captura acumulativa basada en datos de composición por tallas (Jones y van Zalinge, 1981), cuya expresión es la siguiente:

$$\ln C(L, L_{\infty}) = a + \frac{Z}{K} * \ln(L_{\infty} - L)$$

donde $\ln C(L, L_{\infty})$ representa la captura acumulada de peces de talla L y más grandes. La pendiente estimada por la regresión lineal de esa ecuación es Z/K , por lo que una estimación de Z corresponde a:

$$Z = K * \text{pendiente}$$

4.4.2.4. Varianza

Para estimar la variabilidad de los resultados de mortalidad obtenidos mediante métodos bioanalógicos se realizó remuestreo paramétrico bootstrap (Efron, 1985), tanto a los errores de los parámetros de entrada como a los errores del modelo. Para incorporar el primer error se requiere como valores de entrada la media y el error estándar de cada parámetro a remuestrear. Generalmente, los trabajos más recientes con los que se estima parámetros de crecimiento presentan en sus resultados los valores medios y sus errores estándares. Sin embargo, no todos los autores consideran esto necesario y no entregan la varianza en sus trabajos. Para solucionar este problema nosotros seleccionamos todos los valores medios de los parámetros encontrados en bibliografía y calculamos una media y una varianza global para cada parámetro de crecimiento (L_{∞} , K y t_0). Con estos nuevos estadígrafos se estimó un intervalo de confianza mediante el test t de Student, re-estimando luego la media y varianza de los valores que se presentaron dentro del intervalo, excluyendo de esta forma las estimaciones extremas. Con este procedimiento se obtiene un valor medio y un error que se usa luego para realizar el muestreo

bootstrap a los parámetros de entrada, lo que permite incorporar este error dentro de las estimaciones de M y Z. Además, se incorpora en la incertidumbre de estimación de la mortalidad (M y Z) los errores asociados al modelo de estimación obtenidos desde las respectivas publicaciones de referencia. Por lo tanto, conocida la distribución de probabilidades de los parámetros de entrada y asumiendo que los coeficientes del modelo se encuentran normalmente distribuidos, se genera mediante remuestreo paramétrico bootstrap (Efron, 1985) 3.000 valores alternativos e igualmente probables mediante el procedimiento Monte Carlo de cada uno de los parámetros y coeficientes, incorporando, de esta forma, el error asociado (E_r) en las estimaciones, obteniéndose finalmente 3.000 valores de M o Z, según corresponda.

Luego, el promedio de cada una de las estimaciones de M o Z (señalado como \bar{E}_{bi} , lo que significa que se obtuvo mediante procedimiento bootstrap para el modelo i) y la varianza del modelo ($\widehat{VAR}(E)$) corresponden respectivamente a:

$$\bar{E}_{bi} = \frac{\sum_{r=1}^{rmax} E_r}{rmax}$$

$$\widehat{VAR}(E) = \frac{\sum_{r=1}^{rmax} (E_r - \bar{E}_{bi})^2}{rmax - 1}$$

donde E_r corresponde a uno de los $r = 3.000$ valores bootstrap.

El mismo procedimiento para estimar \bar{E}_b y su varianza se aplica a todos los modelos bioanalógicos, tanto para M como para Z, obteniéndose posteriormente la mortalidad promedio ponderada por el inverso de la varianza, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\hat{E} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i * \bar{E}_{bi}}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

donde: w_i corresponde al inverso de la varianza de cada modelo y n al total de modelos utilizados.

La variabilidad del método de la curva de captura para estimar Z está dada por el ajuste de la regresión lineal del modelo. El valor estimado de Z y su error estándar provenientes de la curva de captura son incorporados en la ponderación por el inverso de la varianza, junto a los métodos bioanalógicos, para la estimación final de Z mediante la combinación ponderada de todos los modelos seleccionados.

4.4.3. Resultados

La estimación de los parámetros de mortalidad natural y total fue realizada tanto para parámetros de crecimiento extraídos desde literatura, como para los parámetros estimados en este trabajo, los que se presentan en el objetivo específico 1, sección 2 de crecimiento de jibia. Primero se presenta la estimación utilizando parámetros de crecimiento provenientes de literatura, desde donde se seleccionaron, los parámetros de crecimiento que se presenta en la Tabla 4.1. En esos trabajos se observa el paso de dos cohortes de jibia en cada zona geográfica (Argüelles *et al.*, 2001; Nevárez-Martínez *et al.*, 2006). Los parámetros corresponden a estimaciones realizadas para *D. gigas* del Océano Pacífico Nororiental en México y Suroriental de la parte norte de la Corriente de Humboldt en Perú. El supuesto es que la dinámica de *D. gigas* en esas zonas geográficas y latitudes es similar a la *D. gigas* en aguas chilenas. En la Tabla 4.2 se presenta las nuevas medias y desviaciones estándar obtenidas por nosotros para cada parámetro de crecimiento, las que serán utilizadas posteriormente para incorporar incertidumbre proveniente de estos parámetros a los modelos bioanalógicos seleccionados para estimar M .

Tabla 4.1. Parámetros de historia de vida seleccionados desde literatura para la estimación de mortalidad de *D. gigas*. De acuerdo con el trabajo respectivo, los datos se encuentran en forma anual o separada en dos cohortes (C1 y C2).

Año	L_{∞}	K	t_0	Zona	Referencia
1995-1996	94	1,1	-0,091	México	
1996-1997	95	1,1	-0,091	México	
1997-1998	94	1,3	-0,077	México	
1998-1999	90	1,05	-0,097	México	Nevárez-Martínez <i>et al.</i> (2006)
1999-2000	92	1,05	-0,096	México	
2000-2001	95.4	1,09	-0,092	México	
2001-2002	98	1,11	-0,089	México	
1991 C1	95	0,56		Perú	
1991 C2	98	0,8		Perú	
1993 C1	105	0,67		Perú	Argüelles (1996)
1993 C2	92	0,8		Perú	
1994 C1	101	0,74		Perú	
1994 C2	110	0,64		Perú	

Tabla 4.2. Valores de entrada y errores (desviación estándar, d.e.) asociados para los modelos de estimación de mortalidad natural de *D. gigas*.

Parámetros	Media	d.e.
L_{∞} (cm)	96,88	5,62
K (año ⁻¹)	0,92	0,23
t_0 (años)	-0,09	-

Las estimaciones de M utilizando parámetros extraídos desde literatura y que incorporan tanto el error de los parámetros como el de los modelos utilizados son presentadas en la Tabla 4.3; el método de Pauly (1980) genera el valor más bajos ($M = 0,85 \text{ año}^{-1}$) y con la menor varianza. De acuerdo con Sunilkumar Mohamed (1996), para el calamar común de India *Loligo duvauceli*, el modelo que mejor representa a M corresponde al de Srinath (1991) por entregar una estimado más “realista” de la razón M/K (el que teóricamente debería ubicarse entre 1,0 y 2,5). Para el caso de *D. gigas*, el valor de M estimado mediante ese modelo ($M = 1,82 \text{ año}^{-1}$) fue más alto respecto a los otros dos modelos utilizados, mientras que con el método de Jensen (1996) se obtuvo $M = 1,36 \text{ año}^{-1}$. Las varianzas de los últimos dos modelos son similares (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Estimaciones de mortalidad natural (M ; año^{-1}) mediante tres métodos seleccionados con parámetros extraídos desde literatura.

	Pauly (1980)	Jensen (1996)	Srinath (1991)
M bootstrap	0,85	1,36	1,82
Varianza	0,11	0,27	0,26

Las estimaciones de M realizadas utilizando los parámetros de crecimiento estimados en este proyecto son presentados en las Tablas 4.4 y 4.5 para machos y hembras, respectivamente. Análogamente a la estimación de la Tabla 4.3, el valor resultante de M con el modelo de Pauly (1980) genera los valores de M más bajos, más conservadores para ambos sexos, aunque los valores son similares entre los otros dos métodos (Srinath, 1991; Jensen, 1996). Sin embargo, la gran diferencia es el elevado valor estimado sobre todo en los métodos de Jensen (1996) y Srinath (1991).

Tabla 4.4. Estimaciones de mortalidad natural en machos (M ; año⁻¹) mediante tres métodos seleccionados utilizando parámetros estimados en este trabajo.

	Pauly (1980)	Jensen (1996)	Srinath (1991)
M bootstrap	2,71	7,25	7,69
Varianza	1,46	11,01	10,62

Tabla 4.5. Estimaciones de mortalidad natural en hembras (M ; año⁻¹) mediante tres métodos seleccionados utilizando parámetros estimados en este trabajo.

	Pauly (1980)	Jensen (1996)	Srinath (1991)
M bootstrap	1,86	4,30	4,75
Varianza	1,01	6,73	6,64

El promedio de M estimado para *D. gigas* utilizando parámetros de crecimiento extraídos desde literatura es 1,346 año⁻¹; el promedio de M ponderado por el inverso de la varianza de cada modelo es 1,19 año⁻¹; y el promedio de M ponderado por el inverso de la varianza de cada modelo, sin considerar el método de Pauly (1980) por estar fuera de rango, es 1,6 año⁻¹ (Tabla 4.6).

Los parámetros de crecimiento estimados previamente en este proyecto permiten obtener un valor de M promedio de 2,72 año⁻¹ en machos y de 1,86 año⁻¹ en hembras. El valor de M promedio ponderado por el inverso de la varianza de cada modelo en machos correspondió a 3,73 año⁻¹ y en hembras a 2,47. Si no se considera el valor estimado mediante el método de Pauly (1980), entonces M ponderado aumenta a 7,47 año⁻¹ en machos y a 4,53 año⁻¹ en hembras (Tablas 4.7 y 4.8).

Tabla 4.6. Valores medios de M obtenidos mediante modelos bioanalógicos al utilizar parámetros extraídos desde literatura. Media = promedio general; Media Inv Var = promedio ponderado por el inverso de su varianza; Media sin Pauly = promedio ponderado por el inverso de su varianza sin considerar la estimación mediante el método de Pauly (1980).

Media	Media Inv Var	Media sin Pauly
1,346	1,196	1,600

Tabla 4.7. Valores medios de las estimaciones de M en machos mediante modelos bioanalógicos al utilizar los parámetros de crecimiento estimados en este trabajo. Media = promedio general; Media Inv Var = promedio ponderado por el inverso de su varianza; Media sin Pauly = promedio ponderado por el inverso de su varianza sin considerar la estimación mediante el método de Pauly (1980).

Media	Media Inv Var	Media sin Pauly
2,72	3,73	7,47

Tabla 4.8. Valores medios de las estimaciones de M en hembras mediante modelos bioanalógicos al utilizar los parámetros de crecimiento estimados en este trabajo. Media = promedio general; Media Inv Var = promedio ponderado por el inverso de su varianza; Media sin Pauly = promedio ponderado por el inverso de su varianza sin considerar la estimación mediante el método de Pauly (1980).

Media	Media Inv Var	Media sin Pauly
1,86	2,47	4,53

La estimación de Z mediante el método bioanalógico de Hoenig (1983), utilizando los parámetros de crecimiento extraídos desde literatura, genera un valor de $Z = 1,45 \text{ año}^{-1}$ (varianza = 0,47). Sin embargo, la estimación realizada con los parámetros de crecimientos del presente proyecto entrega un valor de $Z = 7,26 \text{ año}^{-1}$ (varianza = 6,91) para machos y $Z = 4,28 \text{ año}^{-1}$

(varianza = 3,68). Sin embargo, el valor de Z obtenido con Horning (1983) (Tabla 4.9) es menor que la mayoría de los estimados de M generados en este trabajo, razón por lo que estos resultados deben ser tomados con cautela. La estimación de Z mediante la curva de captura linealizada (Pauly, 1983) sólo es mayor que el valor de M estimado para hembras mediante Pauly (1980), mientras que Z estimado con la curva de captura acumulativa de Jones y van Zalinge (1981) es menor ($1,74 \text{ año}^{-1}$) que todos los otros valores de Z estimados aquí (Tabla 4.10).

Tabla 4.9. Estimaciones de mortalidad total (Z ; año⁻¹) utilizando parámetros extraídos desde bibliografía y estimados en este trabajo mediante el modelo de Hoenig (1983). HB = con parámetros de bibliografía; HEm = con parámetros estimados en este trabajo para machos; HEh = con parámetros estimados en este trabajo para hembras.

Método	Bioanalógico	
	HEm	HEh
HB	7,26 (6,91)	4,28 (3,68)

Tabla 4.10. Estimaciones de mortalidad total (Z ; año⁻¹) según dos metodologías utilizando tallas de captura para sexos combinados.

Curva de Captura	
Pauly	Jones y van Zalinge
2,26	1,74

4.4.4. Discusión

Argüelles (1996) analizó frecuencias de longitudes siguiendo grupos modales para determinar el crecimiento y el reclutamiento de *D. gigas* frente al litoral de Perú. Nevárez-Martínez *et al.* (2006) estimaron y compararon el crecimiento de *D. gigas* en dos temporadas de pesca. A partir de esos dos documentos se rescata información en el presente trabajo para comenzar con los estudios en mortalidad natural (M) y mortalidad total (Z) basándonos en modelos bioanalógicos y métodos de las curvas de captura. Estos métodos se apoyan en parámetros de crecimiento, aunque no es recomendable seleccionarlos al azar, sino que previamente debe haber un riguroso análisis de aquellos dada la diversidad de valores informados de K y L_{∞} . Esa es la razón por la que los valores utilizados en nuestras estimaciones de mortalidad (Tabla 4.2) provienen de un método que selecciona sólo aquellos valores que se encuentran dentro de un rango estadísticamente aceptable, eliminando valores atípicos, los que frecuentemente son encontrados cuando se trabaja con información rescatada de bibliografía.

Nevárez-Martínez *et al.* (2006) estimaron M para *D. gigas* utilizando dos métodos que también fueron considerados en el presente este trabajo, como son Pauly (1980) y Jensen (1996). Los resultados de Nevárez-Martínez *et al.* (2006), para siete temporadas de pesca, corresponden a valores de M entre 1,02 y 1,27 año⁻¹ mediante el método de Pauly (1980), mientras que con el método de Jensen (1996) los valores de M son entre 1,57 y 1,95 año⁻¹. Esos resultados de M son mayores a las estimaciones realizadas en el presente trabajo al comparar un mismo método.

Sunilkumar (1996) estimaron M con cuatro métodos, a saber: Cushing (1968), Sekharan (1974), Pauly (1980) y Srinath (1991), seleccionando finalmente solo los resultados de M generados con el método de Srinath (1991), ya que ese autor encontró poco realistas los otros tres resultados. Aunque las estimaciones de M de Srinath (1991) eran para el calamar común *Loligo duvauceli* que habita frente de las costas de India, nosotros consideramos destacable comparar sus resultados con los nuestros para *D. gigas* a falta de mayor información pasada o actualizada. Sunilkumar (1996) encontró para machos de *L. duvauceli* que M es 1,82 año⁻¹ y para hembras es 2,16 año⁻¹, señalando que las hembras crecen más rápido y tienen menor tiempo de vida que los machos.

Las estimaciones de M realizadas por los autores citados en el párrafo precedente no consideraron ni el error de los parámetros de crecimiento ni el error implícito en los modelos que ellos aplicaron. Al utilizar los parámetros de crecimiento resueltos para *D. gigas* en aguas nacionales (presente proyecto), todos los valores son bastante altos. Por esa razón podemos considerarlos como valores atípicos. Sin embargo, la razón de que estos valores de M sean tan altos se debe a que la tasa instantánea de crecimiento individual (K) de jibia –estimada en el presente trabajo tanto para machos como para hembras– son mucho mayores a los reportados previamente en bibliografía. Consecuentemente, el valor de M para *D. gigas* del Océano Pacífico Suroriental recomendado por nosotros para machos es $M = 3,73 \text{ año}^{-1}$, mientras que para hembras se recomienda utilizar $M = 2,47 \text{ año}^{-1}$; estos valores de M corresponden al promedio ponderado por el inverso de la varianza de los tres modelos aquí seleccionados y utilizados (ver Tablas 4.7 y 4.8).

En cuanto a las estimaciones de mortalidad total (Z) en *D. gigas*, declaramos que tampoco existen estimaciones previas con este tipo de modelos bioanalógicos para esta especie en aguas chilenas. Nuestros resultados indican que Z podría alcanzar valores entre 1,45 y 7,26 año^{-1} , según la metodología empleada. Sin embargo, sugerimos utilizar el valor estimado mediante el método de Hoenig (1983), esto es, $Z = 7,26 \text{ año}^{-1}$ para machos y $Z = 4,28 \text{ año}^{-1}$ para hembras, y no considerar los valores de Z estimados a través del método de la curva de captura por obtenerse estimaciones menores que M , lo que es inconsistente.

4.4.5. Conclusiones

- Para *D. gigas* se recomienda usar las siguientes estimaciones de mortalidad natural: $M = 3,73 \text{ año}^{-1}$ para machos y $M = 2,47 \text{ año}^{-1}$ para hembras.
- Para *D. gigas* se recomienda usar las siguientes estimaciones de mortalidad total: $Z = 7,26 \text{ año}^{-1}$ para machos y $Z = 4,28 \text{ año}^{-1}$ para hembras.

4.4.6. Referencias

- Argüelles, J. 1996. Crecimiento y reclutamiento del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Perú (1991 a 1994). Inf. Prog. Instituto del Mar del Perú, N° 23, 1–14 p.
- Argüelles, J., P.G. Rodhouse, P. Villegas & G. Castillo. 2001. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. Fisheries Research 54, 51–61.
- Bazzino, G., W.F. Gilly, U. Markaida, C.A. Salinas-Zavala & J. Ramos-Castillejos. 2010. Horizontal movements, vertical-habitat utilization and diet of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Pacific Ocean off Baja California Sur, Mexico. Progress in Oceanography, 86: 59-71.
- Beverton, R.J.H., 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. Cons. Perm. Int. Explor. Mer, Rapp. p.-v. Réun. 154:44-67.
- Charnov, E. 1993. Life history invariants. Oxford University Press, New York.
- Chong, J., C. Oyarzún, R. Galleguillos, E. Tarifeño, R. Sepúlveda & C. Ibáñez. 2005. Parámetros biológico-pesqueros de la jibia *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae), frente a la costa de Chile central (29° S - 40° S) durante 1993-1994. Gayana 69, 319–328.
- Cushing, D.H. 1968. A study in populations dynamics. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA, 200 p.
- Efron, B. 1985. Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. Biometrika 72:45–58.
- González, P. & J. Chong. 2006. Biología reproductiva de *Dosidicus gigas* D'Orbigny 1835 (Cephalopoda, Ommastrephidae) en la zona norte-centro de Chile. Gayana 70: 237–244.
- Hernández-Herrera, A., E. Morales-Bojórquez, M.A. Cisneros-Mata, M. Nevárez-Martínez & I. Rivera. 1998. Management strategy for the giant squid (*Dosidicus gigas*) from Gulf of California, Mexico. CalCOFI Report 39: 212–218.
- Hoenig, J.M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fishery Bulletin 82 (1): 898-903.

- Jensen, A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 820-822.
- Jones, R. & N.P. van Zalinge. 1981. Estimates of mortality rate and population size for shrimp in Kuwait waters. *Kuwait Bulletin of Marine Science*, 2: 273:288.
- Klett, A. 1982. Jumbo squid fishery in the Gulf of California, Mexico. En: *Proceedings of the International Squid Symposium, August 9-12 1981, New-England Fisheries Development Found. Boston, Massachusetts: 81-100.*
- Markaida, U., Quiñónez-Velázquez, C. & O. Sosa-Nishizaki. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 66: 31–47.
- Nevárez-Martínez, M.O., Méndez-Tenorio, F.J., Cervantes-Valle, C., López-Martínez, J. y M.L. Anguiano-Carrasco. 2006. Growth, mortality, recruitment, and yield of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) off Guaymas, Mexico. *Fisheries Research* 79: 38–47.
- Pauly, D. 1980. On the relationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, 39 (2): 175-192.
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Technical Paper* 234: 52 p.
- Richter, V.A. & V.N. Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF Res. Doc. 76/IV/8: 1-12.*
- Sekharan, K.V. 1974. Estimates of stocks of oil sardine and mackerel in the fishing grounds off west coast of India. *Indian J. Fish.* 21: 177-182.
- Srinath, M. 1991. Letters to the Editor. *Fishbyte* 9 (1): 2.
- Sunilkumar Mohamed, K. 1996. Estimates of growth, mortality and stock of the Indian squid *Loligo duvauceli* Orbigny, exploited off mangalore, southwest coast of India. *Bulletin of Marine Science*, 58: 393–403.

5. Del Objetivo Específico 2

Determinar la abundancia (total, maduros y reclutas) y biomasa (total y desovante) del stock de jibia mediante evaluación indirecta.

Resumen

Se evalúa el stock de jibia (*Dosidicus gigas*) con un modelo de biomasa dinámica de Schaefer, el cual se extiende para generar estimaciones de fracciones de biomasa total por sexos y biomasa desovante. El modelo cubre el período 2004 a 2014 y se basa en información de desembarques anuales y captura por unidad de área (CPUA) de jibia como índice de abundancia relativa en lances de identificación de cruceros de evaluación acústica de merluza común (*Merluccius gayi*). La información biológica proviene del monitoreo de la pesquería de jibia que realiza INPESCA e información del presente proyecto. La estimación del stock de jibia sugiere altos niveles de abundancia y biomasa, aunque con remociones en alrededor del Máximo Rendimiento Sostenido (MRS). La biomasa total de jibia estimada para el año 2014 varía ampliamente entre 191 mil toneladas y 1,7 millones de toneladas, dependiendo del condicionamiento del modelo. La información biológica de estructura de tamaños indica el ingreso de dos cohortes anuales a la pesquería industrial arrastrera de media agua de la VIII Región, con ejemplares de mayor tamaño a partir de enero (68 a 80 cm de LDM) y el ingreso de un segundo grupo de ejemplares de menor tamaño (52 a 60 cm LDM) a mitad de año, mezclándose estas dos cohortes con individuos de diferentes tamaños.

5.1. Introducción

La evaluación de la abundancia y biomasa de jibia en aguas nacionales es una temática de la que se dispone sólo de un antecedente previo en Chile (Payá *et al.*, 2014), aunque la presencia y el efecto de la jibia sobre merluza común han sido considerados en evaluaciones de stock

(Tascheri, 2010; Gatica, 2012), en modelos ecosistémicos (Neira & Arancibia, 2013) y en modelos globales (Alarcón *et al.*, 2008).

En el presente trabajo se revisó literatura para reconocer modelos y esquemas aplicados a diferentes especies de calamares en el mundo. Primero se estableció qué modelos del tipo edad-estructurados de escala anual no serían aplicables por las características de pulsos de los stocks de calamares, rápido crecimiento poblacional y activa migración. Las especies como la jibia presentan ciclo de vida de alta plasticidad, lo que incluye alta fecundidad, desove a lo largo de todo el año y la presencia de dos cohortes estacionales cuyos individuos podrían aparearse. Pierce & Guerra (1994) señalan que estos niveles de plasticidad hacen difícil el seguimiento temporal de cohortes y el empleo de modelos de abundancia basados en longitud (por la mezcla de cohortes de similar tamaño, pero similar edad, por ejemplo).

El marco referencial del presente proyecto exigía estimar la abundancia, biomasa y fracción desovante por sexo de jibia en un esquema de evaluación indirecta. Sobre el particular, un modelo agregado o estructurado por edad debe implementarse y construirse conociendo aspectos de la biología y de la dinámica poblacional del recurso pesquero objetivo. Además, el modelo debe estar en sintonía con el conocimiento existente de la especie y la pesquería, además de información disponible para consolidar un esquema de evaluación edad y/o tamaño estructurado. Además, una evaluación de stock requiere de calibradores de abundancia y biomasa (e.g. acústica, área de barrida u otro) para evitar fuertes supuestos en la capturabilidad o en las condiciones iniciales del modelo. Con tal tipo de consideraciones se presentó en la oferta técnica diferentes métodos o modelos candidatos para la evaluación de stock para jibia, los que fueron evaluados para su implementación con la información disponible, obviamente

Para el efecto se consideró el modelo conceptual de explotación e historia de vida (ver resultados del objetivo específico 6 en este mismo documento), el que fue desarrollado para la jibia en aguas nacionales. En síntesis, de los posibles esquemas presentados o existentes para evaluación de jibia, probablemente sólo se dispone de información suficiente para aplicar el primero de los métodos propuestos en la oferta técnica, esto es, el Modelo de Biomasa Dinámica de Schaefer (Megrey & Wespestad, 1988). Esta situación no implica que los otros métodos propuestos originalmente en la oferta técnica u otros pudieran desarrollarse posteriormente, tanto a nivel nacional como internacional, cuando se disponga de la información necesaria tanto en calidad

como en resolución a escala temporal del proceso que se desee modelar. Este tipo de requerimientos es necesario para la implementación de modelos de agotamiento y/o del tipo de estaciones de pesca utilizando escalas semanales, quincenales u otras que se defina.

5.2. Materiales y Métodos

5.2.1. Modelo de evaluación de stock

La metodología de trabajo para el desarrollo de un modelo de evaluación de stock para jibia en aguas nacionales consideró elementos relativos al modelo conceptual y las fuentes de información que sustentan al modelo mismo. En relación con el conocimiento adquirido recientemente y durante el presente trabajo, más información disponible, se presentaron tres posibles esquemas de modelos de biomasa dinámica. Sin embargo, la información disponible que fue posible reunir sólo permite abordar la dinámica con el primero de los tres enfoques de modelación presentados.

5.2.1.1. Información

En esta evaluación de stock para de jibia se utiliza información proveniente del monitoreo del recurso jibia que realiza INPESCA y corresponde a información pesquera (Tabla 5.1) y data biológica (Tabla 5.2). Por lo tanto, las piezas de información disponibles corresponden a:

- información de proyectos financiados por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP), en particular estudios biológico-pesqueros y cruceros acústicos (años 2004 a 2014);
- información del Programa de Seguimiento de la Pesquería y Sistema de Información de Merluza Común (SIMEC) de INPESCA para la VIII Región del Biobío (años 2004 a 2014), en particular de la pesca de jibia como recurso objetivo de la flota de arrastre;
- información de los desembarques industrial y artesanal en el período 2004 a 2014 del Servicio Nacional de Pesca (SernaPesca).

Tabla 5.1. Información de entrada al modelo de evaluación de stock (Modelo de Schaefer) proveniente de la actividad pesquera y cruceros acústicos.

INFORMACIÓN	FUENTE	PERÍODO
Desembarques anuales (t)	SernaPesca	2004-2014
Composición de tamaños machos	INPESCA	2011-2014
Composición de tamaños hembras	INPESCA	2011-2014
Captura por unidad de esfuerzo (t/h.a.)	INPESCA	1997-2014
Clave talla-edad machos	INPESCA	2014
Clave talla-edad hembras	INPESCA	2014
Proporción sexual en peso	INPESCA	2011-2014
Captura por Unidad de Esfuerzo acústica (CPUA)	IFOP	Lillo <i>et al.</i> , 2004; 2005; 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014.

Tabla 5.2. Información biológica de edad (anual), peso machos (kg), peso hembras (kg), madurez y mortalidad natural, M (año^{-1}). Fuente: presente proyecto.

Edad	Peso_machos	Peso_hembras	Madurez	M
0,08	1,70	0,42	0	1,6
0,17	3,15	1,28	0	1,6
0,25	4,49	2,44	0	1,6
0,33	5,77	3,85	0	1,6
0,42	7,03	5,51	0	1,6
0,50	8,24	7,37	0	1,6
0,58	9,43	9,42	0	1,6
0,67	10,62	11,68	0	1,6
0,75	11,77	14,08	0	1,6
0,83	12,91	16,65	0	1,6
0,92	14,04	19,41	0	1,6
1,00	15,15	22,29	1	1,6
1,08	16,25	25,32	1	1,6
1,17	17,35	28,53	1	1,6

La Tabla 5.2 se basa en resultados del actual estudio, existiendo incertidumbre en la estimación de M y en el vector de madurez. Se asume que los ejemplares de jibia están maduros a partir del mes 12 de vida.

5.2.1.2. Modelo de biomasa dinámica de Schaefer

A partir de información de capturas y CPUA (índice abundancia relativa) se construye un modelo de biomasa dinámica de Schaefer (Hilborn & Walters, 1992). La expresión del modelo dinámico de biomasa en forma determinista es:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t \left(1 - \frac{B_t}{k} \right) - C_t$$

donde t = tiempo; B_t = biomasa de la población al tiempo t ; B_{t+1} = biomasa de la población al tiempo $t+1$; r = tasa intrínseca del crecimiento de la población; k = tamaño de la biomasa virgen o capacidad de carga; C_t = captura al tiempo t .

5.2.1.3. Error de observación

La versión simplificada para el modelo de biomasa dinámica asume que al comienzo de la serie la población se encuentra en condición virginal, esto es, sin explotación, de tal forma que $B_0 = K$, reduciéndose los parámetros a ser estimados a r , κ y q . Luego, la expresión para el índice de abundancia ajustado es:

$$\hat{I}_t = qB_t$$

De esta forma se obtiene las predicciones del índice de abundancia contrastándolo con el índice observado I_t para el proceso de estimación de parámetros. Luego, al asumir distribución tipo log-normal, la función de verosimilitud negativa (Magnusson, 2011) corresponde a:

$$-\ln \ell(\Theta | data) = 0.5n \ln(2\pi) + n \ln(\sigma) + \frac{\sum (\ln(I) - \ln(\hat{I}))^2}{2\sigma_v^2}$$

Considerando el modelo conceptual formulado por nosotros (ver más adelante en este proyecto), el modelo de biomasa dinámica puede presentar más de un período o escala temporal a la anual por año, como es el caso del calamar de Sud África (*Loligo vulgaris*), para reflejar la dinámica de las flotas que operan sobre el recurso (Glazer & Butterworth, 2006).

5.2.1.4. Extensión del modelo de biomasa dinámica

Para disponer de estimaciones de abundancia y biomasa estructurada por sexo de jibia se realizó una extensión a partir de estimaciones de biomazas (B_t); se empleó resultados de crecimiento de jibia por sexo del presente proyecto (objetivo específico 1, sección 2), disponiéndose entonces de clave longitud-edad, proporción sexual en biomasa, frecuencias de longitudes, pesos medios y madurez por sexo.

La estimación de biomasa $B_{t,s}$ en tiempo t y sexo s se realizó por:

$$B_{t,s} = B_t P_s$$

donde P_s es proporción sexual, Luego, la abundancia $N_{t,s}$ se obtiene con:

$$N_{t,s} = \frac{B_{t,s}}{w_{t,s}}$$

Con

$$w_{t,j,s} = \frac{\sum_{j=1}^J f_{t,j,s} \bar{w}_{t,j,s}}{\sum_{j=1}^J f_{t,j,s}}$$

La abundancia $N_{t,l,s}$ por longitud l y sexo s del año t se obtiene de la siguiente expresión:

$$N_{t,l,s} = N_{t,s} p_{t,l,s},$$

donde $p_{t,l,s} = \frac{f_{t,l,s}}{\sum_{l=1}^L f_{t,l,s}}$; corresponde a la composición por longitud ($p_{t,l,s}$). Una vez obtenidas la

abundancia por longitudes y sexos, y empleando la clave longitud-edad ($\psi_{j,l,s}$), se genera la abundancia por edades y sexos en el año t ($N_{t,j,s}$), cuya expresión es:

$$N_{t,j,s} = N_{t,l,s} \psi_{l,j,s}$$

A partir de $N_{t,j,s}$ y definiendo a reclutas como aquellos ejemplares de 1 año de edad (12 meses), se estima el reclutamiento del año t como:

$$R_{t,s} = \sum_{j=1}^{12} N_{t,j,s}$$

La biomasa desovante queda luego determinada como la abundancia de sobrevivientes a la fecha de principal desove, cuya expresión es:

$$B_{a,t}^d = \sum_{a=1}^A N_{a,t,s} w_{a,t} \mu_a \exp^{-t z}$$

donde μ_a es la madurez a la edad a , t_s es el período de desove (9/12), $w_{a,t}$ es el peso a la edad a en el tiempo t y z_a es la mortalidad total.

5.2.1.5. Dinámica del stock para proyección de biomasa

Para la proyección de la biomasa del stock se utiliza el modelo de Schaefer en un horizonte de corto plazo (10 años) desde 2004 hasta 2014; para el último año el valor de captura se asume equivalente al desembarque oficial reportado de 158.000 mil t. Se implementó una estrategia de explotación con tasa de explotación constante equivalente a F_{RMS} .

El análisis de incertidumbre para los indicadores de biomasa futuras y parámetros derivados del modelo de producción son realizados aplicando el método Monte Carlo (MCMC), donde se aproxima la distribución posterior de los parámetros de interés en un enfoque Bayesiano. Se realiza 1 millón de simulaciones (corridas) cuyos resultados son salvados cada n -simulaciones (i.e. 200). En particular, el programa AD Model Builder utiliza la matriz Hessiana para producir una distribución normal multivariada aplicando el algoritmo metrópolis Hasting (Fournier *et al.*, 2012).

5.2.1.6 Ecuaciones de dinámica del stock para la simulación de biomazas proyectadas

La biomasa proyectada futura B_{tp} , es simulada con tasa de explotación (h_{msy}) del máximo rendimiento sostenido, esto es:

$$B_{tp+1} = B_{tp} + rB_{tp} \left(1 - \frac{B_{tp}}{k} \right) - h_{msy} B_{tp}$$

Además, se estimó los indicadores de desempeño, a saber:

- 1) razón de biomazas: razón entre la biomasa al final del período de proyección B_{tp} y la biomasa total del último año del período de evaluación B_{2014} , esto es:

$$B_r = B_{tp=2024} / B_{2014},$$

- 2) razón de agotamiento: razón entre la biomasa al final del período de proyección y la biomasa total del primer año de evaluación (2004), esto es:

$$B_{agotamiento} = B_{2024} / B_{2004}$$

5.2.1.7. Parámetros del stock para el manejo pesquero

Un producto asociado al modelo de biomasa dinámica son referencias derivadas del modelo (Clark 1990, Krebs 1994), tales como:

- tasa de captura para la máxima captura sostenida: $h_{MRS} = \frac{r}{2},$
- tamaño del stock a nivel de MRS: $B_{MRS} = \frac{k}{2}$
- Máximo Rendimiento Sostenido (MRS): $MRS = \frac{rk}{4}$

5.2.2. Condicionamiento del Modelo

El condicionamiento del modelo se basó en dos casos, los que producen diferentes puntos de partida de los parámetros del modelo de Schaefer y que en su totalidad se estiman en la fase 1 con límites de estimación inferior y superior (Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Condicionamiento del modelo de Schaefer para evaluación de jibia.

Caso	Parámetro	Fase	Linf	Lsup	Valor inicial
1	r	1	0,45	0,5	0,47
	k	1	6	6,5	6,2
	q	1	-3	-1	-2
	sigma	1	-2,4	-2,2	-2,3
2	r	1	-5	0	-1,1
	k	1	6	13	8
	q	1	-12	-5	-7,9
	sigma	1	-5	-2	-2,3

5.2.3. Lenguaje de programación

El modelo de evaluación de stock se implementó y codificó en AD Model Builder (<http://www.admb-project.org/>). Las principales características que determinan el uso de este programa computacional son la alta estabilidad numérica, computación rápida y eficiente, y precisión en los parámetros estimados. Este programa constituye un lenguaje de alto nivel construido sobre la base de la librería Autodif, correspondiente a una extensión de lenguaje C++ con una implementación transparente y de diferenciación automática. Las rutinas y algoritmos para procesamiento de datos, análisis estadísticos y gráficos emplea el programa de libre disposición R (R Development Core Team, 2011).

5.3. Resultados

5.3.1. Biomasa total y biomasa de machos y de hembras

Caso 1

Las estimaciones de las biomásas desde 2004 hasta 2014 son presentadas en la Tabla 5.4. La biomasa total presenta su valor medio en 185 mil toneladas; los estimados de biomasa por sexo dan cuenta de mayor biomasa de machos entre desde 2004 hasta 2011. Esta condición cambia a mayor biomasa de hembras hacia el final de la serie en 2012 - 2014. La biomasa desovante muestra extraordinariamente bajos valores (cerca de 0 debido a la ausencia de hembras maduras en la zona de pesca). Los reclutamientos de machos y hembras varían en un amplio rango (3,33 millones a 23 millones de ejemplares en machos, y 335 millones a 22,81 millones en hembras). Los desembarques oficiales son de 164 mil toneladas en promedio, con el mínimo de 106 mil toneladas el año 2013 (Fig. 5.1).

Tabla 5.4. Biomasa total (BT, ton), biomasa de machos (Bm, ton), biomasa de hembras (Bh, ton), biomasa desovante (Bd, ton), reclutamiento de machos (Rm, número), reclutamiento de hembras (Rh, número) y capturas (Y, ton) desde 2004 hasta 2014 (Caso 1; ver texto para detalles).

Año	BT(^3)	Bm(^3)	Bh(^3)	Bd(^3)	Rm (^3)	Rh(^3)	Y(^3)
2004	477,5	272,2	205,3	0,7	23048,4	22812,4	174,8
2005	302,8	172,6	130,2	0,5	14613,1	14463,5	296,6
2006	180,0	102,6	77,4	0,3	8686,4	8597,4	250,6
2007	105,2	60,0	45,2	0,2	5078,0	5026,0	123,7
2008	110,1	62,8	47,4	0,2	5315,6	5261,2	144,0
2009	99,0	56,4	42,6	0,2	4779,3	4730,3	54,6
2010	167,6	95,5	72,1	0,3	8087,8	8005,0	197,1
2011	141,0	80,4	60,6	0,2	6805,9	6736,2	162,3
2012	134,6	70,0	64,6	1,0	3333,2	3356,0	144,6
2013	141,6	62,3	79,3	3,0	8136,6	8264,1	106,2
2014	191,6	90,1	101,6	3,6	10470,9	10687,8	158,9

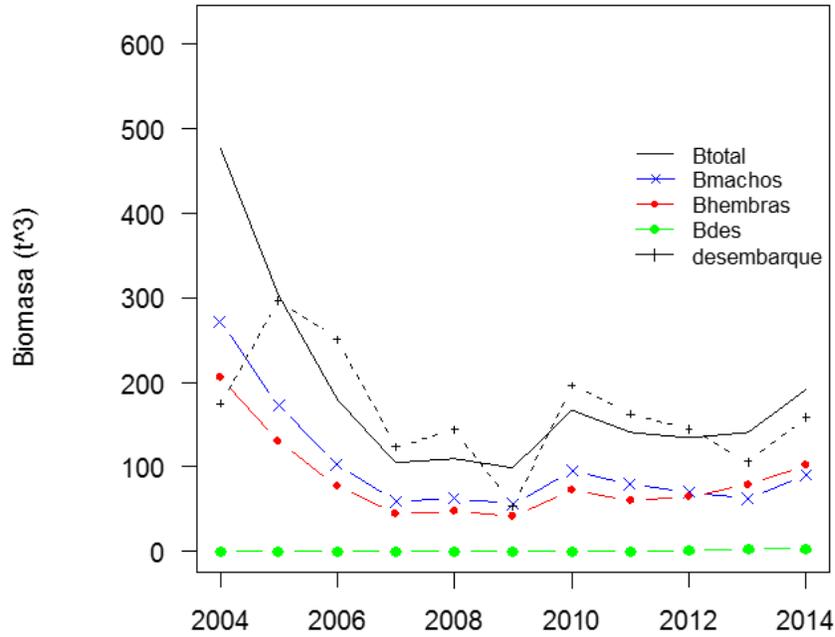


Figura 5.1. Biomasa total, biomasa de machos, biomasa de hembras, biomasa desovante y desembarques desde 2004 hasta 2014 (Caso 1).

La Fig. 5.2 corresponde a un boxplot y da cuenta de la incertidumbre asociada al estimado anual de biomasa, la que se incrementa, mostrando tendencia negativa inicial desde 2004 hasta 2009, fluctuando luego por sobre 150 mil toneladas e incrementándose en 2014.

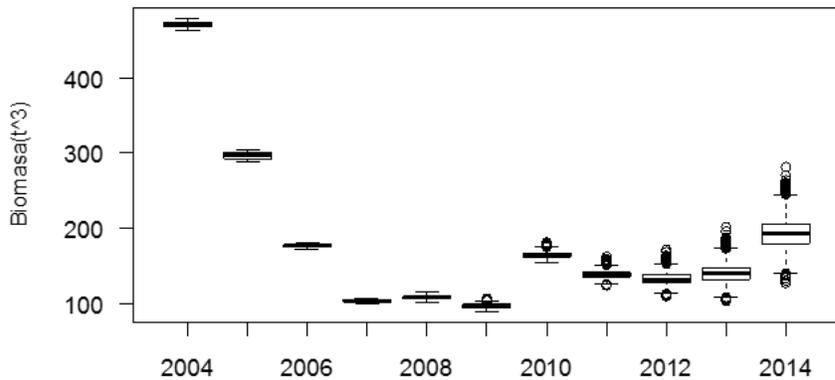


Figura 5.2. Box plot de biomasa total de jibia del período 1992-2014 (Caso 1).

El ajuste de la CPUA de jibia se presenta en la Fig. 5.3. En general la CPUA estimada sigue la tendencia de las observaciones en sus variaciones inter-anales. El año 2004 se presentó la mayor CPUA, disminuyendo hasta el año 2007. Luego, desde 2008 hasta 2014 no presenta una tendencia particular.

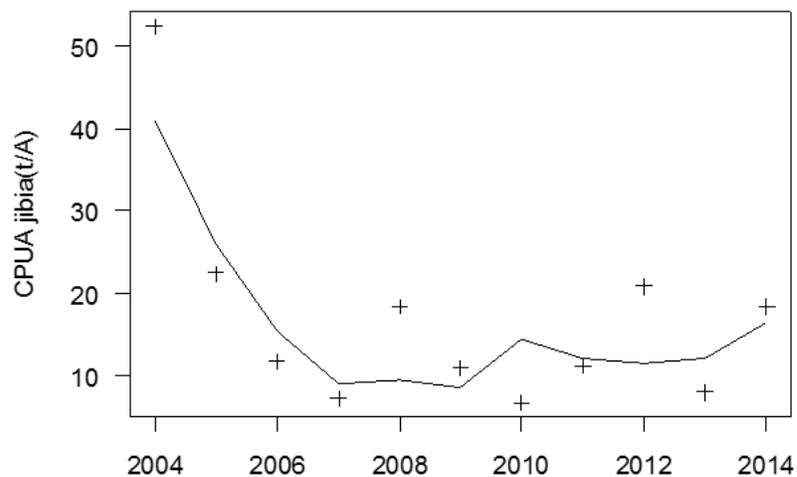


Figura 5.3. CPUA de jibia observada (+) y estimada (línea) desde 2004-2014.

La simulación de la biomasa de jibia proyectada muestra una tendencia positiva desde el año 2015 al año 2018, manteniéndose las biomazas por sobre 180 mil toneladas (Fig. 5.4).

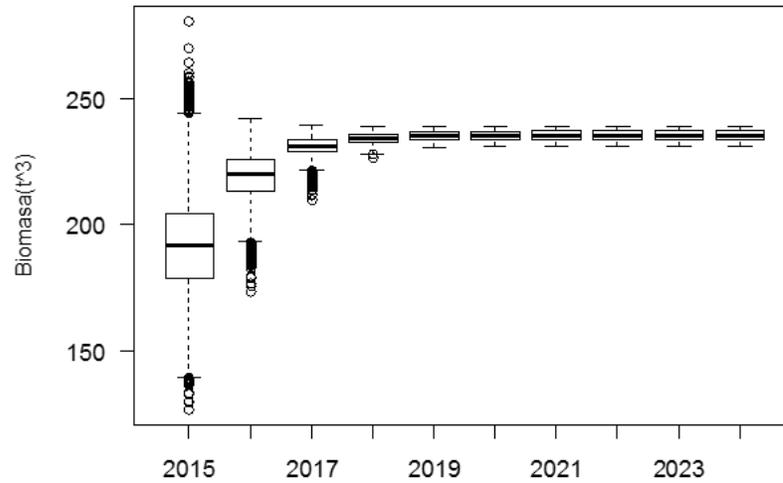


Figura 5.4. Boxplot biomasa total proyectada a 10 años (Caso 1).

En la Tabla 5.5 se presenta los parámetros estimados del modelo de Schaefer y el error estándar asociado. Además, se presenta las variables estimadas correspondientes a Puntos Biológicos de Referencia (PBR) de biomasa en el Máximo Rendimiento Sostenido (B_{MRS}), tasa de cosecha a nivel de MRS (h_{MRS}) y MRS. Los indicadores de desempeño asociados a la simulación son la razón de biomazas ($B_r = B_{tp=2024} / B_{2014}$) y la biomasa de agotamiento ($B_{agotamiento} = B_{2024} / B_{2004}$). Ambos indicadores muestran una mejora en la condición futura proyectada a 10 años.

Tabla 5.5. Parámetros estimados (r , k , q , σ), Puntos Biológicos de Referencia (B_{MRS} , h_{MRS} , MRS), variables de desempeño (Br , $B_{agotamiento}$) y función objetivo minimizada. Caso 1.

Parámetro	Valor	Error
r	1,568	0,001
k	477,530	0,260
q	0,086	0,004
σ	0,111	0,000
B_{MRS}	238,770	0,130
h_{MRS}	0,784	0,000
MRS	187,230	0,093
k	477,530	0,260
Blast	238,770	0,130
Btasa	1,246	0,126
agotamiento	0,500	0,000
Función objetivo	61,003	

En las Figs. 5.5 y 5.6 se presenta la distribución de probabilidad de los parámetros obtenidos mediante el procedimiento MCMC; tanto los parámetros del modelo como las estimaciones de PBR exhiben amplia distribución de valores probables dado el condicionamiento del modelo (Tabla 5.3), lo que determina una forma no simétrica con la excepción del parámetro q . Los estimados de PBR se basan en fuertes supuestos y son dependientes de la información utilizada, i.e. CPUA de jibia como índice de abundancia relativa, siendo necesario interpretarlos en el contexto de un enfoque de data media y conocimiento limitado.

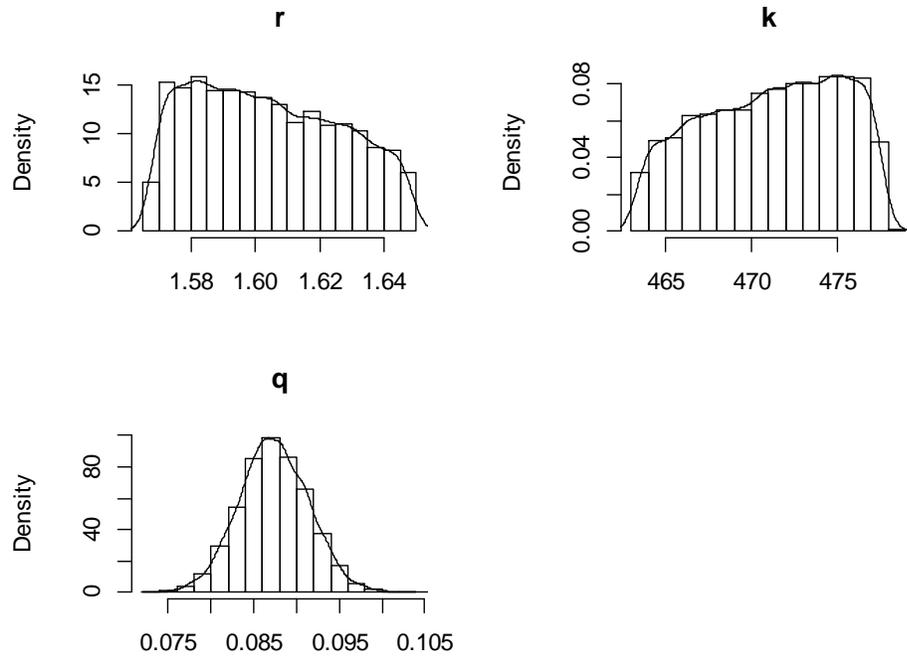


Figura 5.5. Distribución de los parámetros r , k y q del modelo de Schaefer (Caso 1).

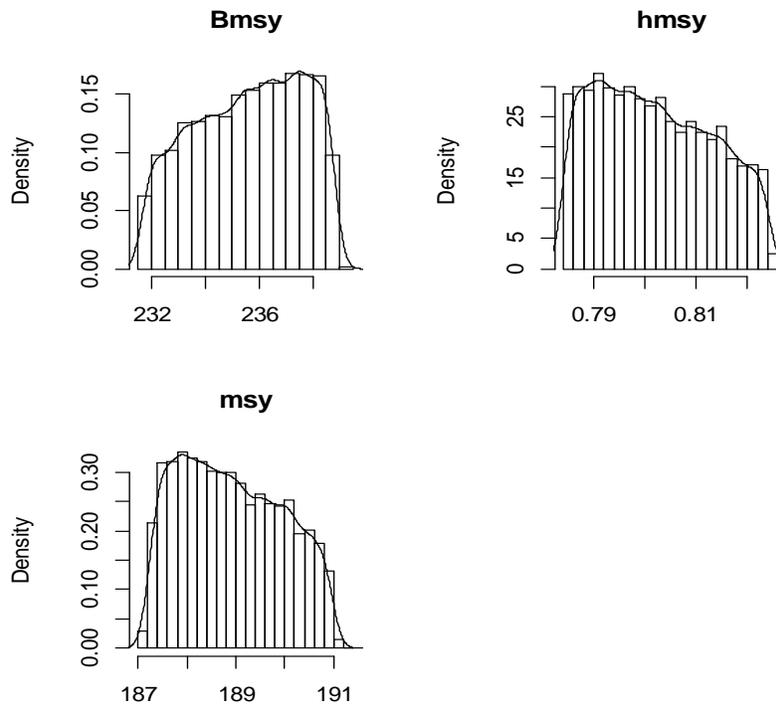


Figura 5.6. Distribución de probabilidad de los Puntos Biológicos de Referencia estimados a partir del modelo de Schaefer (Caso 1).

Caso 2

En el Caso 2 la biomasa total estimada de jibia presenta mayores valores que los generados para el Caso 1. Para el comienzo de la serie se estima una biomasa de 2,7 millones de toneladas, seguida por tendencia a la baja, finalizando el año 2014 con 1,7 millones de toneladas. En relación a las biomásas por sexo, aquellas muestran tendencia similar, predominando la biomasa de machos por sobre las hembras desde 2004 hasta 2012. Luego ocurre un cambio, dominando las hembras hasta el año 2014. La biomasa desovante varía entre 2,9 y 4,2 millones de toneladas desde 2004 hasta 2011, para luego incrementarse levemente (Tabla 5.6). Las estimaciones de reclutamiento presentan un valor promedio de 99,2 millones de machos y 98,7 millones de hembras, aunque fluctuando ambos sexos conjuntos entre 45 y 131 millones de ejemplares (Fig. 5.7).

Tabla 5.6. Biomasa total (BT, ton), biomasa de machos (Bm, ton), biomasa de hembras (Bh, ton), biomasa desovante (Bd, ton), reclutamiento de machos (Rm, número), reclutamiento de hembras (Rh, número) y capturas (Y, ton) desde 2004 hasta 2014 (Caso 2; ver texto para detalles).

Año	BT(^3)	Bm(^3)	Bh(^3)	Bd(^3)	Rm (^3)	Rh(^3)	Y(^3)
2004	2730	1556,2	1174,0	4,2	131773,1	130423,8	174,8
2005	2555	1456,6	1098,8	3,9	123337,8	122075,0	296,6
2006	2284	1301,9	982,2	3,5	110243,1	109114,3	250,6
2007	2091	1191,9	899,2	3,2	100928,3	99894,9	123,7
2008	2043	1164,5	878,5	3,1	98605,9	97596,3	144,0
2009	1978	1127,7	850,7	3,0	95489,4	94511,7	54,6
2010	2008	1144,6	863,5	3,1	96918,2	95925,9	197,1
2011	1893	1079,0	814,0	2,9	91362,9	90427,5	162,3
2012	1820	946,6	873,8	13,4	45077,6	45386,2	144,6
2013	1770	778,6	990,9	37,6	101645,9	103238,6	106,2
2014	1759	826,9	932,5	33,5	96127,3	98119,1	158,9

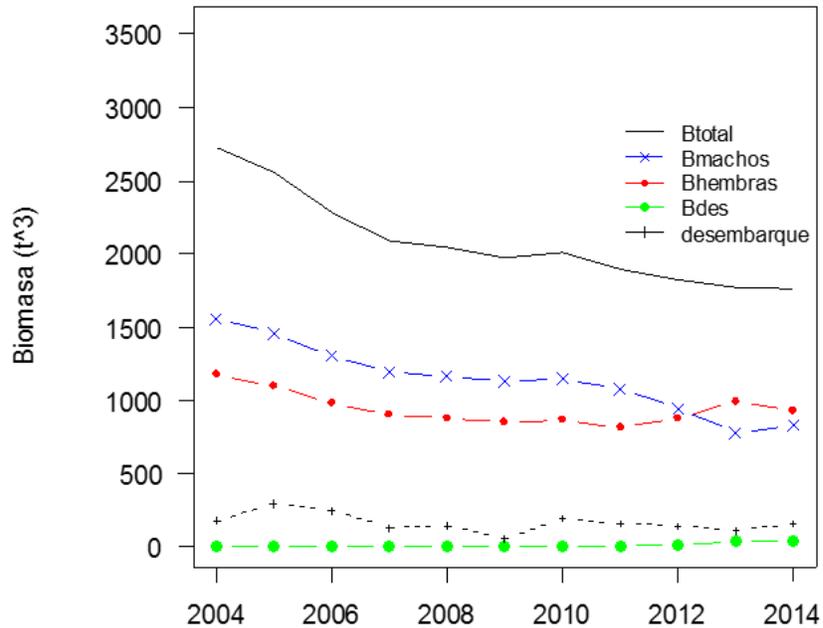


Figura 5.7. Biomasa total, biomasa de machos, biomasa de hembras, biomasa desovante y desembarque de jibia desde 2004 hasta 2014 (Caso 2).

La biomasa total estimada de jibia muestra tendencia decreciente sostenida desde el año 2004 hasta 2014. El boxplot muestra tendencia decreciente, aunque con mayor dispersión hacia los extremos de la serie (Fig.5.8). El ajuste de la CPUTA muestra tendencia levemente decreciente, aunque el modelo no recoge el primer año de la serie (Fig.5.9).

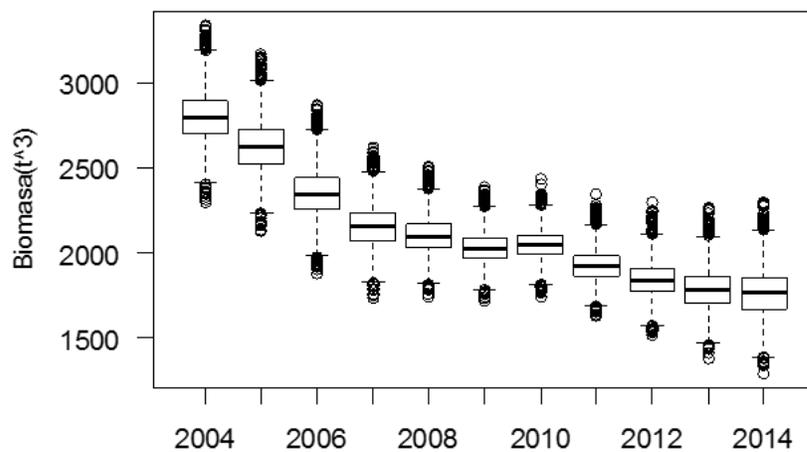


Figura 5.8. Box plot biomasa total del período 1992-2014 (Caso 2).

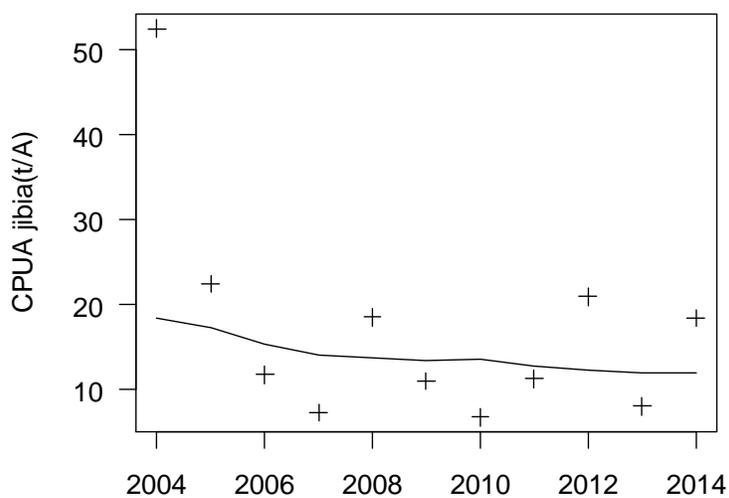


Figura 5.9. CPUA jibia observado (+) y estimado (línea) desde 2004 hasta 2014 (Caso 2).

La simulación de la biomasa proyectada por 10 años (2015 a 2024) muestra tendencia a la baja, pasando desde poco menos de 1,8 millones de toneladas, al comienzo de la serie, hasta poco menos de 1,6 millones de toneladas, al final de la serie (Fig. 5.10).

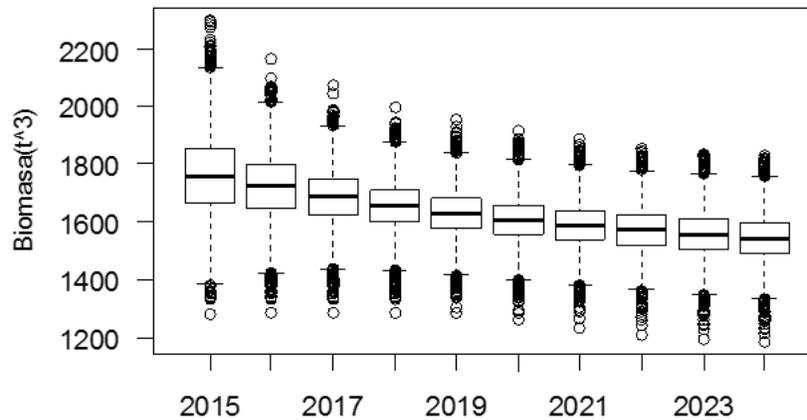


Figura 5.10. Boxplot biomasa total proyectada a 10 años (Caso 2).

En la Tabla 5.7 se presenta los parámetros estimados del modelo de Schaefer para jibia y el error estándar asociado (Caso 2). Además, se presenta las estimaciones de Puntos Biológicos de Referencia (PBR), biomasa del máximo rendimiento sostenido (B_{MRS}), tasa de cosecha a nivel de MRS (h_{MRS}) y MRS. Los valores generados para el Caso 2 muestran diferencias considerables comparadas con el Caso 1. Los indicadores de desempeño asociados a la simulación, correspondiente a la razón de biomazas ($B_r = B_{tp=2024} / B_{2014}$) y biomasa de agotamiento ($B_{agotamiento} = B_{2024} / B_{2004}$) indican una disminución en la condición futura proyectada a 10 años.

Tabla 5. 7. Parámetros estimados (r , k , q , σ), Puntos Biológicos de Referencia (B_{MRS} , h_{MRS} , MRS), variables de desempeño (Br , Bagotamiento) y función objetivo minimizada. Caso 2.

Parámetro variable	Valor	Error estándar
r	0,15447	0,057801
k	2730,2	132,87
q	0,007	0,000
σ	0,135	0,000
B_{MRS}	1365,100	66,434
H_{MRS}	0,077	0,029
MRS	105,430	35,499
k	2730,200	132,870
Blast	1529,400	78,954
Btasa	0,869	0,079
Agotamiento	0,560	0,005
Función objetivo	68,72	

En las Figs. 5.11 y 5.12 se presenta la distribución de probabilidad de los parámetros del modelo bajo la configuración del Caso 2, y de los PBR. La distribución de los parámetros es simétrica con excepción del parámetro q . La totalidad de los PBR presenta forma simétrica en su distribución de probabilidad.

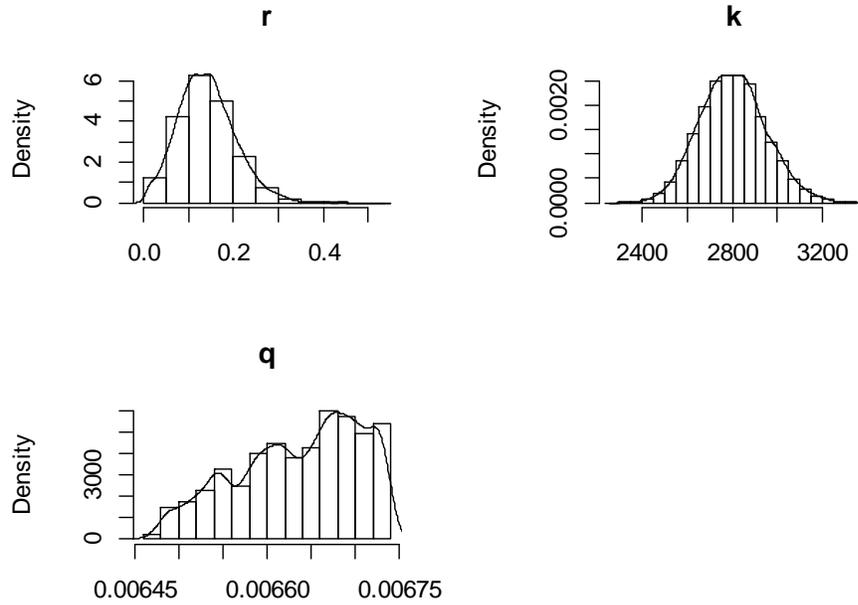


Figura 5.11. Distribución de los parámetros r , k y q del modelo de Schaefer (Caso 2).

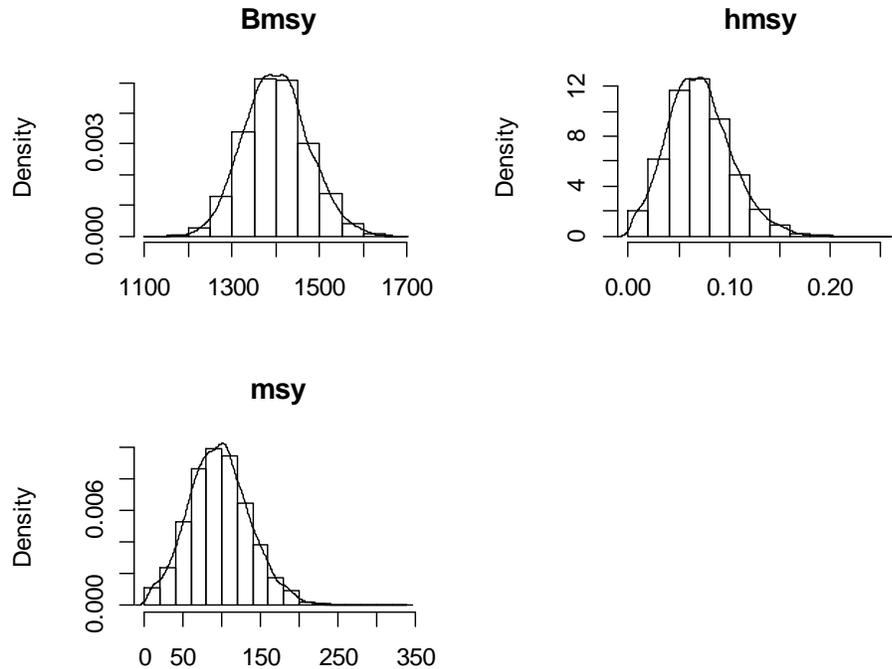


Figura 5.12. Distribución de probabilidad de los Puntos Biológicos de Referencia estimados a partir del modelo de Schaefer (Caso 2).

La información disponible de la estructura de tamaños de jibia desde 2011 hasta 2014 permitió generar estimaciones de composición por edad anuales a partir de claves talla-edad por sexo (ver sección 2 del objetivo específico 1 en el presente documento). En machos las edades predominantes son alrededor de 6 a 9 meses (Fig. 5.13). En hembras la composición por edad se refleja en ejemplares mayores que los machos, esto es, hembras entre 6 y 12 meses de edad (Fig. 5.14). Las composiciones por edad revelan que en el año se presenta más de una cohorte en la pesquería (probablemente dos cohortes), condición que se refleja mejor en la estructura de tamaños, observándose la entrada de ejemplares de mayor tamaño (primera cohorte) a comienzos de año, y un segundo ingreso de ejemplares de menor tamaño (segunda cohorte) a partir de mitad del mismo año, produciéndose una mezcla entre ejemplares del primer y segundo semestre en las capturas anuales (Figs. 5.15 y 5.16).

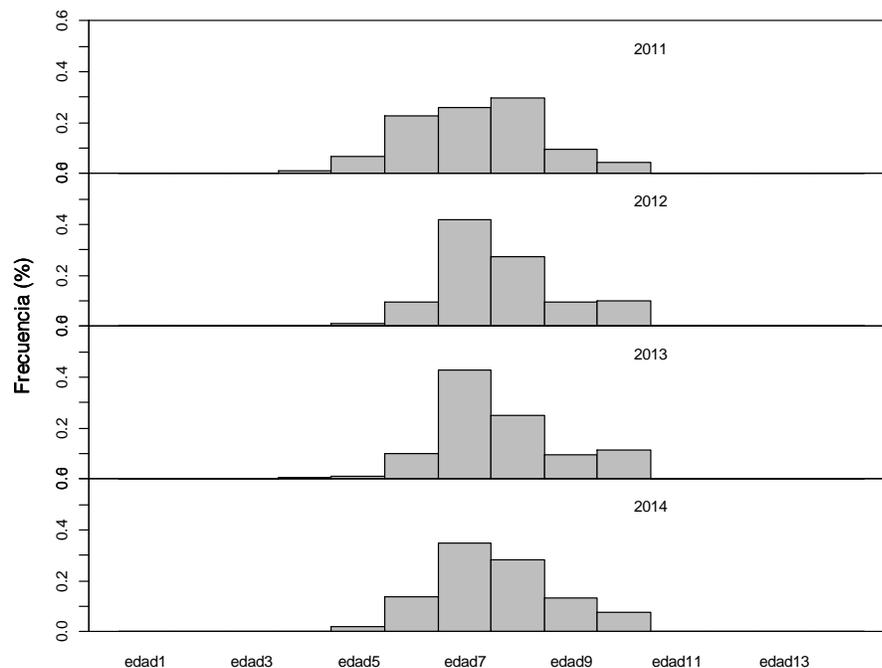


Figura 5.13. Composición por edades (meses) en machos desde 2011 hasta 2014.

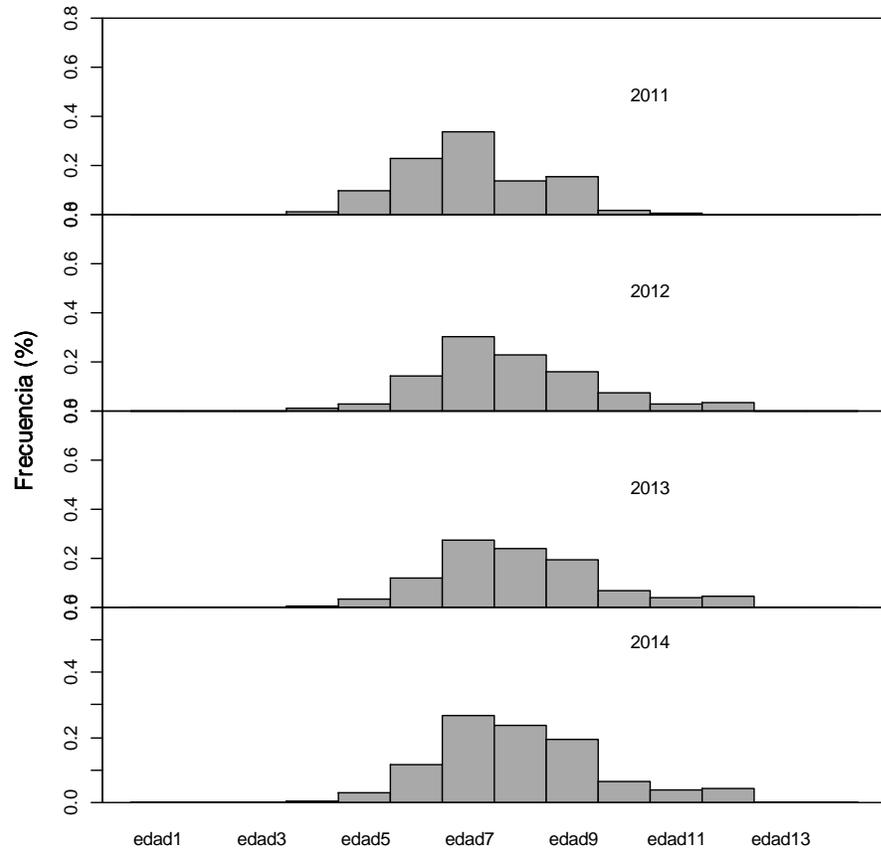


Figura 5.14. Composición por edades (meses) en hembras desde 2011 hasta 2014.

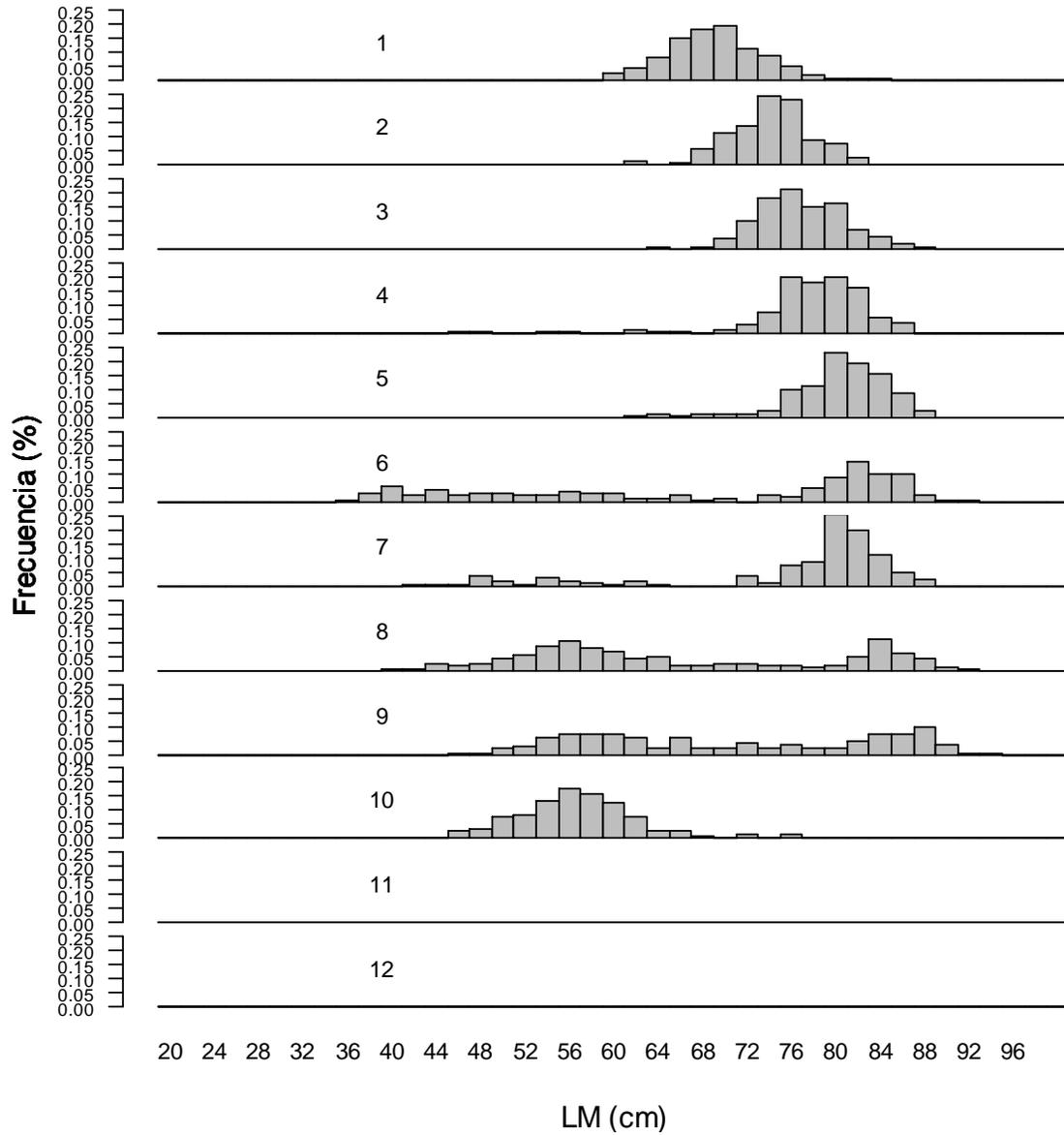


Figura 5.15. Estructura de tamaños muestreada el año 2014, machos (enero-diciembre).

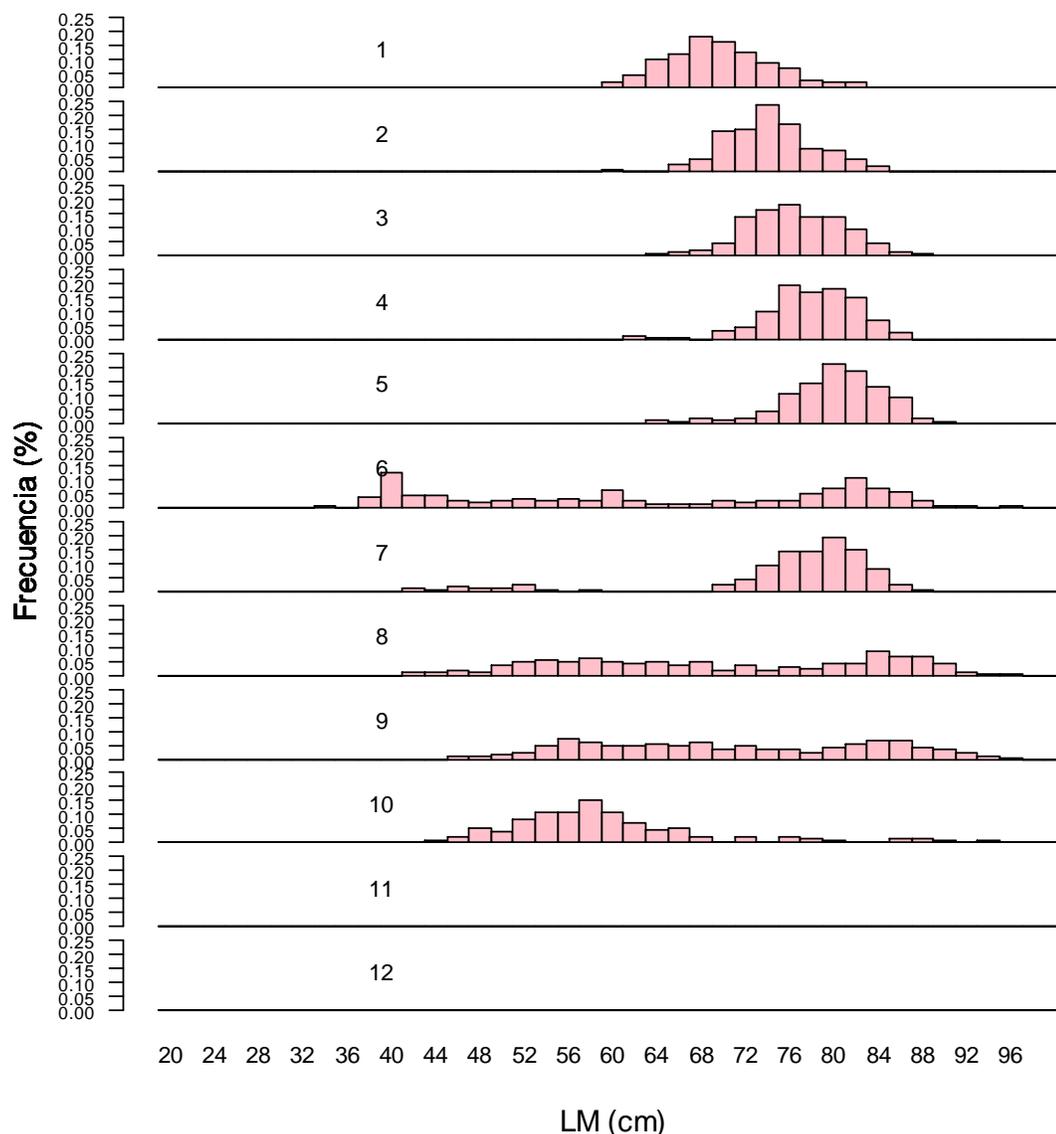


Figura 5.16. Estructura de tamaños muestreada el año 2014, hembras (enero-diciembre)

5.4. Discusión

La información disponible del recurso jibia ha permitido desarrollar un esquema de modelación basado en el modelo de Schaefer (modificado) para generar estimaciones de biomasa por sexo y biomasa desovante. Se utilizó información de capturas de jibia como recurso objetivo de la flota industrial de arrastre de media agua, normalmente enfrente del litoral de la VIII Región

(años 2011 a 2014). La información de muestreos biológicos permitió obtener los parámetros de crecimiento (objetivo específico 1, sección 2) y las composiciones por edades y tamaños en las capturas comerciales, lo que fue utilizado en modelos de evaluación de la abundancia y biomasa. Se considera que el enfoque aplicado es satisfactorio en términos del desempeño del modelo de biomasa dinámica por sexo, así como los parámetros y estimaciones de PBRs.

Sin embargo, dadas las características del stock de jibia ocurren diferencias importantes en los estimados de biomasa, dependiendo de los parámetros iniciales, esto es, el condicionamiento del modelo. El Caso 1 presenta mejor desempeño con biomazas más bajas comparadas con las del Caso 2. En efecto, en el caso 1 se estima biomazas de jibia en alrededor de 200 mil toneladas, mientras que el Caso 2 estima biomazas del orden de 1,7 millones de toneladas, lo que no parece razonable. Con un modelo similar, utilizado en Perú para la evaluación indirecta de jibia (IMARPE, 2015), se estimó altas biomazas (2,5 a 3,9 millones de toneladas), incluso mayores en magnitud al rango de estimaciones generadas por el modelo de biomasa dinámica del presente proyecto. En la pesquería de Perú las capturas se han incrementado desde cerca de 100 mil toneladas en 1999 a más de 600 mil toneladas el año 2014.

En el marco del modelo conceptual desarrollado en este proyecto (ver objetivo específico 6) y la contribución de información correspondiente a las estructuras de tamaños de jibia (anuales y mensuales), es posible establecer que existe más de una cohorte ingresando a la pesquería en el período de un año calendario (enero a diciembre) y que los ejemplares de mayor tamaño ingresan en la época estival, concentrándose en enero-febrero, permaneciendo en zona de pesca de la flota industrial. Luego, a mediados de año, ingresan a la pesquería ejemplares de jibia de menor tamaño/edad (reclutas), los que se mezclan con los ejemplares que estaban presentes desde inicios de año. La dinámica de la explotación de jibia y el paso de diferentes cohortes por la pesquería sugieren que la escala de procesos anuales es alta, debiendo desarrollarse investigaciones de mayor resolución temporal (meses), por ejemplo para la aplicación de modelos del tipo talla-estructurados o de agotamiento.

Entre los enfoques de evaluación candidatos para evaluaciones indirectas de jibia se encuentran los modelos de agotamiento por estaciones de pesca (McGregor, 2013; Roa-Ureta, 2014), modelos de biomasa dinámica (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001; Glazer & Butterworth, 2006), modelos talla-estructurados u otros, los que, básicamente dependen de la biología e historia de

vida del recurso objetivo, en conjunto con características de la explotación y patrones de migración e inmigración que esta especie presente en el área con influencia de las flotas nacionales. En el enfoque de evaluación presentado en este proyecto se asumió fuertes supuestos de estructura y dinámica del recurso jibia y, a la vez, la evaluación fue desarrollada con conocimiento incompleto por la escases de investigaciones en nuestro ecosistema, lo que se explica por el reciente desarrollo de la pesquería de jibia y la carencia de información sistemática, así como el establecimiento de programas de investigación y monitoreo regulares. Entre las limitaciones se identifica a los índices de abundancia con un diseño orientado a la explotación de jibia, y posiblemente al establecimiento de cruceros de evaluación acústica.

5.5. Conclusiones

- Los modelos de evaluación de jibia aplicados en el presente trabajo pueden ser utilizados en el contexto de clasificación de dato medio y, por lo tanto, sus estimaciones y PBRs no deberían ser utilizados aun para la aplicación de medidas de manejo y/o control.
- La información biológico-pesquera de jibia generada hasta ahora en Chile es ampliamente insuficiente para explorar y desarrollar modelos alternativos específicos para la evaluación del stock de jibia a nivel nacional, siendo necesario iniciar programas orientados a una evaluación robusta del stock.
- La CPUA de jibia, como índice de abundancia relativa, puede presentar limitaciones pues se le ha obtenido de cruceros (lances de pesca) destinados a merluza común como especie objetivo, no a cruceros de jibia. Esto implica la necesidad de disponer de índices de abundancia independientes de la pesquería y, a la vez, analizar la factibilidad de generar índices específicos para jibia.
- La falta de información de ejemplares maduros de jibia en aguas nacionales implicó suponer (imponer el criterio) que los ejemplares maduros tenían 12 meses de vida, lo que es un supuesto basado en conocimiento experto de los integrantes del equipo de trabajo en este proyecto con la asesoría de dos expertos internacionales (Dr. Unai Markaida de México y Dr. Alexander Arkhipkin de las Falkland Islands).
- El Máximo Rendimiento Sostenido (MRS) para el Caso 1, que presenta el mejor desempeño estadístico, fue estimado en 187 mil toneladas de jibia.

5.6. Referencia Bibliográfica

- Alarcón-Muñoz, R., L. Cubillos & C. Gatica. 2008. *Dosidicus gigas* biomass off central Chile CalCOFI Report 49, 2008.
- Clark, C. W. 1990. *Mathematical Bioeconomics*. 2nd Edition. Wiley Interscience, New York.
- Fournier, D.A., H.J. Skaug., J. Ancheta., I. Ianelli., A. Magnusson., M. Maunder., A. Nielsen. & J. Sibert. 2012. AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optim. Methods Softw.*, 27: 233–249.
- Glazer, J. & D. Butterworth. 2006. Some refinements of the assessment of the South African squid resource, *Loligo vulgaris reynaudii*. *Fisheries Research* 78: 14–25.
- Gatica, C. 2012. Análisis de la situación del stock de merluza común entre 1992 y 2012, y perspectivas de explotación para el 2013. Documentos Técnicos del Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano (Chile), 21 (2): 1–30.
- Hilborn, R. & C.J. Walters. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman and Hall, New York.
- Imarpe 2015. Situación del calamar gigante durante el 2014 y perspectiva de pesca para el 2015. Instituto del mar del Perú. 10 p. ([http:// www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/inf_calmar_2014_pers2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/inf_calmar_2014_pers2015.pdf)).
- Krebs, C. J. 1994. *Ecology*. 4th Edition, Harper and Collins, New York.
- Lillo, S., J. Olivares., M. Braun., E. Díaz., S. Núñez., A. Saavedra., J. Saavedra. & R. Tascheri, R. 2005. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2004. Informe Técnico FIP-IT/2004-09, 190 p.
- Lillo, S., J. Olivares., M. Braun., S. Núñez., A. Saavedra., J. Saavedra. & E. Molina. 2006. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2005. Informe Técnico FIP-IT/2005-05, 252.
- Lillo, S., R. Bahamonde., J. Olivares., J. Saavedra., E. Molina., E. Díaz., M. Braun., S. Núñez., E. Navarro., S. Vásquez., A. Sepúlveda., R. Alarcón. & A. Saavedra. 2007. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, año 2006. Informe Técnico FIP-IT/2006-03, 254.

- Lillo, S., 2008. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, año 2007. Informe Técnico FIP-IT/2007-16, 186 p.
- Lillo, S., E. Molina., J. Saavedra., J. Olivares., E. Díaz., S. Núñez., E. Navarro., S. Vásquez., R. Alarcón., A. Sepúlveda., M. Braun. & A. Saavedra 2008. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, año 2008. Informe Técnico FIP-IT/2008-14, 209 p.
- Lillo, S., R. Bahamonde., J. Olivares., J. Saavedra., E. Molina., E. Díaz., S. Núñez., M. Braun. & A. Saavedra. 2009. Evaluaciones hidro-acústicas de merluza común, año 2010. Informe Técnico FIP-IT/2009-13, 300 p.
- Lillo, S., R. Bahamonde., J. Olivares., J. Saavedra., E. Molina., E. Díaz., M. Braun., S. Núñez., S. Vásquez., M. Reyes., A. Sepúlveda. & A. Saavedra. 2012. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, año 2010. Informe Técnico FIP-IT/2010-10, 434 p.
- Lillo, S., R. Bahamonde., J. Olivares., J. Saavedra., E. Molina., E. Díaz., M. Rojas, M., Braun., J. Angulo., V. Valenzuela., S. Núñez., S. Vásquez., A. Reyes., A. Sepúlveda., S. Giglio. & A. Saavedra 2012. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, año 2011. Informe Técnico FIP-IT/2011-03, 408 p.
- Lillo, S., J. Olivares., S. Núñez. & E. Molina. 2012. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, año 2012. Informe Técnico FIP-IT/2012-04, 96 p.
- Lillo, S., J. Olivares. & E. Molina 2013. Evaluación directa de merluza común, año 2013. Informe de Avance, FIP 2013-11, 86 p.
- Lillo, S., J. Legua., J. Olivares. & E. Molina. 2014. Evaluación directa de merluza común, año 2014. Informe de Avance I, 85 p.
- Magnusson, 2011. Pella-Tomlinson in AD Model Builder, 6 p.
- Megrey, B., Wespestad, V., 1988. A review of biological assumption underlying fishery assessment models. In: Wooster, W.S. (Ed.), Fishery Science and Management: Objectives and Limitations. Lectures Notes on Coastal and Stuarines Studies, 28. Springer-Verlag, 31–69.
- McGregor, 2013. Investigation and development of post-season modelling of Arrow squid in the Snares and Auckland Islands, 83 p.
- Morales-Bojórquez, E., Cisneros-Mata, M., Nevárez-Martínez. & A. Hernández-Herrera. 2001. Review of stock assessment and fishery biology of *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research (54):83-94.
- Neira, S., Arancibia, H., 2013. Ecosystem model of Chilean hake. ICES Journal of Marine Science, (69): 1000-1020.

- Pierce, G.J. & A. Guerra. 1994. Stock assessment methods used for chephalopod fisheries. *Fisheries Research* 59:305–326.
- R Development Core Team. 2011. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 284 Austria. <http://www.R-project.org>.
- Roa-Ureta, R.H., Stock assessment of the Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) in Saudi waters of the Arabian Gulf with generalized depletion models under data-limited conditions. *Fish. Res.* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2014.08.014>.
- Tascheri, R., P. Gálvez. & J. Sateler. 2010. Investigación estatus y evaluación estrategias de explotación sustentables merluza común, 2010. Inf. Téc. Instituto de Fomento Pesquero-Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, 45.

6. Del Objetivo Específico 3

Analizar indicadores de la(s) pesquería(s) de jibia (capturas, esfuerzo de pesca, cpue) y determinar el rendimiento máximo sostenido (RMS) y punto biológico de referencia limite según la LGPA.

Resumen

Se estima el rendimiento máximo sostenible (RMS) para el stock de jibia, la tasa de explotación óptima (h_{RMS}) y el tamaño del stock (B_{RMS}) a partir de parámetros del modelo de biomasa dinámica (ver objetivo específico 2). Adicionalmente se aplicó un análisis de rendimiento por recluta (Y/R) para estimar puntos biológicos de referencia (PBRs) basados en tasas de mortalidad por pesca que conducen al rendimiento máximo sostenido (F_{RMS}) o niveles de biomasa desovante por recluta ($F_{40\%SPR}$, $F_{20\%SPR}$). La mortalidad por pesca que conduce al RMS se estimó en $F_{RMS} = 0,249$ trimestre⁻¹, en tanto que la biomasa desovante al nivel de RMS equivale a 28,8% de la biomasa desovante virginal, siendo este último un PBR recomendado para el stock de jibia en Chile centro-sur.

6.1. Introducción. Rendimiento máximo sostenido en la pesquería de jibia.

En la Ley General de Pesca y Acuicultura N° 20.657 se incorporó el concepto de Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) como el “...mayor nivel promedio de remoción por captura que se puede obtener de un stock en forma sostenible en el tiempo y bajo las condiciones ecológicas y ambientales predominantes.” (Art. 2, núm. 60). Consecuentemente, allí se utiliza RMS como punto biológico para calificar el estado de una pesquería (Art. 2, núm. 59), así como en la determinación de las cuotas de captura (Art. 3, Letra c, núm. 1), donde, para la determinación de éstas se deberá “...mantener o llevar la pesquería hacia el rendimiento máximo sostenible considerando las características biológicas de los recursos explotados”. RMS es considerado

también en el establecimiento de los planes de manejo (Art. 8, Letra b) y en el proceso de licitación de cuotas cuando la pesquería se encuentre en estado de plena explotación (Art. 27).

La Ley de Pesca N° 20.657 no establece cuáles serán los puntos biológicos de referencia límite (PBL), sino que aquellos deben ser definidos en particular en el caso de las pesquerías calificadas como colapsadas o agotadas (Art. 2, núm. 59).

6.2. Materiales y Métodos

6.2.1. Indicadores de la pesquería

El análisis de indicadores de la pesquería consideró información del Seguimiento de Pesquerías Demersales, la que fue solicitada a la Subsecretaría de Pesca y comprendió el período 1984 a 2010. Adicionalmente, se usó información de capturas colectada por INPESCA desde 2011 hasta 2014.

6.2.2. Modelo de Biomasa Dinámica para estimar RMS

Los estimados puntuales del rendimiento máximo sostenible (RMS), tasa de explotación óptima (h_{RMS}) y tamaño del stock B_{RMS} , en el cual se obtiene RMS o biomasa de equilibrio, pueden calcularse a partir de parámetros del modelo de biomasa dinámica desarrollado previamente en el objetivo específico 2 (Clark, 1990; Hilborn & Walters, 1992; Krebs, 1994), a saber:

Rendimiento máximo sostenido:

$$RMS = \frac{rK}{4}$$

Tamaño del stock al nivel del máximo rendimiento sostenido

$$B_{RMS} = \frac{K}{2}$$

Tasa de captura para la máxima captura sostenida

$$h_{RMS} = \frac{r}{2}$$

6.2.3. Análisis de rendimiento por recluta (Y/R)

Las dificultades en el análisis de rendimiento por recluta en pesquerías mono-específicas son: (a) “cantidad de pesca”, esto es, ¿cuánto pescar?, y (b) “método de pesca”, esto es, ¿qué individuos deben ser capturados? Los problemas relativos a la cantidad de pesca están relacionados con el control del esfuerzo de pesca para alcanzar ciertos objetivos operacionales tal como maximizar el rendimiento por recluta, maximizar el rendimiento en el largo plazo, minimizar los efectos del reclutamiento mientras se promueve la eficiencia económica, prevenir la sobreexplotación por crecimiento o prevenir la sobreexplotación por reclutamiento. Estos últimos (sobrepesca por crecimiento y sobrepesca por reclutamiento) tienen que ver con los dos tipos de riesgo que surgen con la explotación pesquera, a saber: i) el riesgo para la pesquería que las capturas se ubiquen por debajo de un nivel deseable y posible; y, ii) el riesgo para el stock que la biomasa caiga por debajo de un nivel tal que no permita mantener el reclutamiento en el nivel promedio. Los problemas relativos a los métodos de pesca tienen que ver con encontrar la edad óptima o tamaño óptimo a partir de la cual comenzar a explotar el stock. Este tipo de problema tiene que ver con la probabilidad de captura o selectividad edad tamaño-específico que un arte de pesca tiene.

Beverton & Holt (1957) desarrollaron el análisis de rendimiento por recluta para proveer un soporte técnico para la toma de decisiones de ambos tipos de problemas señalados en el párrafo precedente. La técnica supone que el manejo tiene sólo dos variables de control, a saber: i) el esfuerzo de pesca, y ii) la edad a la cual se debería comenzar a capturar. Entonces, encontrar el esfuerzo de pesca apropiado tiene que ver con la problemática de la cantidad de pesca, mientras

que encontrar la edad de primera captura es un problema relativo al método de pesca (aparejo de pesca).

El principio básico del análisis de rendimiento por recluta es que la captura por cápita de una cohorte completa (desde que se recluta hasta la esperanza de vida) es equivalente al rendimiento que se obtiene de una población en estado estable (steady state). En efecto, se asume que la mortalidad por pesca, la sobrevivencia, el reclutamiento y el crecimiento permanecen constantes por un período de tiempo lo suficientemente largo como para influir en todas las cohortes dentro de la población, logrando que se estabilice su estructura y abundancia. En el modelo de Beverton & Holt (1957) se asume que la tasa de cambio de las capturas en peso vienen dadas por la siguiente expresión:

$$\frac{dY_t}{dt} = FN_t w_t$$

donde Y es la captura en peso, F es la tasa de mortalidad por pesca (proporcional al esfuerzo de pesca), N es el número de ejemplares en el stock, w es el peso promedio de los ejemplares, y el subíndice t representa el tiempo-edad de la cohorte.

Se considera que la sobrevivencia de una cohorte viene dada por el modelo de extinción exponencial y que el crecimiento es descrito por el modelo de von Bertalanffy, i.e.:

$$N_t = R \cdot \exp(-M(t_c - t_r)) \exp(-(F + M)(t - t_c))$$

$$w_t = W_\infty \left(1 - \exp(-K(t - t_0))\right)^3$$

donde R es el reclutamiento (número), M es la tasa de mortalidad natural (año^{-1}), t_c es la edad de primera captura (años), t_r es la edad de reclutamiento (años); W_∞ (g o kg), K (año^{-1}) y t_0 (años) son parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, i.e. el peso asintótico, la tasa instantánea de crecimiento y la edad teórica a la cual el peso del pez es cero, respectivamente.

La ecuación de crecimiento en peso de von Bertalanffy es:

$$w_t = W_\infty \sum_{n=0}^3 U_n \exp(-nK(t - t_0))$$

donde $U_n = +1, -3, +3, -1$ para $n = 0, 1, 2, y 3$, respectivamente. Luego, sustituyendo e integrando, se tiene la siguiente solución:

$$Y = FR \exp(-M(t_c - t_r)) W_\infty \sum_{n=0}^3 \frac{U_n}{Z + nK} \exp(-M(t_c - t_0)) [1 - \exp(-(Z + nK)(t - t_c))]$$

Si esta ecuación es evaluada cuando $t \rightarrow \infty$, entonces el rendimiento (capturas) puede evaluarse utilizando la siguiente expresión:

$$Y = FR \exp(-M(t_c - t_r)) W_\infty \sum_{n=0}^3 \frac{U_n}{Z + nK} \exp(-M(t_c - t_0))$$

ó

$$YPR = FW_\infty \exp(-M(t_c - t_r)) \left[\frac{1}{Z} - \frac{3 \exp(-K(t_c - t_0))}{Z + K} + \frac{3 \exp(-2K(t_c - t_0))}{Z + 2K} - \frac{\exp(-3K(t_c - t_0))}{Z + 3K} \right]$$

donde YPR es el rendimiento por recluta (gramos/individuo), Z es la tasa de mortalidad total ($=F+M$; año⁻¹). Los otros símbolos han sido definidos previamente.

Por otro lado, la biomasa desovante virginal puede ser estimada en términos relativos respecto de $R_0 = 1$, esto es,

$$N_{0,j} = R_0, \quad j = 1$$

$$N_{0,j} = N_{0,j-1} \exp(-M_{j-1}), \quad j = 2, \dots, A$$

donde $R_0 = 1$ es el reclutamiento no explotado que genera la biomasa desovante no explotada (S_0) y A es la edad máxima. Luego

$$S_0 = \sum_{j=1}^A m_j W_j N_{0,j} \exp(-M_j \tau)$$

donde m_j es la fracción de individuos maduros a la edad j , W_j es el peso promedio a la edad j , τ es el mes del máximo de desove como una fracción del año (en nuestro caso septiembre).

Con $R_0 = 1$, y un determinado valor de steepnes (h) se estima los parámetros de la relación stock-recluta de Beverton & Holt de la forma:

$$\alpha = \frac{(1-h)S_0}{4hR_0}$$

$$\beta = \frac{(5h-1)}{4hR_0}$$

El procedimiento está pensado para aplicar el modelo de rendimiento por recluta de Beverton y Holt (parametrizado en términos de steepnes, h) para analizar el riesgo asociado a la pesquería, pues analiza solamente el rendimiento per cápita de una cohorte sin detenerse a observar el comportamiento de la biomasa y los riesgos de la explotación para el stock. No obstante, es fácil determinar la biomasa promedio por recluta (BPR) a partir del modelo anterior si se acepta que el rendimiento en equilibrio es igual a

$$Y = F\bar{B}$$

Luego:

$$\left(\frac{Y}{R}\right) = F \left(\frac{B}{R}\right) = YPR = F \cdot BPR$$

Entonces, la biomasa por recluta puede estimarse por

$$BPR = YPR/F$$

y la biomasa al nivel del máximo rendimiento se obtiene de la forma

$$\max_k BPR_k = \max_i \frac{YPR_k}{F_k}$$

donde F_k es el valor de mortalidad por pesca que produce el máximo rendimiento.

Los modelos que permiten cuantificar cambios en el rendimiento y en la biomasa desovante en función de la tasa de mortalidad por pesca permiten determinar los siguientes puntos biológicos de referencia:

- F_{RMS} = tasa de mortalidad por pesca que genera el máximo rendimiento por recluta;
- $F_{40\%SPR}$ = tasa de mortalidad por pesca al nivel de una biomasa desovante por recluta de 40% del valor no explotado ($SPRF=0$, cuando $F=0$);
- $F_{20\%SPR}$ = tasa de mortalidad por pesca límite al nivel de una biomasa desovante por recluta de 20% del valor no explotado ($SPRF=0$, cuando $F=0$).

El primero de los puntos biológicos de referencia se deduce de la curva de rendimiento por recluta y el resto de la curva de biomasa desovante por recluta (Mace & Sissenwine, 1993; Mace, 1994). De acuerdo con los modelos y las definiciones de los PBR, éstos se estiman de la siguiente manera:

- a) F_{RMS} (Gulland & Boerema, 1973) se define en términos matemáticos como la tasa de mortalidad por pesca (F) a la cual se alcanza el rendimiento máximo sostenido (F_{RMS}). En términos prácticos se obtiene de la curva de captura (versus la biomasa desovante ($SSB\%$) o mortalidad por pesca (F) cuando ésta alcanza su valor máximo. Matemática-mente se obtiene cuando el valor de la tangente a la curva de captura alcanza el valor cero.
- b) $F_{40\%}$ y $F_{20\%}$ se estiman resolviendo las siguientes ecuaciones, respectivamente:

$$SPR(F_{40\%}) - 0,4 \cdot SPR(F = 0) = 0$$

$$SPR(F_{20\%}) - 0,2 \cdot SPR(F = 0) = 0$$

6.3. Resultados

6.3.1. Indicadores de la pesquería

6.3.1.1. Lances de pesca

En el período 1998 a 2010 la fracción de lances de pesca monitoreados en el Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro Sur (donde se declaró captura de jibia) fue, en promedio, menor a 3% (Tabla 6.1). Al respecto, en dicho período la jibia se consideraba como fauna acompañante de la pesquería de merluza común, y no siempre se la retenía y/o declaraba como captura. En el caso del periodo 2011 a 2014, los lances corresponden al seguimiento que INPESCA ha realizado sobre dicho recurso pesquero, y se trata de lances con observadores a bordo por lo que la declaración de capturas es considerada fidedigna.

Tabla 6.1. Lances de pesca totales y positivos para jibia obtenidos desde el Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro-Sur (1998 a 2010) e INPESCA (2011 a 2014).

Año	Total (n°)	Positivos (n°)	%
1998	15.090	51	0,34
1999	8.949	36	0,40
2000	9.169	18	0,20
2001	11.084	5	0,05
2002	13.306	207	1,56
2003	17.164	42	0,24
2004	14.859	512	3,45
2005	10.141	154	1,52
2006	10.647	215	2,02
2007	8.817	80	0,91
2008	6.811	110	1,59
2009	5.950	30	0,50
2010	5.203	175	3,36
2011	173	168	97,11
2012	189	188	99,48
2013	1.085	1.084	99,91
2014	477	469	98,32

La distribución espacial de los lances de pesca anuales desde 1998 hasta 2014 muestra alta variabilidad interanual. En general, de 1998 a 2003 los lances de pesca de jibia se concentran entre 34°S y 39°S (Fig. 6.1), en tanto que de 2004 a 2008 la distribución de lances de pesca positivos de jibia se expandió, ocurriendo de 33°S a 42°S (Fig. 6.2). En el período de 2010 a 2014, cuando la explotación de jibia adquirió intencionalidad, los lances de pesca se concentraron entre 36°S y 39°S, con la excepción del año 2013 (Fig. 6.3), cuando se extendió desde el sur de la V Región hasta enfrente del Canal de Chacao.

6.3.1.2. Esfuerzo de pesca

El esfuerzo de pesca (horas de arrastre) presentó un crecimiento casi exponencial desde 2001 hasta 2013, disminuyendo el año 2014 (Fig. 6.4). En general, mensualmente el mayor esfuerzo de pesca se ha realizado desde marzo hasta septiembre (Fig. 6.5) debido a las posibles migraciones estacionales de jibia, saliendo a fines de septiembre al océano abierto para reproducirse, regresando a fines de febrero a las zonas de pesca dentro de la ZEE de Chile.

6.3.1.3. Capturas y desembarques

Las capturas anuales de jibia desde 1998 hasta 2009 (Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales) no sobrepasaron las 60 toneladas anuales, con la excepción de 2004 y 2008 cuando alcanzaron 276 y 275 toneladas, respectivamente (Fig. 6.6). En cambio, en 2010 las capturas pasaron de 108 toneladas en 2010 a casi 10 mil toneladas en 2014 (Fig. 6.6). Las capturas mensuales ocurren mayormente desde marzo hasta septiembre (Fig. 6.7).

Los desembarques (Anuarios Estadísticos de Pesca del Servicio Nacional de Pesca, (SernaPesca) muestran el predominio del sector artesanal en comparación al sector industrial. Los desembarques industriales superaron a los desembarques artesanales sólo en los años 2010 y 2014 (Fig. 6.8). Probablemente la diferencia entre las capturas registradas en el Seguimiento Demersal Centro-Sur y los desembarques reportados SernaPesca se deberían a deficiencias del muestreo del recurso jibia, al menos hasta el año 2010, cuando se transformó en recurso objetivo de la pesquería de arrastre industrial y del sector artesanal.

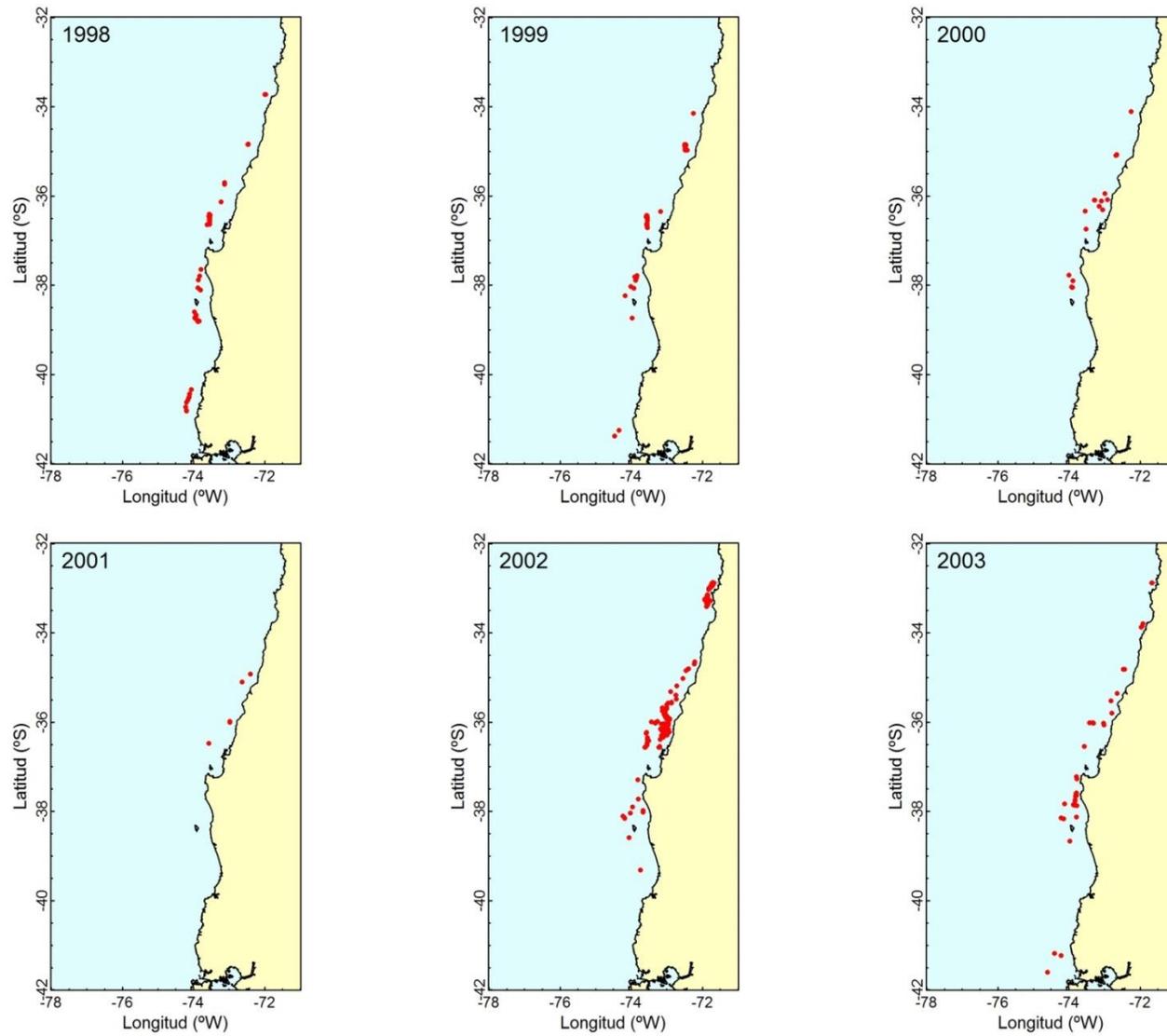


Figura 6.1. Distribución espacial de los lances de pesca (puntos) con presencia de jibia entre 32°S y 42°S desde 1998 a 2003.

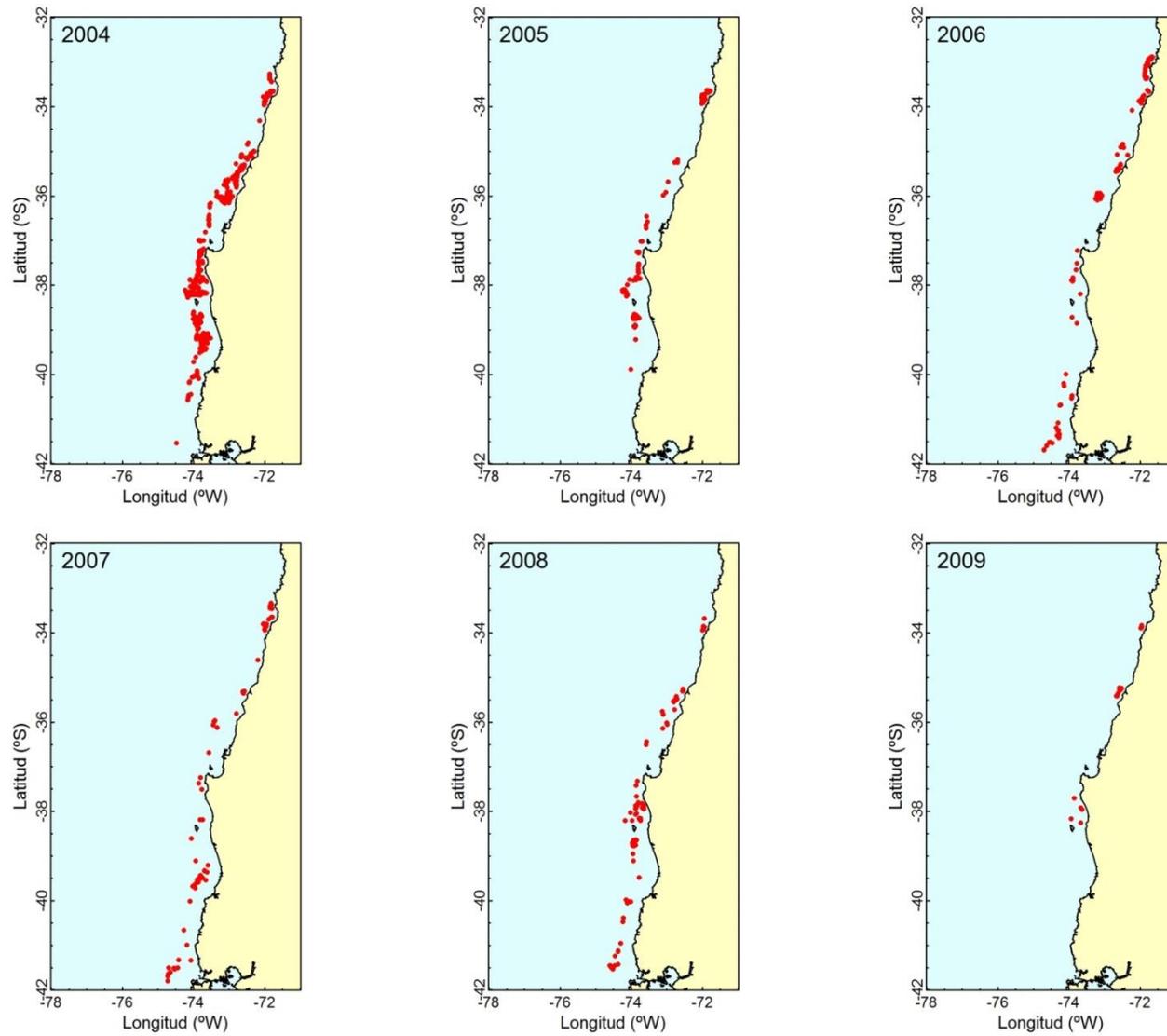


Figura 6.2. Distribución espacial de los lances de pesca (puntos) con presencia de jibia entre 32°S y 42°S desde 2004 a 2009.

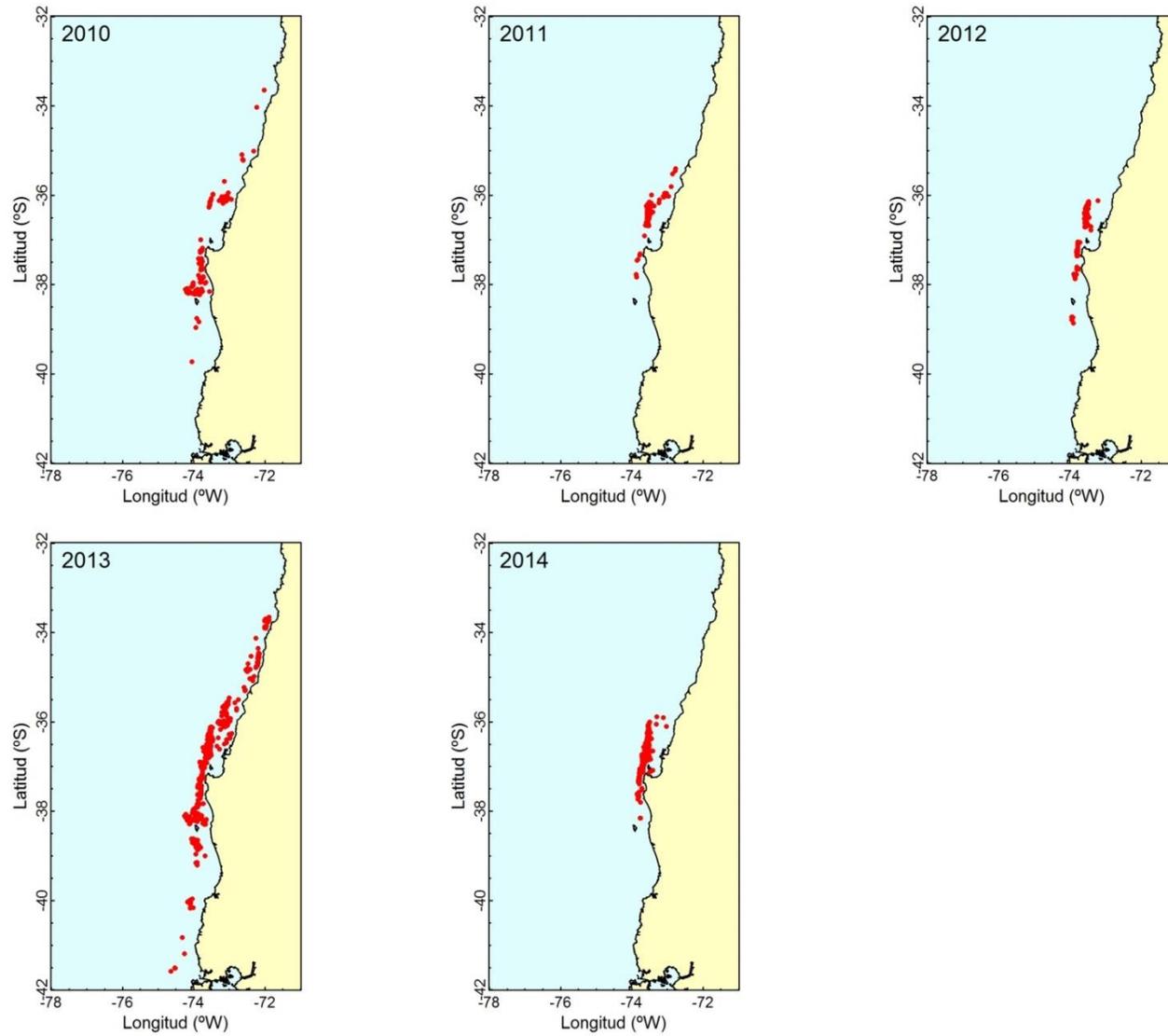


Figura 6.3. Distribución espacial de los lances de pesca (puntos) con presencia de jibia entre 32°S y 42° desde 2010 a 2014.

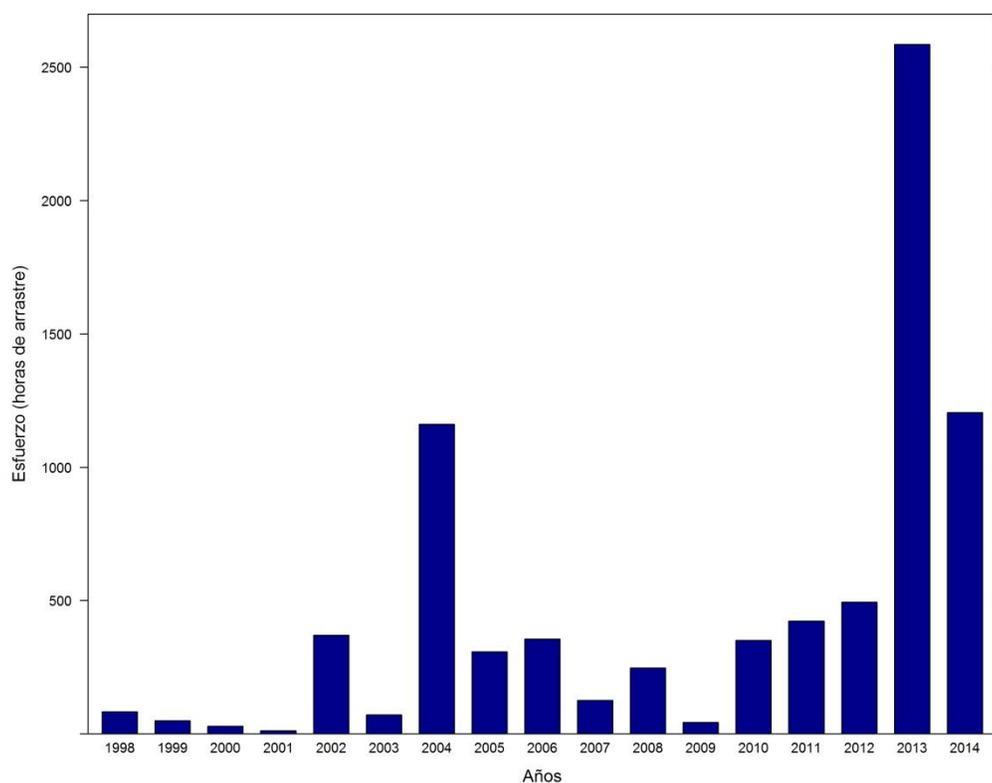


Figura 6.4. Serie temporal del esfuerzo de pesca (horas de arrastre) desde 1998 hasta 2014.

En la componente macro latitudinal (por región), las capturas de jibia ocurrieron principalmente en la VIII Región, con la excepción de los años 2007 y 2008 cuando las mayores capturas ocurrieron en la X Región (Fig. 6.9).

6.3.1.4. Rendimiento de pesca

Los rendimientos de pesca de jibia (en toneladas por hora de arrastre; ton/h.a.), calculados desde los datos del Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro-Sur para el período 1998 a 2010, excluyendo el año 2008, fueron de 0,34 ton/h.a., en promedio, aunque el año 2008 el rendimiento de pesca fue mucho más alto, alcanzando a 2,08 ton/h.a. (Fig. 6.10).

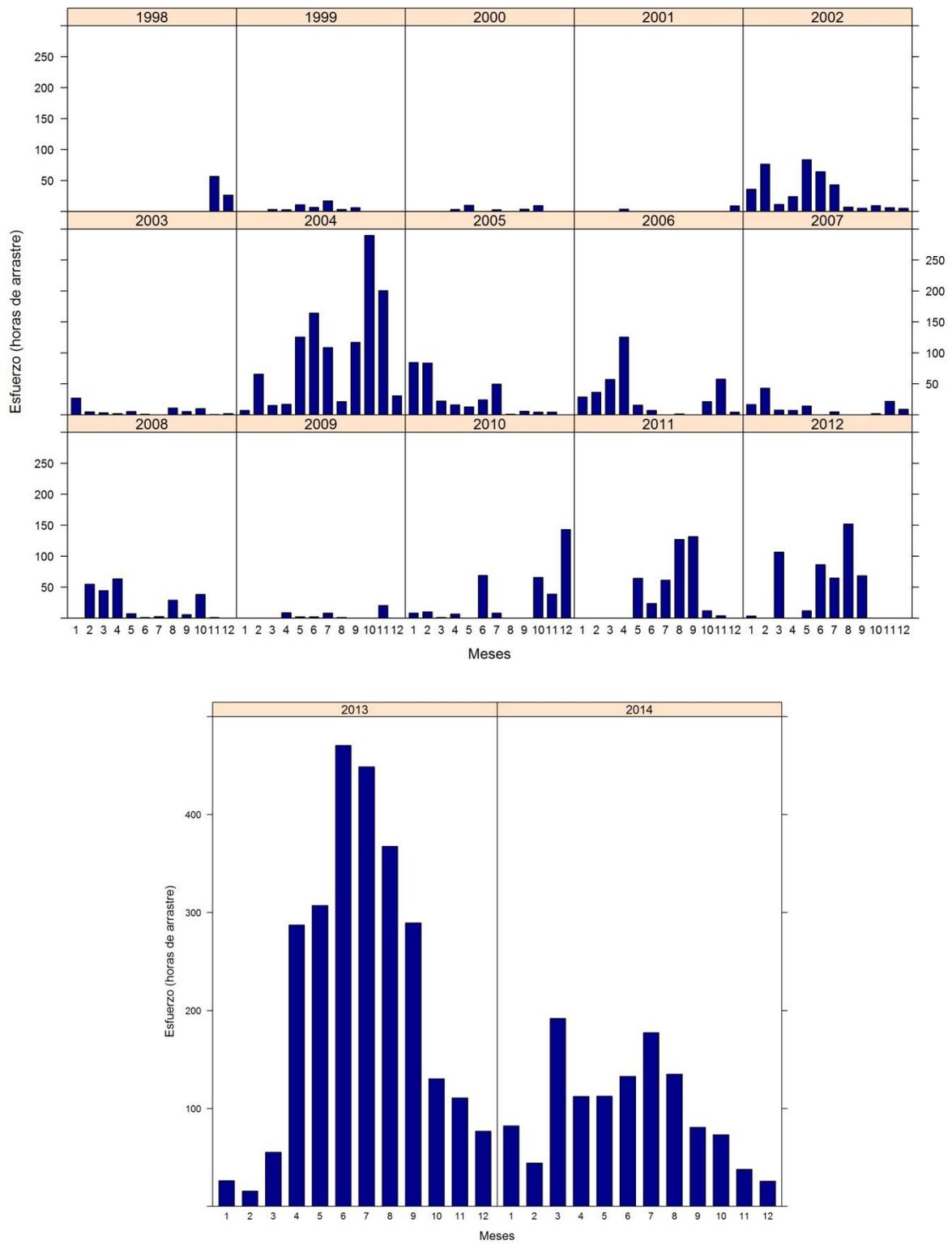


Figura 6.5. Serie temporal del esfuerzo de pesca mensual (horas de arrastre) desde 1998 hasta 2014.

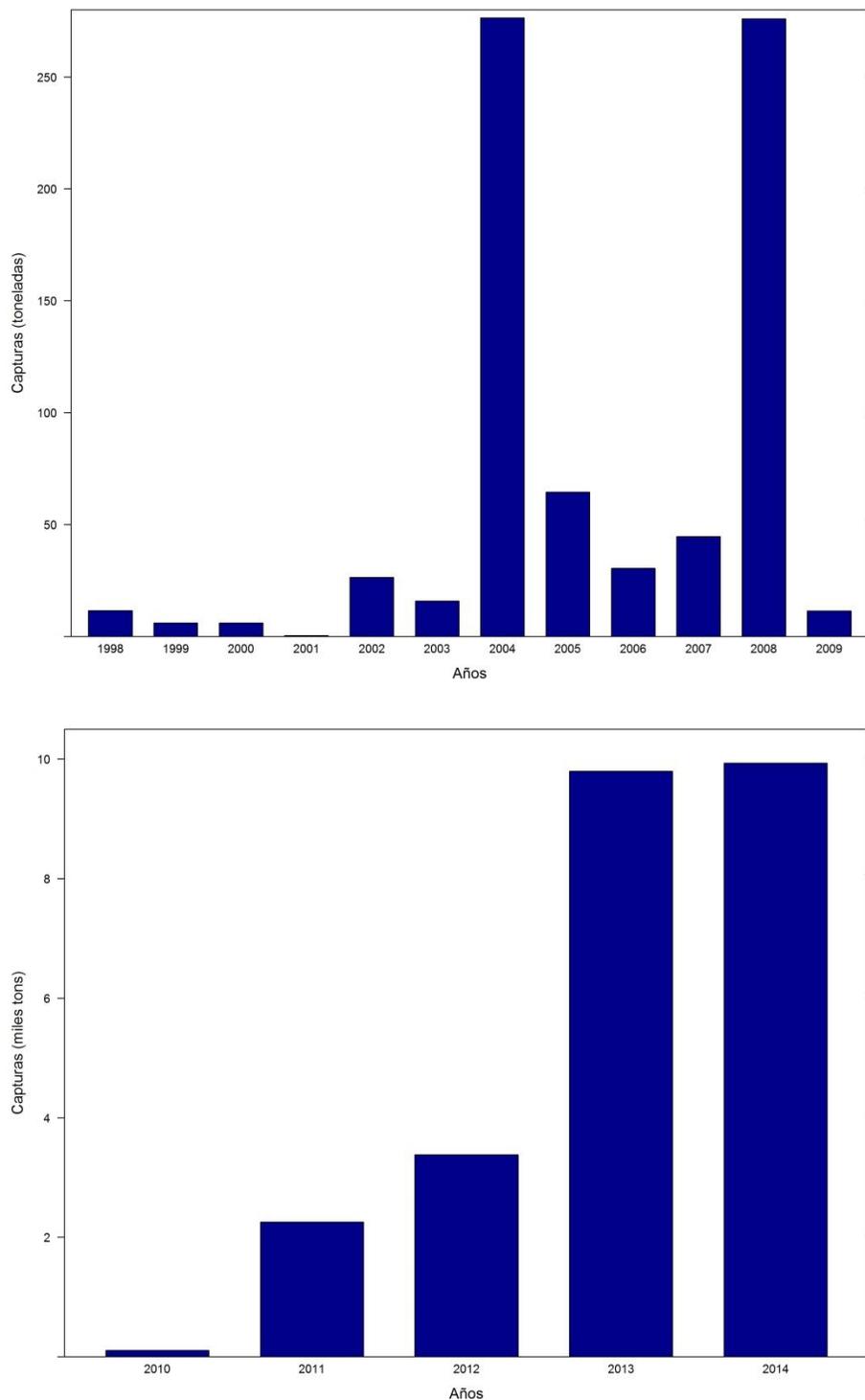


Figura 6.6. Serie temporal de las capturas de jibia según el Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro-Sur desde 1998 hasta 2009 (toneladas, arriba) y desde 2010 hasta 2014 (miles de toneladas, abajo).

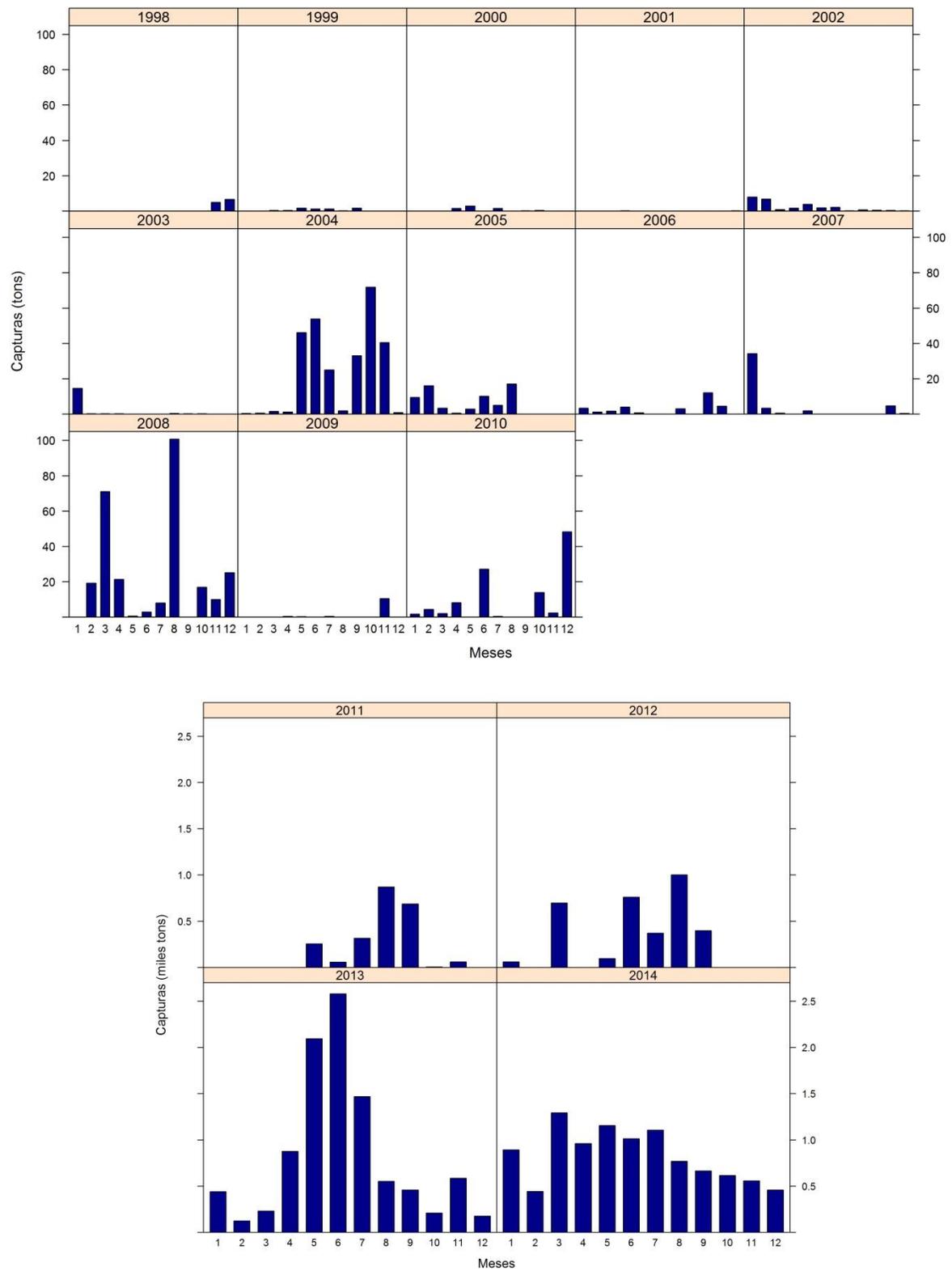


Figura 6.7. Serie de capturas mensuales de jibia desde 1998 hasta 2010 (toneladas, arriba) y desde 2011 hasta 2014 (miles de toneladas, abajo).

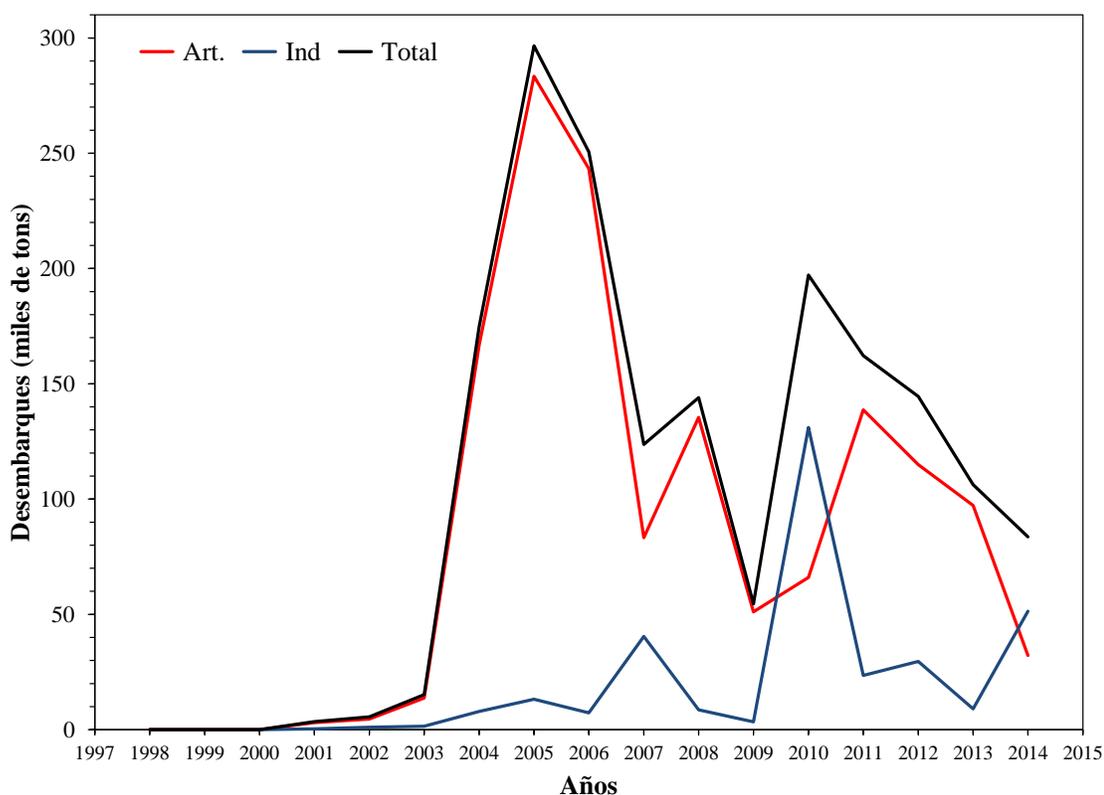


Figura 6.8. Desembarques anuales de jibia (miles de toneladas) según sector (artesanal e industrial) y total desde 1997 hasta 2014.

En el período 2011 a 2014, cuando la jibia ya era un recurso objetivo, el rendimiento de pesca casi se duplicó desde 6,54 ton/h.a. (año 2013) hasta 12,67 ton/h.a. (año 2014), probablemente debido a la eficiencia de las flotas. Mensualmente el rendimiento de pesca en el período 1998 a 2010 no muestra algún patrón estacional, probablemente debido a la escasa información disponible (Fig 6.10). Para el período de 2011 a 2014 se observa que en verano (diciembre a febrero) ocurren los mayores rendimientos de pesca, fluctuando alrededor de un nivel medio el resto del año (Fig. 6.11). En el Anexo 1 se presenta la distribución espacial de la densidad poblacional o rendimiento de pesca de jibia en el período 1998 a 2014.

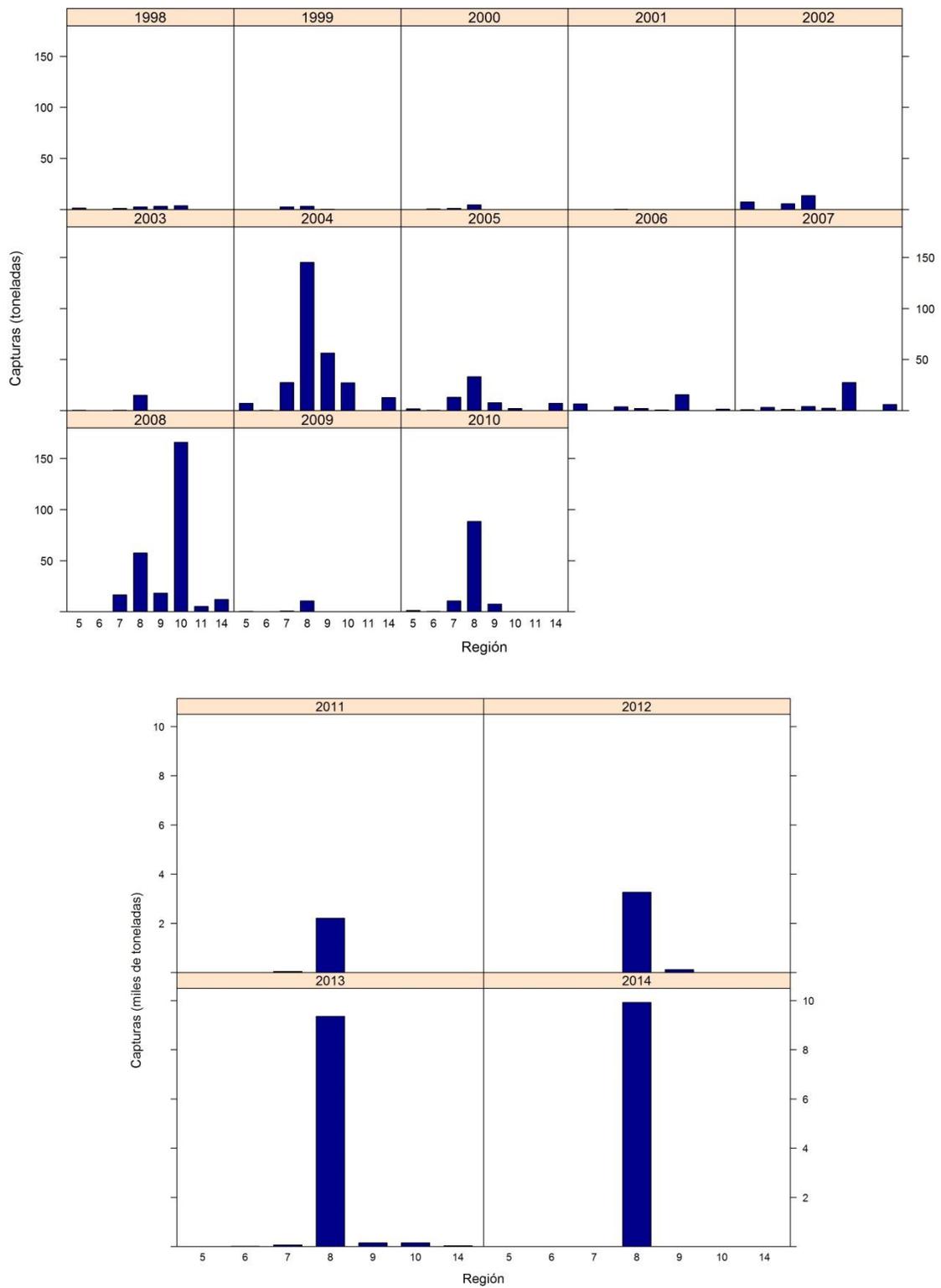


Figura 6.9. Capturas anuales de jibia por región desde 1997 hasta 2010 (toneladas, arriba) y desde 2010 hasta 2014 (miles de toneladas, abajo).

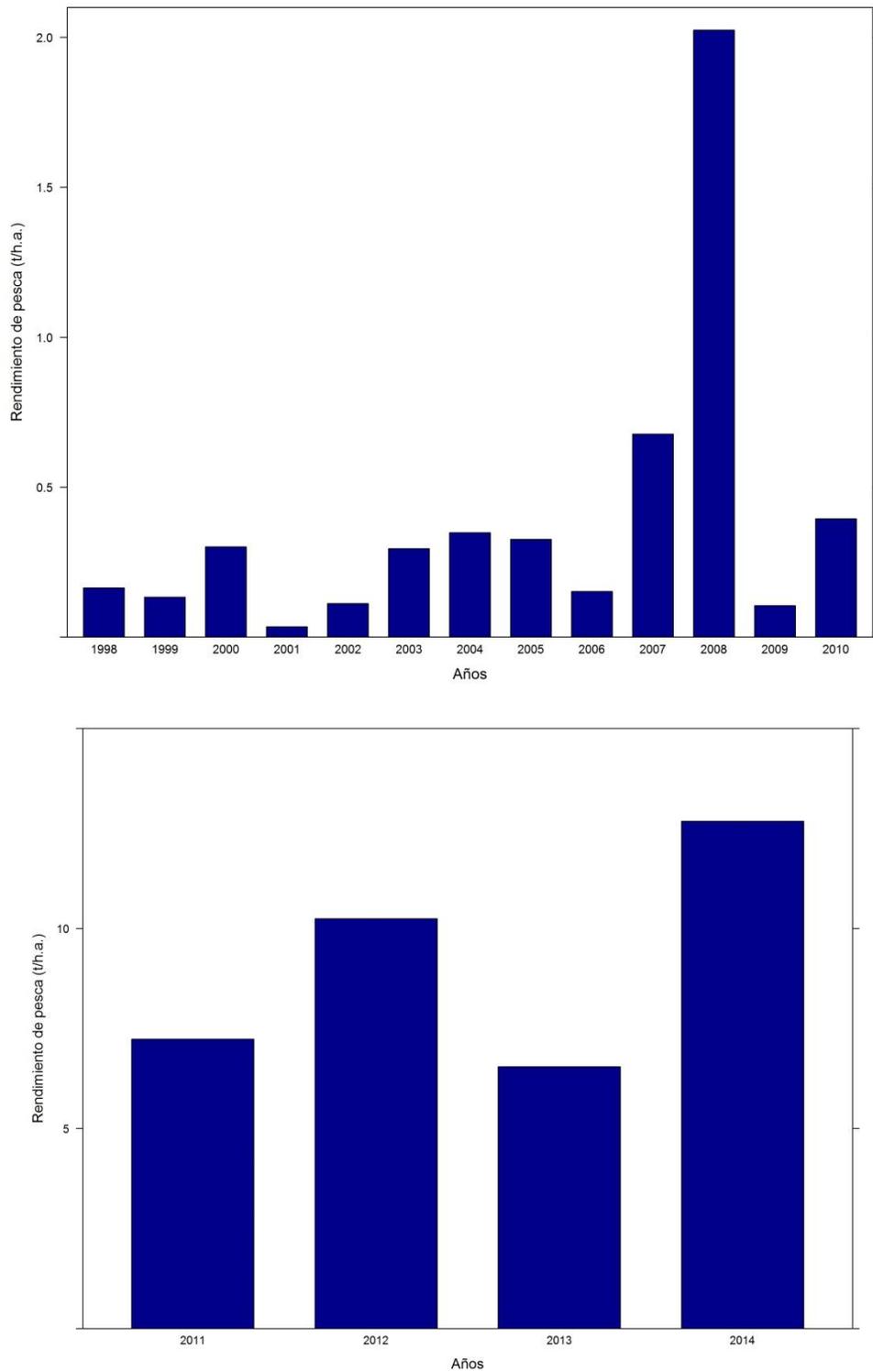


Figura 6.10. Rendimiento de pesca (ton/h.a.) de jibia en lances de pesca colectados en el marco del Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro-Sur (1998 a 2010; arriba) y seguimiento de INPESCA (2011 a 2014; abajo).

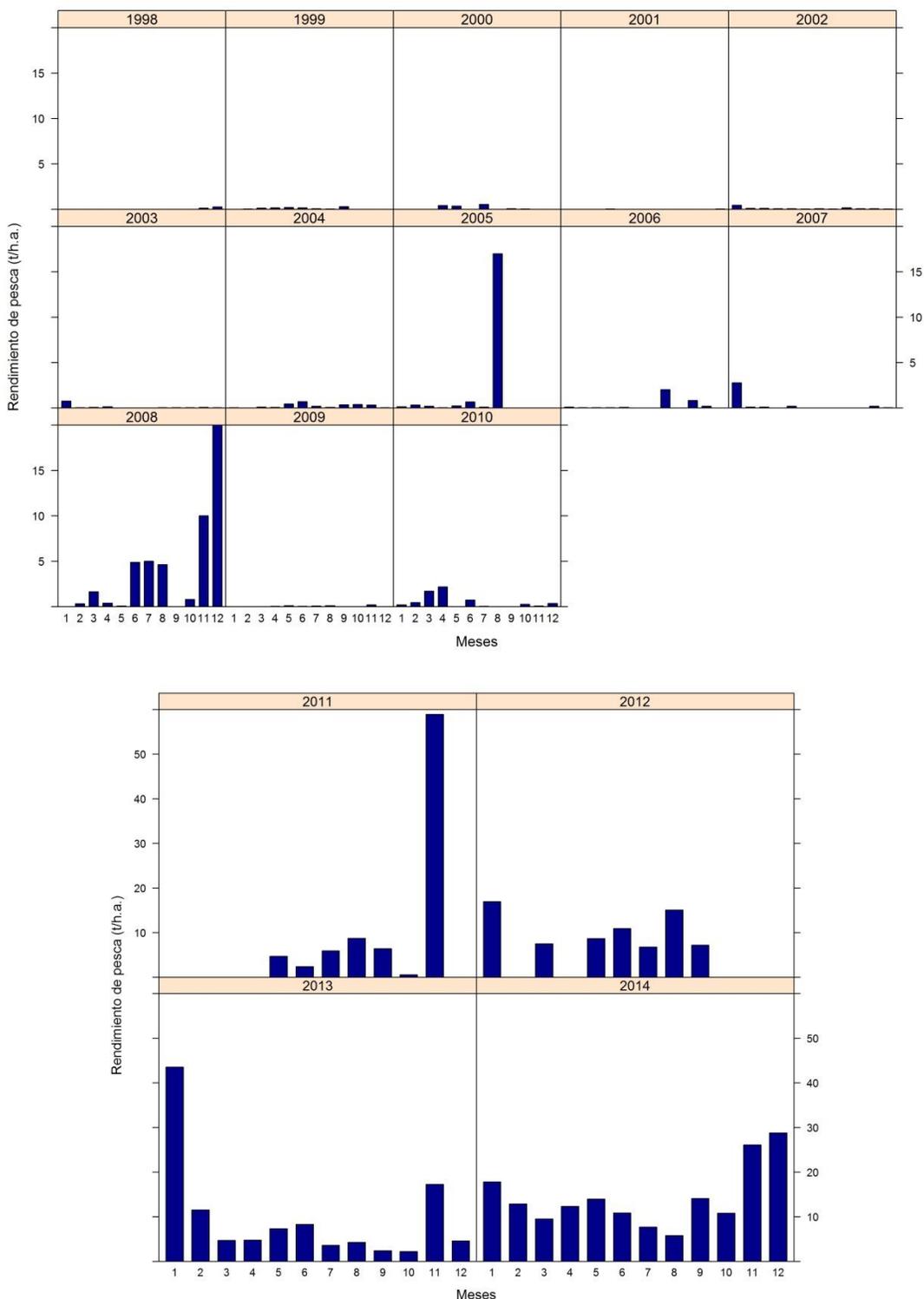


Figura 6.11. Rendimiento de pesca (ton/h.a.) mensual de jibia en lances de pesca colectados en el marco del Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Centro-Sur (1998 a 2010; arriba) y seguimiento de INPESCA (2011 a 2014; abajo).

6.3.2. Análisis de rendimiento por recluta

El análisis de rendimiento por recluta y biomasa por recluta en jibia consideró los parámetros de crecimiento estimados en el marco de este proyecto y llevados a escala trimestral, así como también la tasa de mortalidad natural, M (Tabla 6.2). En el caso de la madurez sexual de jibia, en el marco de este estudio no fue posible determinar la ojiva de madurez debido a que todas las hembras se presentaron inmaduras (con la sola excepción de una hembra madura), aunque por su tamaño deberían haber desovado en la próxima estación principal de desove (octubre a marzo en aguas oceánicas). Entonces, se asumió arbitrariamente la edad de madurez “en filo de cuchillo” en 2 trimestres.

Tabla 6.2. Parámetros de crecimiento (LDM_{∞} , K , t_0), parámetros de relación talla-peso (a , b), mortalidad natural (M , trimestral), edad de reclutamiento (t_r , trimestre), edad de primera captura (t_c , trimestre) y edad máxima (A_{max} , trimestre) de jibia utilizados en el análisis de rendimiento por recluta.

Parámetro o variable	Valor
LDM_{∞} (cm)	83,2
K (trimestre ⁻¹)	0,975
t_0 (fijo)	0,2
t_r (trimestre)	1
t_c (trimestre)	2
A_{max} (trimestre)	10
M (trimestre ⁻¹)	0,3365
a (g)	0,0164
B	3,1862

El rendimiento máximo sostenido (RMS) para steepness $h = 0,7$ se alcanza al nivel de mortalidad por pesca equivalente a $F = 0,249$ trimestre⁻¹, en tanto que la biomasa desovante al nivel del rendimiento máximo equivale a 28,8% de la biomasa desovante virginal. La mortalidad por pesca de colapso, que conduce a la reducción de la biomasa desovante al nivel de 10%SSB₀ alcanza a $F = 0,611$ trimestre⁻¹ (Fig. 6.12). La tasa de mortalidad por pesca al nivel de la biomasa desovante por recluta de 40% y 20% del valor no explotado alcanza 0,16 trimestre⁻¹ y 0,32 trimestre⁻¹, respectivamente.

El análisis de sensibilidad para la fracción de la biomasa desovante al máximo rendimiento sostenido (SSB (%)) para valores alternativos de steepness entre 0,70 y 0,90 indicó que ésta se encuentra entre 34,1% y 21,4%, respectivamente (Fig. 6.13).

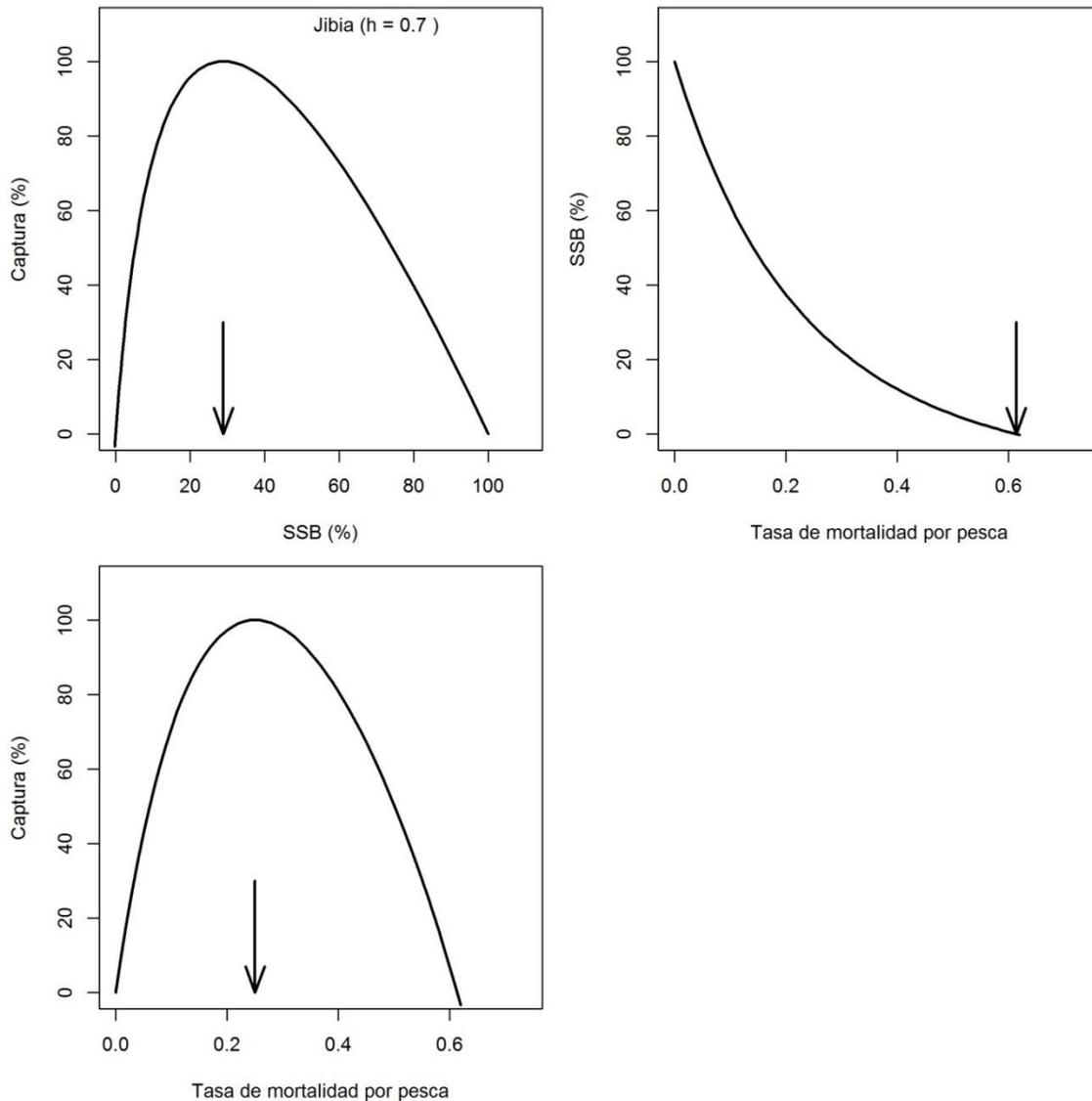


Figura 6.12. Análisis de rendimiento por recluta en jibia para steepnees $h = 0,7$. Tasa de mortalidad por pesca (F) en trimestre⁻¹. Las flechas indican el valor de la fracción de biomasa desovante al máximo rendimiento sostenido (arriba izquierda), la tasa de mortalidad por pesca de colapso (arriba derecha) y la tasa de mortalidad por pesca al máximo rendimiento sostenido (abajo).

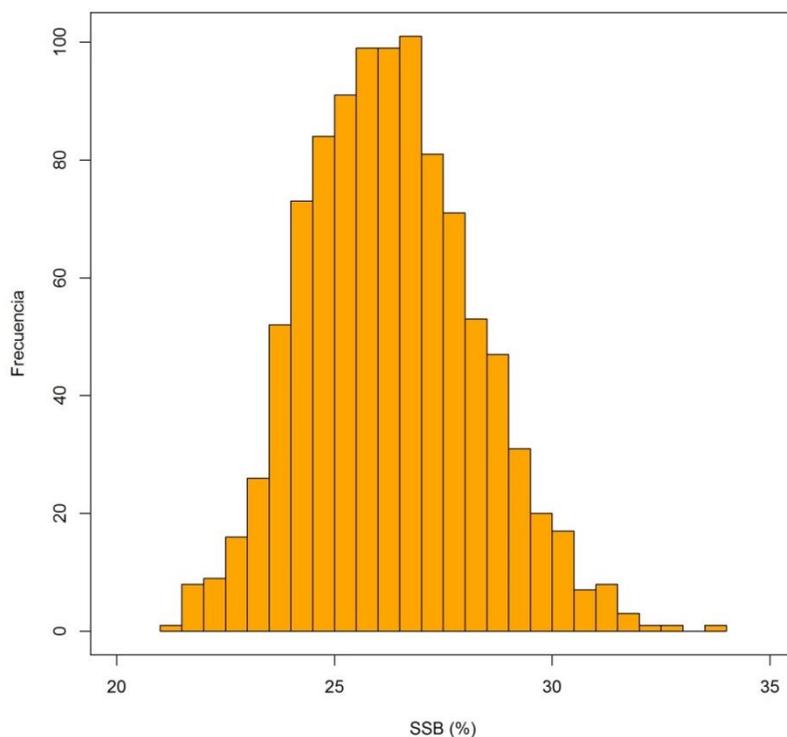


Figura 6.13. Distribución de frecuencia de los valores de la fracción de biomasa desovante (SSB (%)) al nivel de máximo rendimiento sostenido para valores alternativos de stepnees ($0,7 \leq h \leq 0,90$).

6.4. Discusión

Los puntos de referencia pertenecen inicialmente al ámbito de criterios conceptuales que, en general, recogen los objetivos de ordenación pesquera. Sin embargo, para su implementación se debe convertir el punto de referencia conceptual en un punto de referencia técnico que pueda ser calculado o cuantificado sobre la base de las características biológicas o económicas de la pesquería. Por ejemplo, cuando el objetivo ha sido maximizar el rendimiento, entonces RMS ha sido utilizado frecuentemente como un punto de referencia conceptual. El concepto de RMS ha sido interpretado de varias maneras, las que van desde su significado estrictamente técnico, como el punto máximo en la curva de excedente de producción o el punto de máximo excedente reproductivo de una curva de stock-reclutamiento, hasta su interpretación más literal como el

rendimiento máximo constante que puede ser obtenido año a año (Sissenwine, 1978; Annala, 1993).

Los modelos que tienen como base RMS (y muchos de los otros puntos de referencia) han sido originalmente modelos de equilibrio, lo que implica que la captura, representada por la curva de producción, es el resultado del esfuerzo estándar correspondiente que ha sido aplicado durante todos los años necesarios para alcanzar el equilibrio, conocido como el “tiempo de retorno” (Beddington & May, 1977). Sin embargo, es erróneo asumir que un nivel dado de esfuerzo de pesca permite mantener indefinidamente cierta producción excedente sin considerar factores ambientales (Hilborn, 1979; Caddy & Mahon, 1996).

En las estimaciones del máximo rendimiento sostenible en el caso de *Loligo opalescens* (market squid) en el sur California (SWFC-STAR, 2001) se discutió extensamente la validez del concepto RMS para especies con períodos de vida corto y grandes variaciones en la disponibilidad y/o abundancia. Esta discusión aun continúa, es válida y posiblemente aplicable al caso de la jibia por su corto ciclo de vida (por ejemplo, longevidad de menos de 2 años). En este contexto, el concepto de RMS como un nivel de captura constante es problemático, dado que la importancia potencial de una política de manejo basada en RMS en jibia se agudiza en Chile por la falta de información biológica y pesquera de largo plazo (se dispone solo de 10 meses de datos rigurosos de jibia derivados del presente proyecto. Comparativamente, en Perú se dispone de una base de datos de jibia que se extiende por 18 años). Además, para Chile no disponiéndose de la talla media de madurez, la ojiva de madurez y la fecundidad (Maxwell *et al.*, 2005); o como en el caso de *Loligo pealei* por la presencia de más de una cohorte en el año calendario (Brodziak, 1998), análogamente al caso de Siboga squid *Doryteuthis sibogae* (Neethiselvan & Venkataramani, 2002).

En California (USA) la estimación del rendimiento máximo sostenible para market squid (*Loligo opalescens*) como punto biológico de referencia no ha tenido éxito, habiéndose aplicado el método del “escape de huevos” (Macewicz *et al.*, 2004) como una aproximación al RMS (PFMC, 2011). En este sentido, aproximaciones basadas en puntos biológicos de

biológicos referencia son más efectivos en términos de mantener ciertos niveles de captura deseados (Maxwell, 2001; Maxwell & Crone, 2001).

En el caso de *D. gigas* del Golfo de California, Nevárez-Martínez & Morales-Bojórquez (1997) usaron puntos biológicos de referencia basados en la mortalidad por pesca que permite la sobrevivencia de una fracción de la biomasa desovante, $F_{\%SSB}$ (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001). Por otro lado, Rosenberg *et al.* (1990) definieron un punto biológico de referencia objetivo de un nivel de escape de la biomasa desovante del 40% ($SSB_{40\%}$) como nivel adecuado para la conservación del calamar *Illex argentinus* de las Islas Malvinas (Falkland islands), política que también ha sido considerada en otras pesquerías de calamares (Beddington *et al.*, 1990). En ese estudio se ha propuesto como punto de referencia límite un nivel de biomasa límite o de colapso que corresponde a $10\%SSB_0$, y como mortalidad por pesca límite ($F_{0,1}$) el nivel que conduce a dicho umbral de biomasa desovante. Una de las ventajas de $F_{0,1}$ es que es menos sensitiva a cambios en el crecimiento o en el patrón de explotación (selectividad del arte; Rivard & Maguire, 1993). La mortalidad por pesca de $F_{0,1}$ genera niveles de captura biológicamente aceptables (CBAs) y parece ser un punto de referencia aceptable en especies con alta resiliencia como los calamares (Neethiselvan & Venkataramani, 2002).

Consecuentemente, dadas las consideraciones expuestas del recurso jibia en el presente trabajo, nosotros recomendamos la aplicación de puntos biológicos de referencia basados en un nivel de escape de la biomasa desovante ($F_{\%SSB}$) como un nivel adecuado para la conservación de jibia, por ejemplo, al nivel estimado en este estudio ($F_{\%SSB} = 29\%$).

6.5. Conclusiones

- La distribución espacial de los lances de pesca anuales de jibia desde 1998 hasta 2014 muestra alta variabilidad interanual, concentrándose de 34°S (Topocalma, sector norte de la VI Región) a 39°S (al sur de Puerto Saavedra en la IX Región) en el período 1998 a 2003 (Fig. 6.1), aunque de 2004 a 2008 la distribución de lances de pesca positivos de jibia se expandió de 33°S (Valparaíso en la V Región) a 42°S (al sur del Canal de Chacao) (Fig. 6.2), para reducirse en el período de 2010 a 2014 al área entre 36°S (Cobquecura, límite norte de la VIII Región) y 39°S.
- El esfuerzo de pesca industrial más que se quintuplicó en 2013 respecto de 2012 (Fig. 6.4), pasando de menos de 500 horas de arrastre a poco más de 2.500 horas de arrastre totales. Los mejores rendimientos mensuales de pesca de jibia ocurren desde noviembre hasta enero (Fig. 6.11).
- El rendimiento máximo sostenido (RMS) para steepness de $h = 0,7$ se alcanza al nivel de mortalidad por pesca equivalente a $F = 0,249$ trimestre⁻¹, en tanto que la biomasa desovante al nivel del rendimiento máximo equivale a 28,8% de la biomasa desovante virginal. La mortalidad por pesca de colapso ($SSB (\%) \leq 0,1$) se alcanza al nivel de $F = 0,611$ trimestre⁻¹ (Fig. 6.12). La tasa de mortalidad por pesca al nivel de la biomasa desovante por recluta de 40% y 20% del valor no explotado alcanza 0,16 trimestre⁻¹ y 0,32 trimestre⁻¹, respectivamente.

6.6. Referencias bibliográficas

- Annala, J.H. 1993. Fishery assessment approaches in New Zealand's ITQ System. 791-805. In: Kruse, G., D.M. Eggers, R.J. Marasco, C. Pautzke & T.J. Quinn II [ed.]. Proceedings of the International Symposium on Management Strategies for Exploited Fish Populations. Alaska Sea Grant College Program Report No. 93-02, University of Alaska Fairbanks.
- Beddington, J.R. & R.M. May. 1977. Harvesting natural populations in a randomly fluctuating environment. *Science*, 197: 463-465.
- Beddington, J.R., A.A. Rosenberg, J.A. Crombie & G.P. Kirkwood. 1990. Stock assessment and the provision of management advice for the short fin squid fishery in Falkland Island waters. *Fisheries Research*, 8: 351-365.
- Beverton, R.J.H. & S.J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food (G.B.) (2 Sea Fish.)* 19, 533 p.
- Brodziak, J. 1998. Revised biology and management of long-finned squid (*Loligo pealei*) in the orthwest Atlantic. *CalCOFI Reports* 39: 61-70.
- Caddy, J.F. & R. Mahon. 1996. Puntos de referencia para la ordenación pesquera. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 347. Roma, FAO, 109 p.
- Clark, C. W. 1990. *Mathematical Bioeconomics*. 2nd edition, Wiley Interscience, New York.
- Gulland, J.A. & L.K. Boerema. 1973. Scientific advice on catch levels. *Fishery Bulletin (US)* 71, 325-335.
- Hilborn, R. 1979. Comparison of fisheries control systems that utilize catch and effort data. *Journal of the Fisheries Research of Canada*, 36: 1477-1489.
- Hilborn, R, & C.J. Walters. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman and Hall, New York.
- Krebs, C. J. 1994. *Ecology*. 4th Edition, Harper and Collins, New York.
- Mace, P.M. 1994. Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51:110-112.
- Mace, P.M. & M.P. Sissenwine. 1993. How much spawning per recruit is enough? In: Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. S.J. Smith, J.J. Hunt and D. Rivard (Eds). *Canadian Special Publication of the Fisheries and Aquatic Sciences* 120: 101-118.
- Macewicz, B.J., J.R. Hunter, N.C.H. Lo & E.L. LaCasella. 2004. Fecundity, egg deposition, and mortality of market squid (*Loligo opalescens*). *Fishery Bulletin* 102: 306-327.

- Maxwell, M.R. 2001. Stock assessment models for the market squid, *Loligo opalescens*. Working Paper 7. SWFC-STAR, 2001.
- Maxwell, M.R. & P.R. Crone. 2001. Management recomendations for the market squid fishery. Working Paper 8. SWFC-STAR, 2001.
- Maxwell, M.R., L.D. Jacobson & R.J. Conser. 2005. Eggs-per-recruit model for management of the California market squid (*Loligo opalescens*) fishery. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 62: 1640-1650.
- Morales-Bojórquez, E., A. Hernández-Herrera, M.O. Nevárez-Martínez, M.A. Cisneros-Mata & F.J. Guerrero-Escobedo. 2001. Population size and exploitation of giant squid (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. Scientia Marina, 65 (1): 75-80.
- Neethiselvan, N. & V.K. Venkataramani. 2002. Population dynamics of siboga squid *Doryteuthis sibogae* (Cephalopoda/Teuthoidea) in Thoothukkudi (Tuticorin) coast, southeast coast of India. Indian Journal of Marine Sciences, 31(3): 213-217
- Nevárez-Martínez, M. & E. Morales-Bojórquez. 1997. El escape proporcional y el uso del punto de referencia biológico, $F_{\%BR}$, para la explotación del calamar gigante, *Dosidicus gigas*, en el Golfo de California, México. Oceánides, 12 (2): 97-105.
- PFMC. 2011. Status of the Pacific Coast Coastal Pelagic Species Fishery and Recommended Acceptable Biological Catches: Stock Assessment and Fishery Evaluation (SAFE). Pacific Fishery Management Council 12: 1-93. <http://www.pcouncil.org/coastal-pelagic-species/stock-assessment-and-fishery-evaluation-safe-documents/>
- Rivard, D., Maguire, J.-J., 1993. Reference points for fisheries management: the eastern Canadian experience. In: Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. S.J. Smith, J.J. Hunt and D. Rivard (Ed.s). Canadian Special Publication of the Fisheries and Aquatic Sciences 120:31-57.
- Rosenberg, A.A., G.P. Kirkwood, J.A. Crombie & J.R. Beddington. 1990. The assessment of stocks of annual squid species. Fisheries Research, 8: 335-350.
- Sissenwine, M.P. 1978. Is MSY an adequate foundation for optimum yield? Fisheries 3(6): 22-24.
- SWFC-STAR, 2001. Market squid maximum sustainable yield. Report of the stock assessment review (STAR) panel for market squid. SWFC-STAR.

7. Del Objetivo Específico 4

Descomponer la captura a la edad de la jibia y analizar la distribución de edades sobre bases temporales adecuadas.

Resumen

Se descompuso la captura a la talla y edad de jibia utilizando parámetros de crecimiento actualizados en escala trimestral para el período 2011 a 2014, pues se dispuso de capturas tan solo para algunos meses, y mensual para el año 2014. En las composiciones de tamaños (longitud dorsal del manto, LDM) se observa el predominio de ejemplares de 60 a 90 cm LDM en el primer y segundo trimestres de cada año, lo que corresponde a ejemplares de 3 a 5 trimestres de edad, en el caso de los machos, y 5 a 6 trimestres de edad en el caso de las hembras. En el tercer trimestre de cada año se observa la incorporación a la pesquería de un nuevo contingente (cohorte) de individuos de jibia con edades de 0 a 3 trimestres.

7.2. Materiales y Métodos

7.2.1. Descomposición de la captura a la edad

La descomposición de las capturas de jibia a la talla y edad se realizó en escala trimestral para el período 2011 a 2014 con sexos combinados, y mensualmente para el año 2014, en este caso por sexo, para lo cual se disponiendo de las distribuciones de frecuencias de LDM (cm), las relaciones LDM vs. peso y las claves edad-talla. Obviamente, la descomposición de la captura a la edad se realiza para los meses en que se registró capturas y se dispuso de observaciones a bordo y/o de laboratorio. En la Tabla 7.1 se

muestra el desembarque de jibia por trimestre desde 2011 hasta 2014 por flota (artesanal e industrial).

Tabla 7.1. Desembarques trimestrales (toneladas) de jibia en la IV y VIII Regiones por flota (artesanal e industrial). Fuente: Anuarios estadísticos del Servicio Nacional de Pesca.

Año	Trim.	Artesanal		Industrial	
		IV Región	VIII Región	IV Región	VIII Región
2011	1	12.269.418	3.926.989	9.477	2.612.142
	2	19.963.090	6.389.450	24.409	6.727.889
	3	17.718.882	5.671.162	16.644	4.587.479
	4	6.390.610	2.045.399	8.470	2.334.490
2012	1	8.874.730	5.897.351	9.373	9.733.253
	2	12.935.396	8.595.705	8.670	9.002.375
	3	10.077.789	6.696.796	9.395	9.755.848
	4	3.204.085	2.129.148	0.562	583.524
2013	1	5.164.406	3.191.941	3.614	1.332.046
	2	12.579.461	7.774.931	10.403	3.834.410
	3	7.308.297	4.517.007	6.919	2.550.392
	4	4.185.836	2.587.121	3.063	1.129.151
2014	1	1.584.448	1.313.535	0.031	12.421.677
	2	2.597.162	2.153.092	0.045	17.904.831
	3	2.832.265	2.347.997	0.029	11.475.113
	4	1.250.125	1.036.375	0.024	9.480.659

La composición por tallas trimestrales/mensuales en las capturas en número se determinó de acuerdo a la suma de las frecuencias de tallas obtenidas de cada embarcación muestreada en el mes. Sin embargo, debido a que algunas embarcaciones operaron en áreas en que la estructura de tallas de jibia fue distinta a la estructura de tallas de jibia de otras embarcaciones operando en otras áreas, entonces a la frecuencia de tallas de cada embarcación muestreada se le asignó un ponderador, que está dado por la razón entre la captura de la embarcación muestreada y el peso de la muestra medida, esto es,

$$FP_i = \frac{C_i}{WN_i}$$

donde FP_i es el factor ponderador para las frecuencias de tallas que se estima del barco i , C_i es la captura (toneladas) de la embarcación i muestreada y WN_i es el peso de la muestra obtenida de la embarcación i .

Por lo tanto, la frecuencia a una longitud dada está dada por la siguiente expresión:

$$f_{t,j} = \sum_{i=1}^n f_{i,t,j} \cdot FP_i$$

donde $f_{t,j}$ es la frecuencia de la longitud j en el periodo de tiempo t , $f_{i,t,j}$ es la frecuencia de la longitud j en el tiempo t del barco i , FP_i es el factor ponderador para el barco i , n es el número total de frecuencias de tallas obtenidas durante el periodo t .

El procedimiento descrito genera distribuciones de frecuencia de tallas insesgadas con respecto a la magnitud de las capturas de las embarcaciones muestreadas. Una vez obtenida la distribución de frecuencias de tallas para el periodo de tiempo t , entonces el número de ejemplares en el desembarque por tallas o composición por tallas del desembarque se estima expandiendo la distribución de frecuencias de tallas al desembarque, según el siguiente factor de expansión:

$$FE_t = \frac{C_t}{\sum_{j=1}^n w_{j,t} \cdot f_{j,t}}$$

donde FE_t es el factor de expansión en el tiempo t , C_t es la captura (o desembarque) en el tiempo t (toneladas), $w_{j,t}$ es el peso promedio de los ejemplares de la clase de longitud j en el tiempo t que se obtiene de la relación talla-peso especie-específica, $f_{j,t}$ es la frecuencia de ejemplares de la clase de longitud j en el tiempo t .

Posteriormente, el factor de expansión se multiplica por cada una de las frecuencias de los ejemplares de cada clase de longitud para obtener la composición por tallas en el desembarque. Los procedimientos descritos se aplican tanto para los desembarques obtenidos por la flota artesanal como industrial, así como por regiones cuando fue posible obtener muestras del desembarque artesanal y/o industrial por región.

7.3. Resultados

7.3.1 Descomposición de la captura a la edad

Las capturas trimestrales de jibia en Chile central fueron descompuestas a la talla y edad por sexo en escala trimestral en los años 2011, 2012, 2013 y 2014, pues para los 3 primeros años no se dispone de información para realizar la descomposición sobre base de tiempo mensual, ni se dispone de muestreos mensuales que cubran todo el año calendario. Se dispone de registros de distribuciones de LDM para el tercer trimestre de los años 2011 y 2012, para el primer, segundo y tercer trimestre de 2013, y para los cuatro trimestres de 2014 (este proyecto). La composición de tamaños en las capturas trimestrales de jibia revela el predominio de ejemplares de 60 a 90 cm LDM en los dos primeros trimestres de cada año, y la incorporación a la pesquería de un nuevo contingente (cohorte) de individuos entre 30 y 50 cm LDM al final del segundo trimestre, intensificándose en el tercer y cuarto trimestres (Fig. 7.1).

En términos de edad, los ejemplares de jibia de 60 a 90 cm LDM corresponderían a individuos de 2 a 7 trimestres de edad en el caso de los machos, y de 2 a 8 trimestres en el caso de las hembras. Los ejemplares de jibia que se incorporan a la pesquería el segundo y tercer trimestres tienen edades entre 0 y 3 trimestres, tanto en machos como en hembras (Fig. 7.2). En el caso de la composición de tamaños en las capturas de ambos sexos en conjunto, se mantiene una estructura con predominio de ejemplares de 60 a 90 cm LDM en los dos primeros trimestres (Fig. 7.3) observado en los sexos individualmente.

Finalmente, en las Tablas 7.2 y 7.3 se entrega el desembarque anual en peso (toneladas) y número (ejemplares), respectivamente, de jibia a la talla en la IV Región (flota artesanal, 2014) y en la VIII Región debido a la flota industrial desde 2011 hasta 2014. En la Fig. 7.4 se muestra la composición relativa (%) de los desembarques anuales de jibia en peso (izquierda) y en número (derecha) en Chile centro-sur de 2011 a 2014, y por flota en el caso del año 2014. En la Fig. 7.5 se muestra la captura en número (miles de individuos) de jibia a la edad (en trimestres) para el mismo período.

7.4. Conclusiones

- En la composición de tamaños predominaron los ejemplares de 60 a 90 cm LDM en el primer y segundo trimestres de cada año, lo que corresponde a ejemplares macho de 3 a 5 trimestres de edad y hembras de 5 a 6 trimestres, respectivamente.

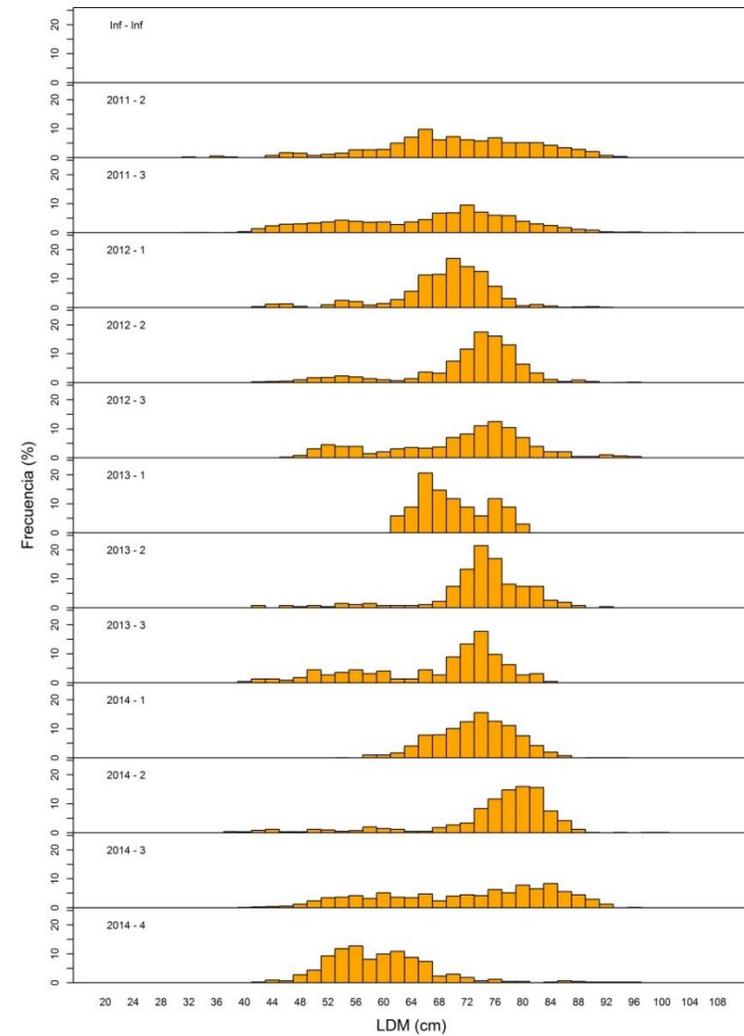
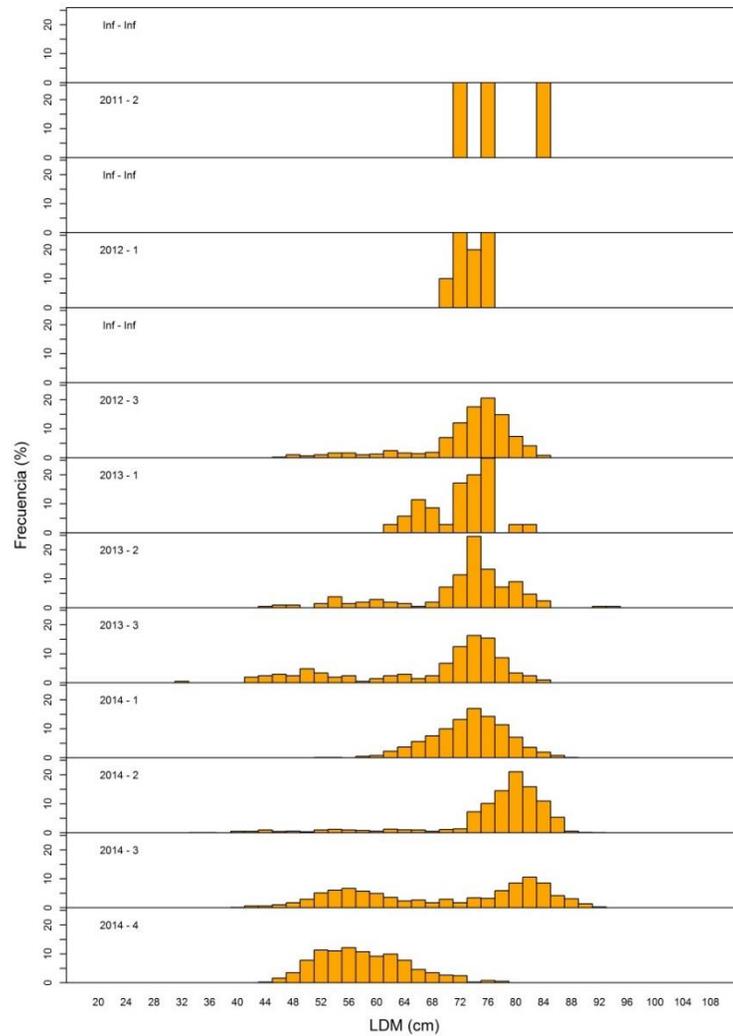


Figura 7.1. Composición relativa de las capturas trimestrales trimestrales de jibia a la talla en Chile centro-sur desde 2011 hasta 2014; izquierda: machos; derecha: hembras.

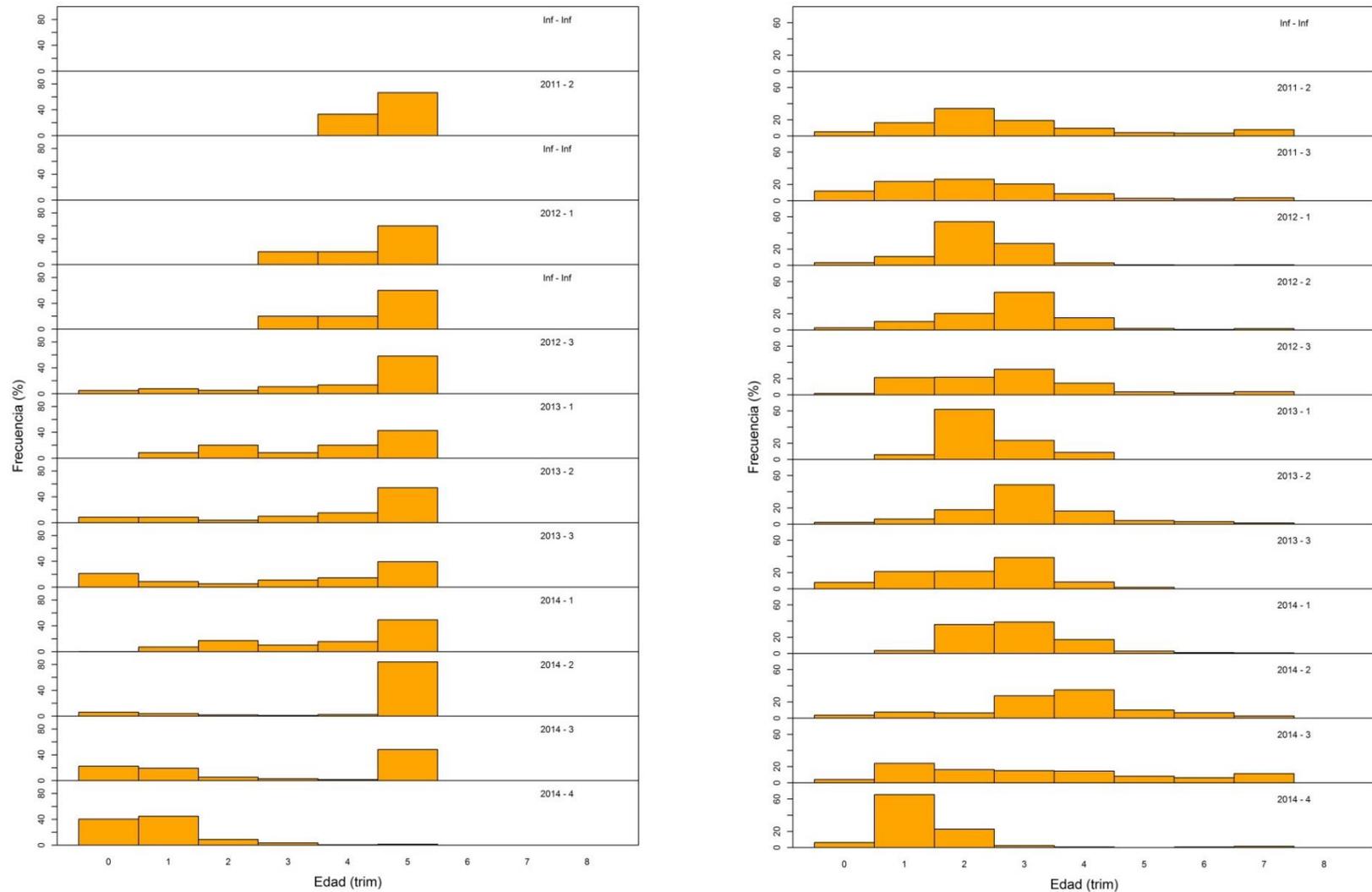


Figura 7.2. Composición relativa de las capturas trimestrales trimestrales de jibia por edad (trimestres) en Chile centro-sur desde 2011 hasta 2014; izquierda: machos; derecha: hembras.

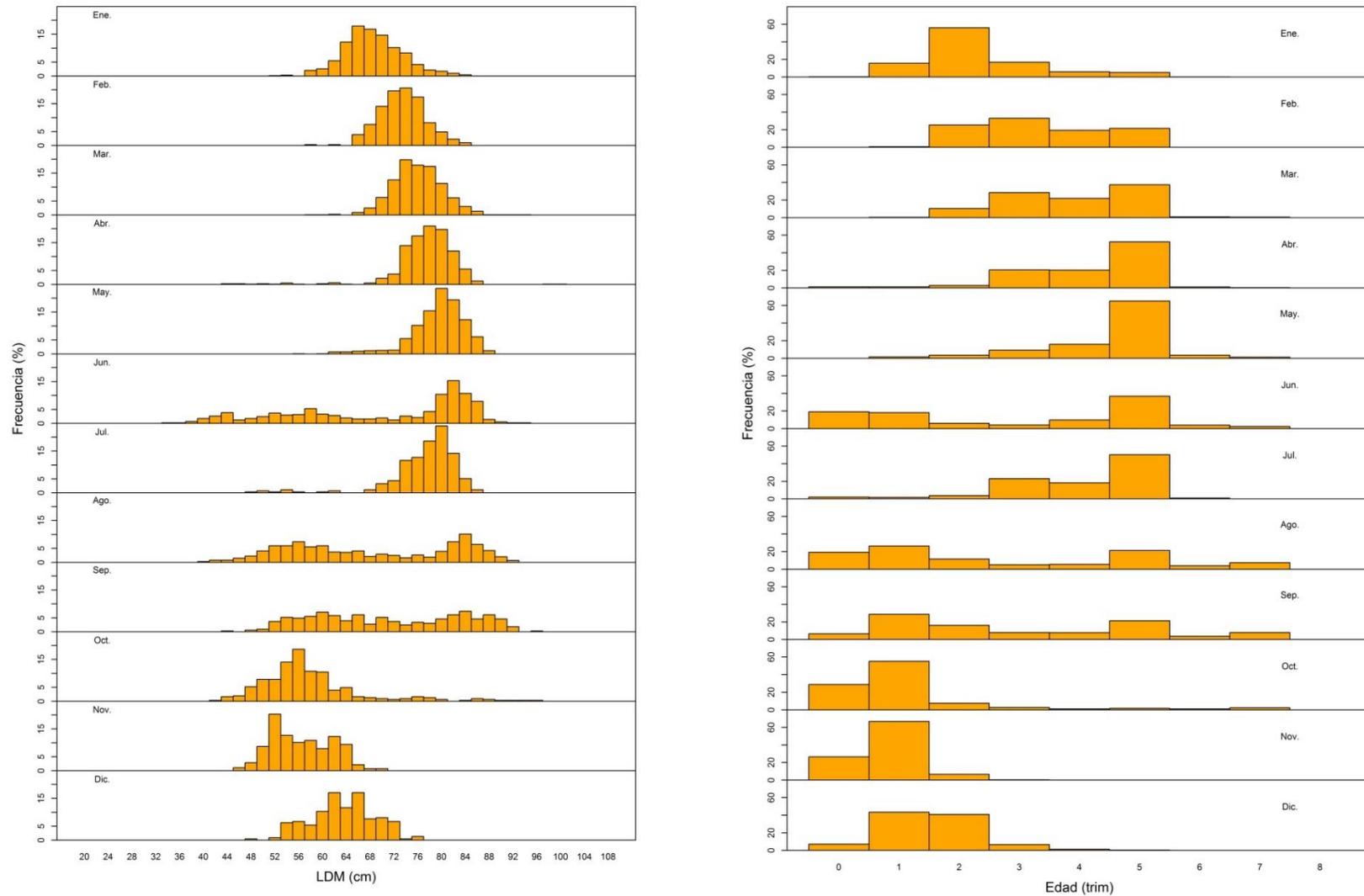


Figura 7.3. Composición relativa de las capturas mensuales de jibia a la talla (izquierda) y a la edad (derecha) en Chile centro-sur, año 2014; ambos sexos en conjunto.

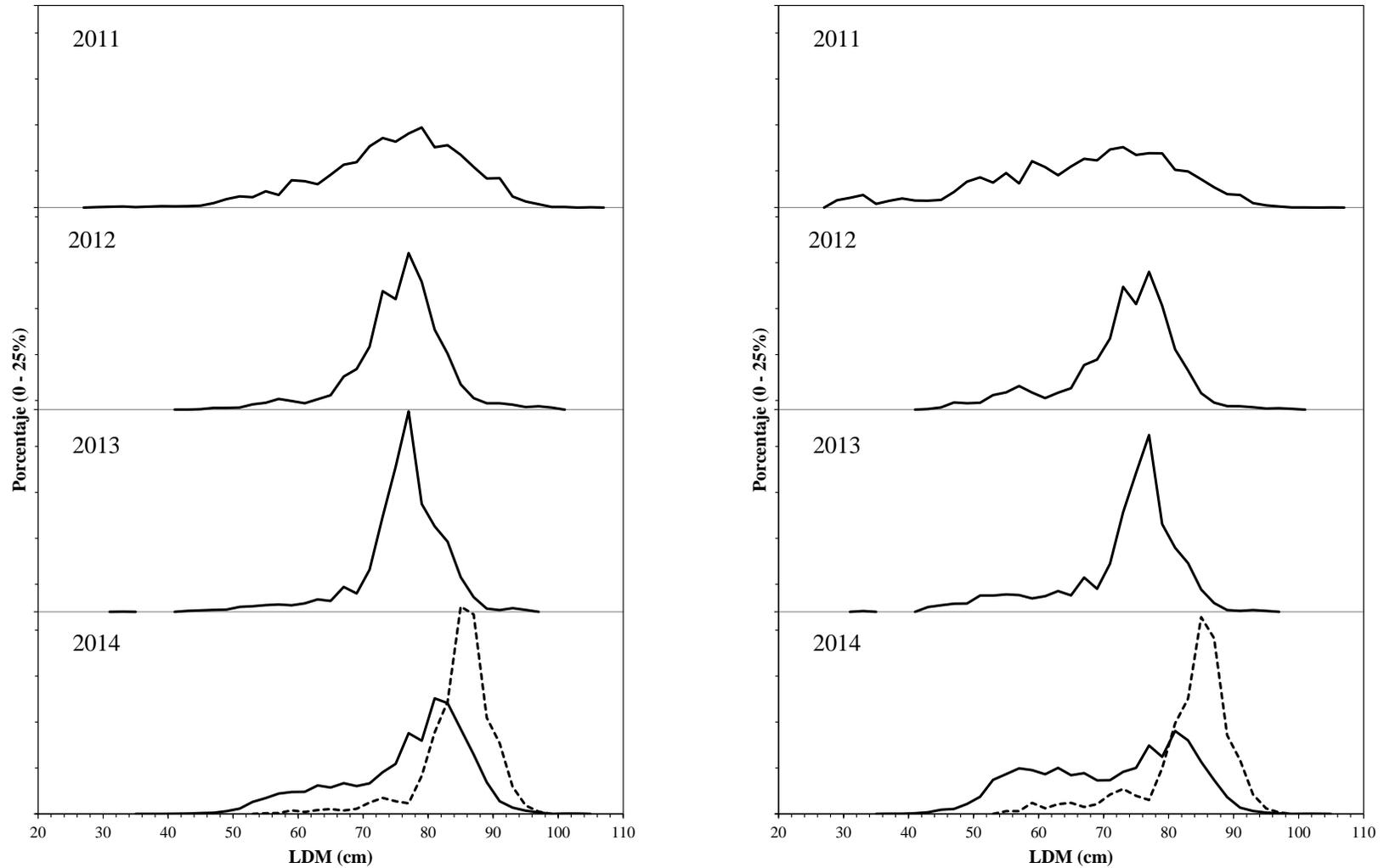


Figura 7.4. Composición relativa de las capturas anuales de jibia en peso (izquierda) y en número (derecha) en Chile centro-sur desde 2011 hasta 2014: línea segmentada: flota artesanal de la IV Región.

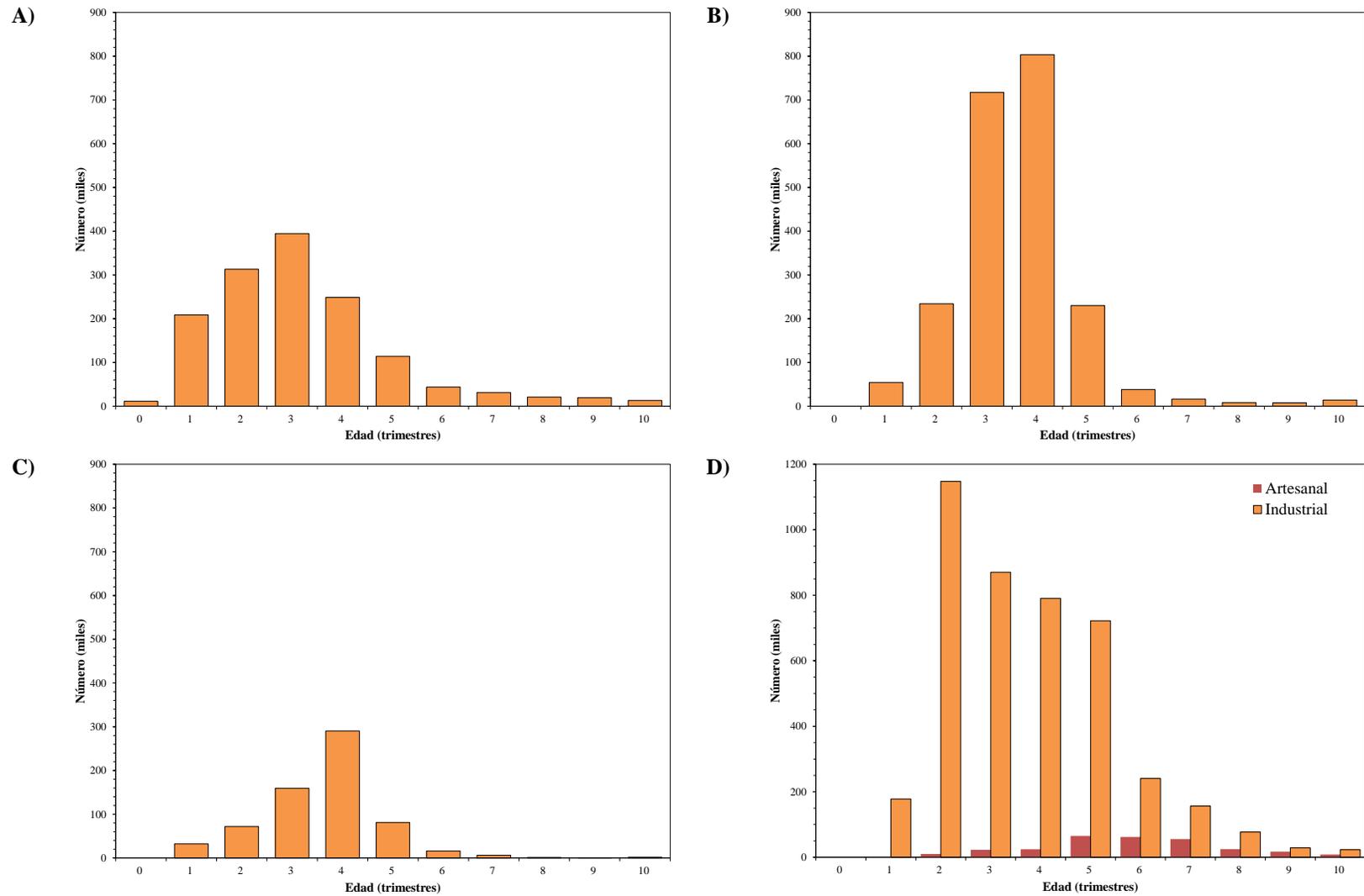


Figura 7.5. Captura en número (miles) de jibia a la edad (trimestres) en Chile centro-sur desde 2011 y 2014; A: año 2011, B: año 2012; C: año 2013; D: año 2014.

Tabla 7.2. Desembarques (en peso, ton) anuales de jibia a la talla en la IV Región (flota artesanal, 2014) y en la VIII Región debido a la flota industrial desde 2011 hasta 2014.

LDM (cm)	Art. IV Región	Industrial VIII Región			
	2014	2011	2012	2013	2014
29,0		8.051			
31,0		13.255			
33,0		20.849		592	
35,0		7.449			
37,0		15.863			1.284
39,0		25.581			1.523
41,0		22.919			5.661
43,0		26.071	3.978	8.248	15.636
45,0		34.023	16.354	12.990	47.729
47,0		79.305	57.040	18.567	65.389
49,0		149.621	57.792	21.567	150.395
51,0		198.018	70.030	47.952	296.249
53,0		184.758	166.630	54.198	667.959
55,0	4.238	287.308	221.695	65.047	882.148
57,0	4.758	224.660	339.861	70.101	1.132.554
59,0	21.058	482.833	272.757	62.521	1.220.037
61,0	11.856	467.444	203.751	81.336	1.230.977
63,0	22.895	413.293	330.117	119.358	1.587.095
65,0	28.823	580.459	458.429	105.007	1.474.114
67,0	19.916	758.133	1.049.871	240.442	1.711.092
69,0	30.746	804.830	1.285.267	177.084	1.552.761
71,0	67.459	1.084.071	1.994.417	405.468	1.708.691
73,0	95.033	1.230.032	3.748.966	917.326	2.332.139
75,0	75.028	1.165.858	3.500.177	1.395.142	2.790.967
77,0	62.791	1.310.911	4.952.949	1.930.183	4.510.979
79,0	224.961	1.418.354	4.043.842	1.038.977	4.086.734
81,0	481.729	1.066.627	2.529.371	822.932	6.452.809
83,0	664.062	1.103.253	1.773.951	676.076	6.187.112
85,0	1.225.447	934.526	802.737	333.907	4.740.165
87,0	1.178.890	719.984	368.702	140.921	3.319.072
89,0	568.749	514.316	201.893	30.299	1.766.154
91,0	417.553	519.768	203.684	16.260	703.261
93,0	160.808	195.310	160.947	34.850	346.039
95,0	49.301	106.931	83.439	18.646	177.329
97,0	13.328	59.369	107.372		83.852
99,0		10.486	68.982		
101,0		11.170			16.640
103,0					17.732
105,0		6.314			
Total	5.429.429	16.262.003	29.075.001	8.845.997	51.282.278

Tabla 7.3. Desembarques anuales de jibia, en número de individuos, a la talla en la IV Región (flota artesanal, 2014) y en la VIII Región debido a la flota industrial desde 2011 hasta 2014.

LDM (cm)	Art. IV Región	Industrial VIII Región			
	2014	2011	2012	2013	2014
29,0		11.292			
31,0		15.057			
33,0		19.437		579	
35,0		5.766			
37,0		10.300			966
39,0		14.064			966
41,0		10.758			3.051
43,0		10.527	1.524	3.475	7.222
45,0		11.899	5.452	4.735	19.025
47,0		24.174	16.643	5.893	22.638
49,0		39.980	14.842	5.995	45.490
51,0		46.626	15.912	11.736	78.710
53,0		38.522	33.655	11.736	156.667
55,0	882	53.287	39.975	12.519	183.498
57,0	882	37.218	54.934	12.041	209.834
59,0	3.489	71.727	39.670	9.622	202.139
61,0	1.763	62.497	26.757	11.259	183.064
63,0	3.067	49.899	39.275	14.910	212.592
65,0	3.489	63.490	49.562	11.874	178.437
67,0	2.186	75.349	103.447	24.690	187.747
69,0	3.067	72.888	115.735	16.559	154.884
71,0	6.133	89.697	164.546	34.618	155.362
73,0	7.896	93.218	284.082	71.693	193.791
75,0	5.712	81.119	244.162	100.048	212.466
77,0	4.390	83.932	318.755	127.294	315.327
79,0	14.472	83.740	240.595	63.149	262.890
81,0	28.577	58.190	139.398	46.192	382.786
83,0	36.399	55.721	90.730	35.114	339.127
85,0	62.181	43.776	38.170	16.077	240.521
87,0	55.475	31.336	16.325	6.301	156.186
89,0	24.863	20.834	8.339	1.260	77.209
91,0	16.985	19.626	7.859	630	28.607
93,0	6.097	6.885	5.811	1.260	13.118
95,0	1.745	3.524	2.822	630	6.275
97,0	441	1.832	3.408		2.773
99,0		303	2.057		
101,0		303			483
103,0					483
105,0		152			
Total	290.191	1.418.945	2.124.442	661.889	4.234.334

8. Del Objetivo Específico 5

Analizar los estadios de madurez de la jibia en las capturas y la distribución de maduros sobre bases temporales adecuadas (infra-anual).

Resumen

Las hembras de jibia (*Dosidicus gigas*) son desovantes múltiples, monocíclicas con el más alto potencial de fecundidad entre calamares y con amplio rango de tamaños en la talla media de madurez (entre 40 y 75-80 cm de longitud dorsal del manto, LDM). Desde enero hasta octubre de 2014 se realizó muestreos biológicos a 1.783 ejemplares de jibia. La frecuencia de estados de madurez de *D. gigas* reveló que los machos maduros (con espermátóforos) se encuentran presentes en la zona de pesca en mayor proporción que los inmaduros. Por el contrario, las hembras se presentaron casi todas inmaduras (con solo 2 hembras maduras, siendo ésta la excepción en octubre). La consecuencia es que no es posible ajustar una curva de madurez por ausencia de hembras maduras en los muestreos regulares efectuados en el presente proyecto. Se sugiere que la zona costera de Chile centro-sur no representa un área de desove de *D. gigas*, planteándose la posibilidad que esta especie desove en zonas oceánicas donde la temperatura del mar es favorable para el desarrollo de las paralarvas y juveniles.

8.1. Introducción

Entre los moluscos, los cefalópodos (calamares, potas, sepias, nautilus y pulpos) presentan gran variedad de ciclos de vida (Boyle 1983, Hanlon & Messenger 1996). Hasta hace poco se consideraba que la mayoría de los cefalópodos seguían una estrategia semélpara. Sin embargo, se ha podido determinar que este grupo presenta varias estrategias reproductivas que van desde un desove terminal simultáneo a un desove policíclico. Todas estas estrategias reproductivas de los cefalópodos han sido clasificadas en cinco categorías

basadas en el tipo de ovulación, patrón de desove y el crecimiento en el periodo de desove (Rocha *et al.* 2001), lo que se presenta a continuación.

8.1.1. Cefalópodos que ponen una única vez en su vida (formalmente semélparos)

Desove terminal simultáneo: donde la maduración de los ovocitos es sincrónica, la puesta monocíclica y los huevos son evacuados en una sola tanda. En este caso todos los individuos morirían casi al mismo tiempo después del desove, lo que se ha observado, entre otras especies, en el calamar de California *Doryteuthis opalescens*. Una variante de este tipo de semelparia es la que presentan los pulpos incirrados bentónicos, como *Octopus vulgaris*, donde las hembras sobreviven después de la puesta incubando los huevos hasta la eclosión de las paralarvas, lo que puede ocurrir hasta 3 meses después del desove.

8.1.2. Cefalópodos que ponen varias veces durante su vida (formalmente iteróparos)

- a) Desove policíclico: donde hay varios ciclos de maduración de los ovocitos a lo largo de la vida del animal. Esta estrategia reproductora se ha observado únicamente en las especies de *Nautilus* y *Allonautilus*.
- b) Desove múltiple: los ovocitos maduran por tandas y la puesta es monocíclica, pero los huevos son puestos en varias tandas distribuidas a lo largo de un periodo que representa sólo una fracción de la vida del cefalópodo, durante el cual se produce crecimiento somático entre cada tanda de huevos. Esta estrategia reproductora es típica de varios calamares omastréfidios como *Dosidicus gigas* y *Sthenoteuthis oualaniensis*.
- c) Desove terminal intermitente: es semejante al caso anterior, pero sin que se produzca crecimiento somático entre las tandas de huevos. Esta estrategia es típica de la pota voladora *Illex coindetii*, de los calamares *Loligo vulgaris* y *L. forbesi*, y de *Sepia officinalis*.
- d) Desove continuo: se produce la maduración asincrónica de los ovocitos, por lo cual la hembra, una vez que ha madurado, realiza una puesta monocíclica en la que va

poniendo continuamente huevos a lo largo de un extenso periodo de tiempo, lo que representa una importante fracción de su ciclo de vida sin que exista crecimiento somático. Esta estrategia se produce en especies que habitan ambientes muy estables y es típica en pulpos de profundidad como *Opisthoteuthis agassizii*, pulpos pelágicos *Argonauta* sp. Y el sepiólido *Idiosepius pygmaeus*.

Aunque existen estrategias de reproducción definidas, también existe cierta flexibilidad debido a los diferentes estilos de vida y hábitat en donde viven los cefalópodos. Sin embargo, probablemente la componente ambiental induce variabilidad en el tipo de reproducción (Rocha *et al.* 2001). No está claro por qué en los cefalópodos han evolucionado tales estrategias de historia de vida, pero desde el punto de vista conductual se ha intentado explicar en términos del éxito reproductivo (Hanlon & Messenger 1996).

En el caso de *Dosidicus gigas* la reproducción ha sido clasificada como desovante múltiple, monocíclico, que ha registrado el más alto potencial de fecundidad (sobre 32 millones de ovocitos), y la puesta de huevos ocurre en tandas separadas (10 a 14 tandas de desove) con crecimiento somático entre los distintos eventos de desove (Rocha *et al.* 2001, Nigmatullin & Markaida 2009). Los machos de *D. gigas* maduran antes que las hembras, patrón descrito como una característica general de los cefalópodos (Nesis 1970, González & Guerra 1996, Markaida & Sosa-Nishizaki 2001). Las hembras, incluso cuando están inmaduras, pueden almacenar los espermátóforos de los machos en espermatecas bucal después de la cópula (Nesis 1983). Este patrón se encuentra en muchos cefalópodos, aumentando la flexibilidad reproductiva y ayudando a asegurar la supervivencia de la población en condiciones ambientales fluctuantes (Boyle & Rodhouse 2005). Con muy pocas excepciones en tiempo corto (Markaida & Sosa-Nishizaki 2001), la fracción de sexos de las jibias es normalmente 1:1 ó estar a favor de las hembras, lo que puede ser una condición natural o artificial por disponibilidad de un sexo por sobre el otro (Tafur *et al.* 2010). La mayoría de los estudios reproductivos de *D. gigas* se han realizado en México y Perú (e.g., Markaida & Sosa-Nishizaki 2001, Nigmatullin & Markaida 2009, Tafur *et al.* 2010). En Chile se conoce muy poco de la reproducción de *D. gigas*, desconociéndose hasta la época y zona de desove, la fecundidad y la edad de madurez.

En esta sección se contempló monitorear la actividad reproductiva de *D. gigas* en la zona costera de Chile durante el año 2014 en las Regiones IV y VIII.

8.2. Materiales y Métodos

Los ejemplares de *D. gigas* colectados fueron medidos (LDM, cm), pesados (kg) y sexados. A cada ejemplar de *D. gigas* muestreado se le asignó el estadio de madurez de acuerdo a la clasificación de Lipinski & Underhill (1995) para cada sexo, a saber: I-II, inmaduro; III, madurando; IV-V, maduro; VI, desovado o gastado (Fig. 8.1). Además se pesaron los órganos reproductivos (peso aparato reproductor y peso de gónada) para calcular índices reproductivos en ambos sexos.

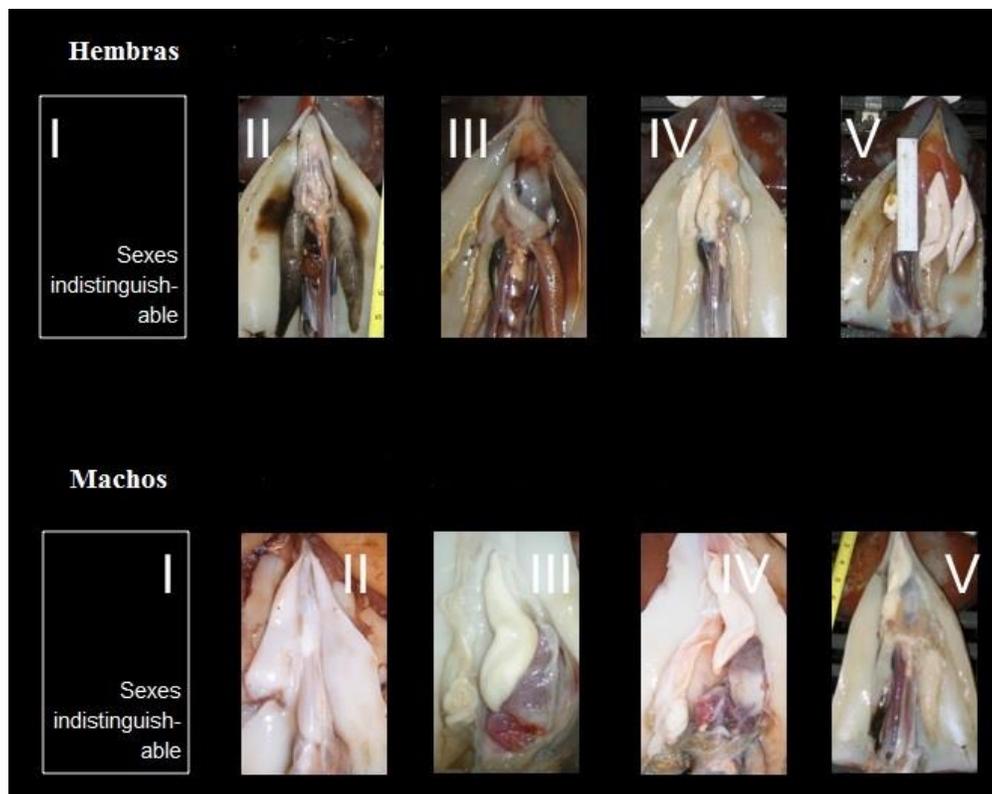


Figura 8.1. Fotografías de estados de madurez sexual de *Dosidicus gigas*. Modificado de http://gilly.stanford.edu/field_work.html.

8.2.1. Taller para estandarización de criterios de muestreos biológico-específicos

Debido a que inicialmente el muestreo de ejemplares de *D. gigas* debía realizarse regularmente en la IV Región de Coquimbo y en la VIII Región del Biobío, con dos equipos de técnicos trabajando independientemente, entonces se contempló realizar –al comienzo del proyecto– un taller para estandarizar criterios de muestreos, su análisis y conservación, aun cuando ambos equipos de muestreadores poseen experiencia en los muestreos de este recurso pesquero. El profesional encargado de la componente de reproducción de *D. gigas* capacitó en las diferentes fases del muestro biológico-específico a los técnicos, lo que consistió en la obtención de muestras de vísceras (obtención de estómagos y gónadas, registros de madurez de ovarios y testículos, otros) y remoción de la cabeza de cada ejemplar muestreado (para la posterior remoción de estatolitos), entre otros, y los registros de LDM, peso y sexo. Se confeccionó una guía simple *ad hoc* de muestreo que usaron los dos equipos técnicos.

8.3.Resultados

8.3.1. Reproducción y madurez sexual

Solo se presenta resultados de madurez de jibia obtenidos en la VIII Región debido a que fue posible realizar muestreos secuenciales con ejemplares frescos de las capturas con pesca de arrastre industrial, lo que no es posible obtener en las pescas artesanales con poteras, pues los ejemplares capturas de jibia llegan a puerto eviscerados debido a que esa es la exigencia de los poderes compradores. En la IV Región (Coquimbo, Tongoy) no fue posible realizar muestreos mensuales secuenciales debido a la dificultad de obtener ejemplares de jibia con vísceras en la pesca artesanal con poteras. En al IV Región no se realizar capturas industriales.

Los muestreos biológico-específicos cubrieron 10 meses de 2014. La muestra total fue de 1.783 ejemplares de jibia con la razón de sexos machos : hembras = 1 : 2, ya que 593 fueron machos (33%) y 1.196 hembras (67%). La longitud del manto fue similar entre machos y hembras (Fig. 8.2). La frecuencia de estados de madurez entre sexos de *D. gigas* durante el desarrollo del proyecto (Tabla 8.1) fue distinta entre los meses de estudio (enero-octubre), encontrándose mayor fracción de machos maduros con espermatóforos (estado 4) con respecto a las hembras (Fig. 8.3). Lamentablemente, en los 10 meses de muestreo se registraron solo 2 hembras maduras (estado 4). Complementariamente, todas las hembras (menos 2), se presentaron inmaduras o en maduración. La consecuencia es que no es posible ajustar una ojiva de madurez, obviamente (pues no hay hembras maduras). Esto no es un problema de muestreo, sino es una condición natural, esto es, las hembras de jibia enfrente de la VIII Región del Biobío se presentan inmaduras casi en su totalidad en prácticamente todo el año calendario.

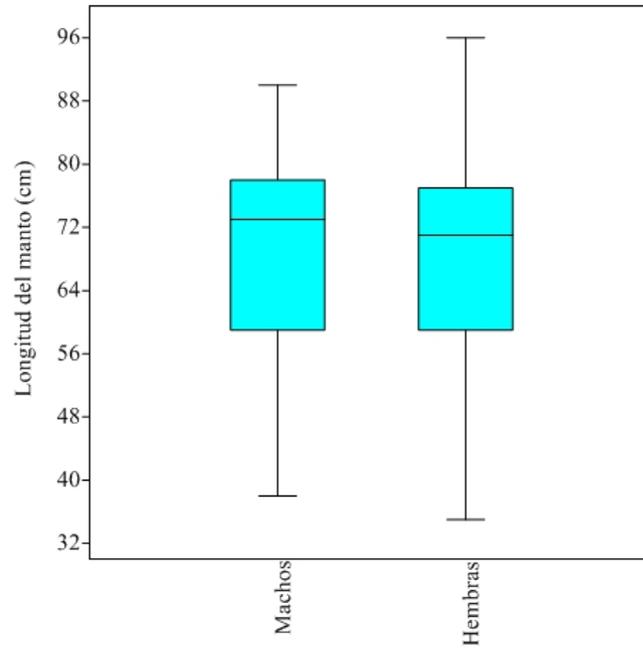


Figura 8.2. Longitud promedio del manto de *D. gigas* en el período de estudio (enero a octubre de 2014).

Tabla 8.1. Estados de madurez sexual de *D. gigas* en el período enero a octubre de 2014.

MES	Sexo	I-Inmaduros	II-Inmaduros	III-En maduración	IV-Maduros	V-Maduros	VI-Desovados	Total general
Enero	Machos	51						51
	Hembras		184	10				194
Total Enero		51	184	10				245
Febrero	Machos	24						36
	Hembras		82					82
Total Febrero		24	82					118
Marzo	Machos	63		7				70
	Hembras		164	4				168
Total Marzo		63	164	11				238
Abril	Machos	1	42	32				75
	Hembras		102					102
Total Abril		1	144	32				177
Mayo	Machos		19	68				87
	Hembras		100	4				104
Total Mayo			119	72				191
Junio	Machos	26	7	24				57
	Hembras	66	50					116
Total Junio		92	57	24				173
Julio	Machos	16	3	13				32
	Hembras	22	26					48
Total Julio		38	29	13				80
Agosto	Machos	23	20	18				61
	Hembras	20	86					106
Total Agosto		43	106	18				167
Septiembre	Machos	20	23	29				72
	Hembras	6	162					168
Total Septiembre		26	185	29				240
Octubre	Machos	45	10	1				56
	Hembras	20	84	2		2		108
Total Octubre		65	94	3		2		164
Total general		403	1164	212		2		1793

MACHOS



HEMBRAS



Figura 8.3. Fotografías de los estados de madurez de *D. gigas* encontrados en 2014 (este estudio).

El índice gonadosomático (IGS) desde enero hasta octubre de 2014 presenta bajos valores, aunque en machos es un poco más alto que en hembras de jibia, exceptuando octubre (Fig. 8.4). En ambos sexos se revela dos épocas con valores más altos de IGS, a saber, en abril-mayo y agosto-septiembre.

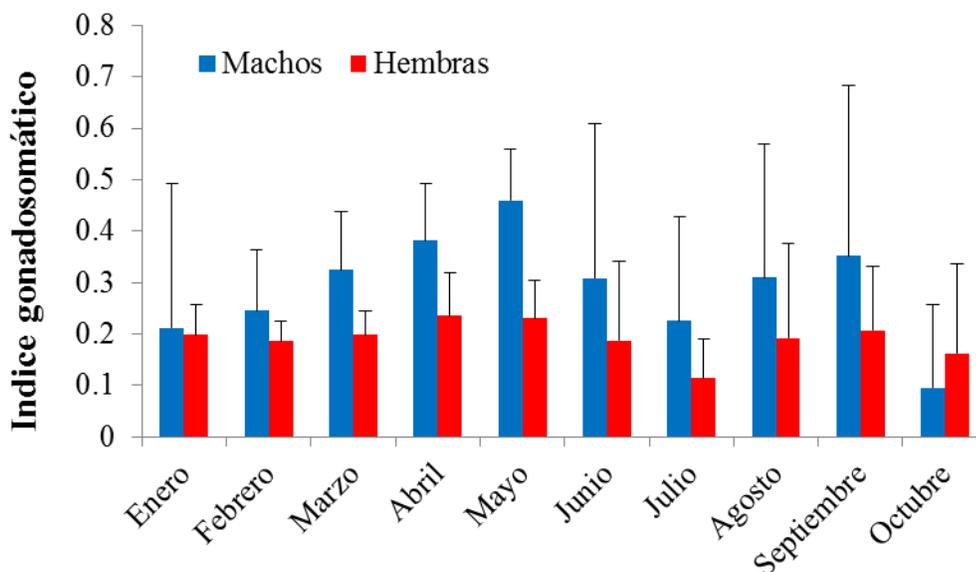


Figura 8.4. Índice gonadosomático de *D. gigas* por sexo desde enero hasta octubre del 2014. Las barras representan la desviación estándar.

En enero de 2014 se realizó el “Taller para estandarización de criterios de muestreos biológico-específicos” en laboratorios de INPESCA en Talcahuano con la participación de personal de ese instituto, de la Universidad Católica del Norte y de la Universidad de Concepción; el taller estuvo a cargo del Dr. Christian Ibáñez, especialista en biología reproductiva de cefalópodos. Se realizó una capacitación teórico-práctica de 12 horas cronológicas de biología y ecología de cefalópodos con especial énfasis en *D. gigas*. Se revisó criterios de madurez sexual en cefalópodos y se calibró las metodologías de muestreo biológico-específico para esta especie en particular. Se disectó ejemplares frescos de *D. gigas* en el laboratorio. Se estandarizó la metodología de medidas corporales (LDM, PT), la determinación de los estados de madurez y la extracción de órganos reproductivos, estómagos y estatolitos (Fig. 8.5).



Figura 8.5. Disección de jibia durante el taller de enero de 2014.

8.3.2. Discusión

En este trabajo se encontró patrones similares de madurez de jibia respecto de los descritos en la literatura. En efecto, la fracción de sexos estuvo sesgada hacia las hembras, tal como ha ocurrido en otras latitudes para *D. gigas* (Markaida *et al.* 2004; Tafur *et al.* 2010). Nosotros registramos solo 2 hembras maduras (estado 4) en octubre de 2014. Esta ausencia de hembras maduras de jibia en la zona de estudio, enfrente de las costas de la VIII Región, podría deberse a que se ha colectado jibias de capturas cercanas a la costa, no oceánicas. Ibáñez *et al.* (2015) han sugerido que el desove de *D. gigas* en las latitudes medias podría ocurrir en la zona oceánica, incluso por fuera de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), donde no operan naves industriales ni artesanales chilenas. En las latitudes bajas (zona ecuatorial) se ha encontrado que las paralarvas de *D. gigas* son más abundantes sobre 25°C de temperatura superficial del mar (Staaf *et al.* 2013). En el Golfo de California las paralarvas *D. gigas* son más abundantes durante los meses estivales (junio a septiembre), cuando la temperatura superficial del mar alcanza entre 27,7°C y 29,4°C (Camarillo-Coop *et al.*, 2011). *In vitro* el desarrollo embrionario de jibia es óptimo en el rango de 17-25°C (Staaf *et al.* 2011). En Perú las paralarvas de *D. gigas* han sido colectadas entre 23°C y 25°C por fuera de la plataforma continental (Yatsu *et al.* 1999). En Chile se han encontrado paralarvas de *D. gigas* solo en la zona oceánica por fuera de la ZEE (>200-300 m.n.) (Nesis 1970, Ibáñez *et al.*, 2015), donde la temperatura superficial del mar es entre 17 y 21°C. Todos estos antecedentes, más la ausencia de hembras maduras de jibia cerca de la costa, permiten postular que las hembras de jibia no desovan acá, sino posiblemente por fuera de la ZEE.

Varios rasgos de historia de la vida de invertebrados marinos calamares pueden variar latitudinalmente por efecto de la temperatura del hábitat y la productividad (Lardies *et al.* 2010). Particularmente, en el caso de los cefalópodos el tamaño de la madurez está estrechamente vinculado a la temperatura del mar (Pecl & Jackson, 2008; Fig. 8.6). Con temperaturas del mar más altas se espera que se reduzca la duración del desarrollo embrionario, se reduzca el tamaño de las crías, aumente la tasa de crecimiento y se acorte la duración de la vida, en general, la madurez ocurre en ejemplares más pequeños y edades más jóvenes. Con temperaturas del mar más frías se espera que el desarrollo embrionario sea de larga duración, las crías más grandes y el crecimiento individual más lento, lo que conlleva a tamaños más grandes de los individuos

de jibia, la madurez ocurrirá en ejemplares más grandes, más viejos y en hembras con mayor fecundidad.

En aguas oceánicas frente de Chile, desde abril de 2006 hasta mayo de 2008, el tamaño medio de madurez (LM 50%) de jibia fue 63,8 cm en las hembras y 56,5 cm en machos (Liu *et al.* 2010). En los años 2003 y 2004 se registró tamaños de madurez frente a Chile de 66 cm en machos y 71 cm en hembras (Ibáñez & Cubillos, 2007). En Coquimbo, durante 1993, se detectó hembras maduras de jibia sobre 50 cm en primavera y sobre 89 cm en verano (González & Chong 2006).

En el Golfo de México, durante 1995-1997, se registró que las hembras y los machos de jibia de gran tamaño maduran tarde (1 año de edad y 73 cm de LM promedio en las hembras; 10 meses de edad y 60 cm LM promedio en los machos) (Markaida & Sosa-Nishisaki, 2001; Markaida *et al.* 2004). Algunos ejemplares de jibia maduran a los 7 meses de edad y 37 cm LM en el caso de las hembras, y 7 meses de edad y 34 cm los machos (Markaida & Sosa-Nishisaki, 2001; Markaida *et al.* 2004).

En Perú es donde se ha registrado las mayores variaciones en la longitud de madurez sexual, aunque se debe reconocer que la base de datos biológico-específico en Perú es extensa (18 años). En 1989-1999 la mayoría de las hembras de jibia maduraban a tamaños pequeños (28 cm LM) y medios (60 cm LM) con promedio general de 37 cm; mientras que desde 2000 hasta 2004 el tamaño de madurez aumentó en promedio a 85,9 cm LM (Argüelles *et al.* 2008), lo que probablemente estuvo asociado a un cambio de régimen que ocurrió a partir del año 2000 en el Océano Pacífico Suroriental, confirmándose que la temperatura de hábitat, probablemente junto con otros factores ambientales, juega un rol fundamental en el tamaño medio y talla media de madurez de jibia, tanto de hembras como de machos. Arkhipkin *et al.* (2015) han señalado que ejemplares de jibia pueden madurar temprano (1 año de edad) y tener pequeño tamaño, o madurar más tarde (1,5 a 2 años) y presentar mayor tamaño. Esta variabilidad en la madurez de *D. gigas* dificultó nuestro trabajo debido a que prácticamente no encontramos ejemplares maduros de hembras de jibia.

Adicionalmente, el tamaño corporal es importante en la fecundidad de los calamares, ya que la fecundidad se incrementa exponencialmente con el tamaño corporal. En México la fecundidad potencial de jibia cambió por efecto del evento ENSO 2009-2010. En efecto, las hembras

pequeñas (media LM = 35,4 cm) tuvieron en promedio de 600 millones a 800 millones de ovocitos, aunque las hembras grandes post ENSO (media LM = 74,0 cm) tuvieron de 7,3 a 18,7 millones de ovocitos (Hoving *et al.* 2013).

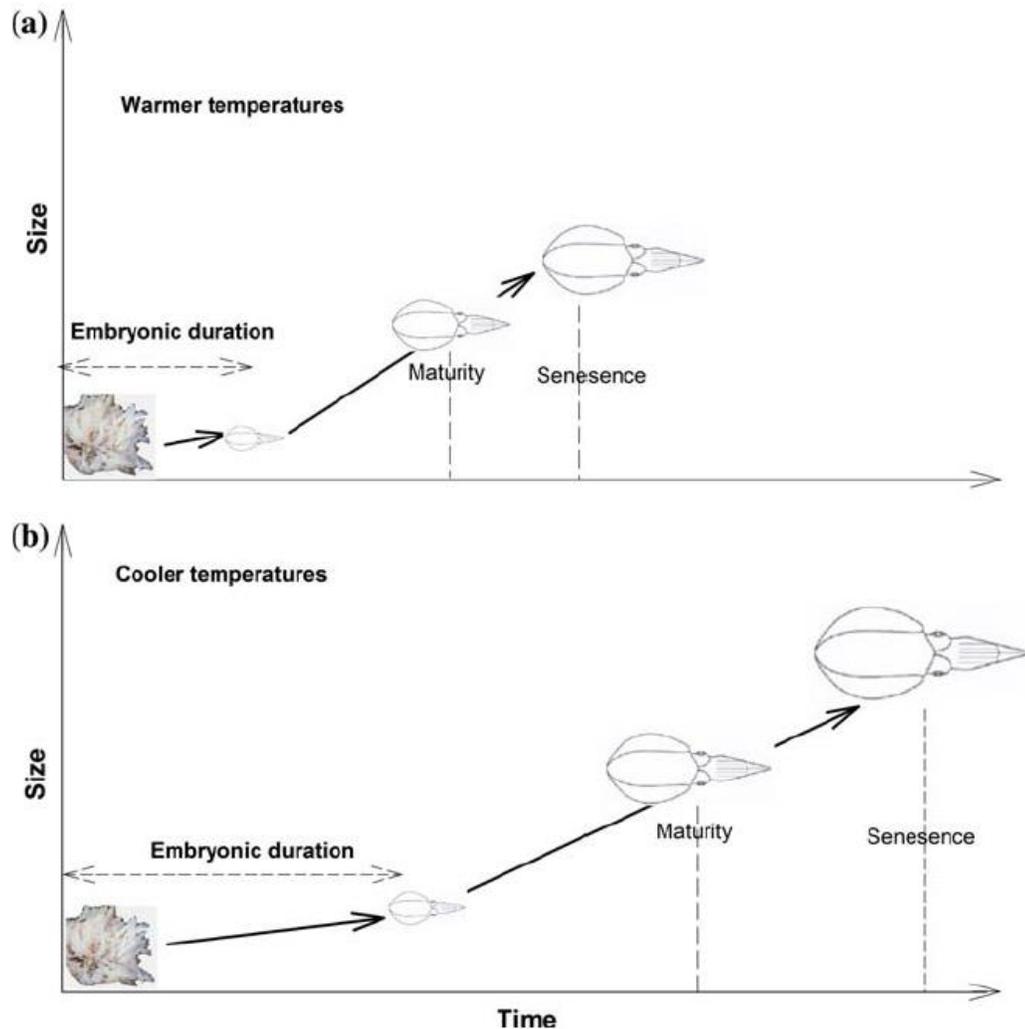


Figura 8.6. Diagrama de los efectos potenciales de temperaturas del mar elevadas en la historia de la vida de calamares: (a) con temperaturas más altas; (b) con temperaturas más frías. Modificado de Pecl & Jackson (2008).

Los índices gonadosomáticos (IGS) se han reportado más altos en machos que en hembras en todos los meses de estudio (Fig. 8.1), probablemente porque los machos maduran más jóvenes que las hembras ((Nesis 1970, Markaida & Sosa-Nishizaki 2001, Tafur *et al.* 2010). Sin

embargo, en muestreos efectuados enfrente de ZEE de Chile se encontró que la composición en la madurez entre machos y hembras es similar (Liu *et al.* 2010). En Chile se han detectado ejemplares maduros todo el año, indicando que la reproducción no es estacional (González & Chong 2006). Este trabajo solo examinó 254 ejemplares (93 de invierno y 161 de primavera) de frente a la costa de Chile central (30°S) capturados en julio-agosto (invierno) y octubre-noviembre (primavera) de 1993. Sin embargo, en el trabajo de Liu *et al.* (2010), para un total de 1374 ejemplares (997 hembras y 377 machos) se encontraron ejemplares maduros de hembras y machos solamente en invierno y verano. Además, la madurez mostró variación mensual tanto en hembras como en machos. Liu *et al.* 2010, basados en la distribución de las fechas de eclosión a partir de las muestras colectadas, establecen la existencia de dos grupos de jibias, uno en verano y otro en el invierno, lo que es consistente con lo reportado anteriormente frente a Chile (González & Chong 2006, Ibáñez & Cubillos 2007, y Zúñiga *et al.* 2008). Clarke & Paliza (2000) sugieren que existirían dos épocas de desove de jibia a lo largo de un año calendario, a saber, una en invierno y otra en verano.

En los inviernos y las primaveras de 1993 y 2003 en Chile central (30°S-38°S) no se registró evidencia de desove en jibia (Cubillos *et al.* 2004, Chong *et al.* 2005, Ibáñez & Cubillos 2007). Por su parte, Chen *et al.* (2011), en función de la detección de individuos nacidos entre enero y diciembre de 2008 frente a la ZEE de Chile, sugieren que *D. gigas* desova durante todo el año, aunque el máximo de nacimientos ocurriría en primavera, con lo que concuerdan Liu *et al.* (2010), aunque ellos señalan que el máximo es extenso y en primavera-verano.

El tamaño medio de madurez de jibia (hembras) no pudo ser determinado en el presente estudio, aunque para muestras dentro y fuera de la ZEE de Perú se ha reportado tallas medias de madurez en hembras de jibia entre 20 y 80 cm de LM (Tafur *et al.* 2010). Sin embargo, éste es un rasgo biológico bastante plástico y puede cambiar entre años, dependiendo de las condiciones del hábitat, la disponibilidad de alimento y posibles patrones de migración (Kyel *et al.* 2008; Argüelles *et al.* 2008; Ibáñez *et al.*, 2015).

Varios autores han señalado la posibilidad de que estos diferentes grupos de tamaño de madurez representan unidades genéticamente discretas, incluso subpoblaciones o niveles sub-específicos (Nesis, 1983; Argüelles *et al.*, 2001; Nigmatullin *et al.*, 2001). Sin embargo, los estudios genéticos realizados con muestras de los diferentes grupos de madurez en jibia, colectados en

Perú y México, han mostrado que estos fenotipos no son genéticamente diferentes, y sólo representan la gran flexibilidad fenotípica de esta especie (Sandoval-Castellanos *et al.*, 2009).

8.4. Conclusiones

- Las hembras de *D. gigas* no exhiben actividad reproductiva en la zona de pesca de Chile centro sur, probablemente por las bajas temperaturas del hábitat.
- Se postula que *D. gigas* desova en zonas oceánicas y enfrente de todo el litoral de Perú donde la temperatura del hábitat es más favorable para el desarrollo de las paralarvas y juveniles.

8.5. Referencias

- Argüelles J., P.G. Rodhouse, P. Villegas & G. Castillo. 2001. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. *Fisheries Research* 54: 51-61.
- Argüelles, J., R. Tafur, A. Taípe, P. Villegas, F. Keyl, N. Domínguez & M. Salazar. 2008. Size increment of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* mature females in Peruvian waters, 1989-2004. *Prog. Oceanogr.*, 79: 308-312.
- Arkhipkin, A.I., J. Argüelles, Z.N. Shcherbich & C. Yamashiro. 2015. Ambient temperature influence adult size and life span in jumbo squid *Dosidicus gigas*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72(3): 400-409.
- Boyle P.R. & P.G. Rodhouse. 2005. *Cephalopods, Ecology and fisheries*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Boyle P.R. 1983. *Cephalopod Life Cycles: Species Accounts*. Vol. 1. Academic Press, London.
- Chen, X., H. Lu, B. Liu & Y. Chen. 2011. Age, growth and population structure of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, based on statolith microstructure off the Exclusive Economic Zone of Chilean waters. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 91: 229-235.
- Chong J., C. Oyarzún, R. Galleguillos, E. Tarifeño, R. Sepúlveda & C. Ibáñez. 2005. Parametros biológico-pesqueros de la jibia, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae), frente a la costa de Chile Central (29° S–40° S) durante 1993–1994. *Gayana (Zool)* 69: 319–328.
- Clarke R. & O. Paliza. 2000. The Humboldt Current squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 35: 1-39.
- Cubillos L.A., Ibáñez C.M., González C. & A. Sepúlveda. 2004. Pesca de jibia (*Dosidicus gigas*) con red de cerco entre la V y X Regiones, año 2003. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile.
- González A. & A. Guerra. 1996. Reproductive biology of the short-finned squid *Illex coindetii* (Cephalopoda, Ommastrephidae) of the northeastern Atlantic. *Sarsia* 81: 107-118.
- González, P. & J. Chong. 2006. Biología reproductiva de *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda, Ommastrephidae) en la zona norte-centro de Chile. *Gayana*, 70: 65-72.
- Hanlon R.T. & J.B. Messenger. 1996. *Cephalopod Behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Hoving, H.J.T., W.F. Gilly, U. Markaida, K.J. Benoit-Bird, Z.W. Brown, P. Daniel, P., J.C. Field, L.Z. Parassenti, B. Liu, & B. Campos. 2013. Extreme plasticity in life-history

- strategy allows a migratory predator (jumbo squid) to cope with a changing climate. *Global Change Biology*, 19: 2089-2103.
- Ibáñez C.M. & Cubillos L.A. 2007. Seasonal variation in the length structure and reproductive condition of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) off central-south Chile. *Sci Mar* 71:123–128.
- Ibáñez C.M., R.D. Sepúlveda, P. Ulloa, F. Keyl & Pardo-Gandarillas M.C. 2015. Biology and Ecology of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) in Chilean waters: a review. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43 (3): 402-414
- Keyl, F., J. Argüelles, L. Mariátegui, R. Tafur, M. Wolff & C. Yamashiro. 2008. A hypothesis on range expansion and spatio-temporal shifts in size-at-maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the eastern Pacific Ocean. *Cal. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 49: 119-128.
- Lardies, M. A., M.B. Arias & L.D. Bacigalupe. 2010. Phenotypic covariance matrix in life-history traits along a latitudinal gradient: a study case in a geographically widespread crab on the coast of Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 412: 179-187.
- Lipinski, MR. & LG. Underhill. 1995. Sexual maturation in squid: Quantum or continuum? *S. Afr. J. Mar. Sci.* 15: 207–223.
- Liu, B., X. Chen, Y. Chen, H. Lu & W. Qian. 2010. Trace elements in the statoliths of jumbo flying squid off the Exclusive Economic Zones of Chile and Peru. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 429: 93-101.
- Markaida U. & Sosa-Nishizaki O. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. *Fisheries Research*, 54: 63-82.
- Markaida, U., C. Quiñónez-Velázquez & O. Sosa-Nishizaki. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 66(1): 31-47.
- Nesis K. N. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. *Okeanology*, 10: 140–152.
- Nesis K.N. 1983. *Dosidicus gigas*. In: Boyle PR (ed). *Cephalopod life cycles Vol I: Species accounts*. Academic Press, London, p. 215–231.
- Nigmatullin C.M. & Markaida U. 2009. Oocyte development, fecundity and spawning strategy of large sized jumbo squid *Dosidicus gigas*. *J Mar Biol Assoc UK* 89:789–801.
- Pecl, G.T. & G.D. Jackson. 2008. The potential impacts of climate change on inshore squid: biology, ecology and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 18(4), 373-385.
- Rocha F., A. Guerra & A.F. González. 2001. A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biol Rev* 76: 291-304.

- Sandoval-Castellanos, E., M. Uribe-Alcocer & P. Díaz-Jaimes. 2009. Lack of genetic differentiation among size groups of jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *Cienc. Mar.*, 35: 419-428.
- Staaf D.J, L.D. Zeidberg & W.F. Gilly. 2011. Effects of temperature on embryonic development of the Humboldt squid *Dosidicus gigas*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 441:165–175.
- Staaf D.J., J.V. Redfern, W.F. Gilly, W. Watson & L.T. Balance. 2013. Distribution of ommastrephid paralarvae in the eastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin* 111: 78–89.
- Tafur R., F. Keyl & J. Argüelles. 2010. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in relation to environmental variability of the northern Humboldt Current System. *Marine Ecology Progress Series* 400: 127–14.
- Yatsu A., R. Tafur & C. Maravi. 1999. Embryos and Rhynchoteuthion Paralarvae of the Jumbo Flying Squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) Obtained through Artificial Fertilization from Peruvian Waters. *Fisheries Science* 65: 904-908.
- Zúñiga, M. J., L. A. Cubillos & C. M. Ibáñez. 2008. A regular pattern of periodicity in the monthly catches of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) along the Chilean coast (2002–2005). *Cienc. Mar.*, 34: 91-99.

9. Del Objetivo Específico 6

9.1. Modelo conceptual de la historia de vida del stock de jibia

Formular un modelo conceptual de la historia de vida del stock de jibia que incluya el alineamiento de edades (t_r , t_c , t^* , t_{max} , otras) y los parámetros del stock, por un lado y, por el otro, un modelo conceptual de explotación pesquera con sustento biológico que incluya eventualmente vedas, indicando de qué tipo(s) se trata.

Resumen

Se presenta un modelo conceptual de la historia de vida junto a un modelo de explotación del stock de jibia (*Dosidicus gigas*) frente a Chile basado en data colectada en este ecosistema, información general de la especie y resultados del presente proyecto. En términos poblacionales existiría una diferencia genética entre los stocks de jibia del Hemisferio Norte y del Hemisferio Sur explicada, probablemente, por las corrientes ecuatoriales que impedirían las migraciones norte-sur y viceversa a través de las latitudes bajas (Ecuador geográfico). En el Hemisferio Sur existiría unidad genética de jibia compuesta por individuos capturados en Perú y Chile. Frente a Perú la jibia se aparea en primavera (septiembre a noviembre) y desova durante todo el año, aunque con un máximo principal en octubre-enero y uno secundario en invierno (mayo-junio). La eclosión de la paralarva se produce 10 días después de ocurrido el desove, observándose rápido crecimiento somático, especialmente en los primeros meses de vida. Para efectos prácticos, nosotros adoptamos por convención como fecha de nacimiento (t_0) a noviembre de cada año. Hasta ahora no se ha encontrado individuos maduros de jibia ni se ha registrado fehacientemente masas de huevos o paralarvas dentro de la Zona Económica Exclusiva de Chile, lo que indicaría que la jibia no utiliza esta área como zona de desove y/o crianza. El reclutamiento de jibia a la pesquería en la zona norte y centro-sur de Chile (t_r) se produciría en invierno (julio), cuando los individuos nacidos en noviembre del año anterior ingresan a las zonas de pesca con aproximadamente 8 meses de edad. El origen de los reclutas de jibia no es

claro. Sin embargo, considerando que no habría desove en aguas chilenas, entonces es factible plantear que los ejemplares de jibia provienen del norte (Perú) y/o de la zona oceánica, los que quedan vulnerables al arte de pesca arrastrero industrial de la zona centro-sur (VIII región) y artesanal de poteras de la zona norte (IV Región) durante invierno y primavera (julio-octubre). Por lo tanto, t_r se superpone con la edad de primera captura (t_c). La cohorte permanece en la pesquería unos 14 meses (julio de un año a octubre del año siguiente), abandonándola aproximadamente a los 2 años de vida (t_m). El destino de los individuos que abandonan la pesquería no está claro, aunque planteamos la hipótesis que podrían iniciar una migración reproductiva costera hacia el norte y/u oceánica hacia el oeste en busca de aguas más cálidas para desovar. La longevidad (t_{max}) del stock de jibia frente a Chile centro-sur, estimada en este proyecto sería de aproximadamente 2 años. Se concluye que el stock de jibia frente a Chile central no es una población cerrada, ya que su dinámica dependería fuertemente de procesos de inmigración (reclutas) y emigración (adultos). Además, la jibia utilizaría las zonas de surgencia de Chile norte y centro-sur sólo como áreas de alimentación, ya que la baja temperatura del mar no favorecería los procesos de maduración y desarrollo de huevos y paralarvas.

9.1.1. Introducción

Dosidicus gigas (D'Orbigny, 1835), conocida comúnmente como jibia, calamar gigante, jumbo squid o Humboldt squid es la única especie del género *Dosidicus*. Además, entre de los omastrefidos la jibia es el calamar de mayor tamaño, alcanzando el peso máximo de 50 kg y la longitud dorsal del manto de hasta 1,2 m (Nigmatullin *et al.*, 2001). La jibia es endémica del Océano Pacífico Oriental, distribuyéndose desde USA hasta Chile, y desde la costa hasta 140°W en el Ecuador (Nesis, 1983; Nigmatullin *et al.*, 2001).

Hasta el siglo pasado se reconocía que los límites de la distribución de la población de jibia eran entre 30°N y 40°S, con las mayores abundancias probablemente en el Golfo de California y frente a la costa de Perú (Nigmatullin *et al.*, 2001). Sin embargo, desde inicios de la década de los 2000s la distribución de jibia se amplió desde 60°N hasta 47°S (e incluso hasta 55°S cerca de Punta Arenas, en el extremo austral de Chile). Este proceso habría sido guiado por la combinación de condiciones ambientales favorables (cambio de régimen oceanográfico el año

2000), disminución de la abundancia de predadores (tiburones, lobo marino) y, eventualmente, competidores (predadores tope), y alta disponibilidad de alimento (Keyl *et al.*, 2008). Este último se considera un factor primordial ya que la jibia es predador de alta demanda energética.

A diferencia de lo ocurrido en tiempos pasados, la presencia actual de jibia en el extremo sur de su rango de distribución no es efímera, sino que ha perdurado por más de una década, lo que ha permitido el desarrollo y establecimiento de una pesquería que desembarca actualmente sobre 100 mil ton anuales en Chile, con su máximo histórico de más de 300 mil ton en 2005 (www.sernapesca.cl). Así, la opinión de la autoridad pesquera y algunos agentes decisionales de grupos de interés ha cambiado diametralmente desde inicios de los años 2000s, cuando se consideraba a la jibia una plaga, hasta el presente, cuando se la trata como un recurso pesquero que se desea manejar de forma sustentable. A continuación se presenta una sistematización de los antecedentes bibliográficos generales de la dinámica poblacional de jibia que permiten proponer un modelo conceptual de su dinámica y explotación frente a las costas de Chile.

A. Unidades poblacionales

El análisis genético de individuos provenientes de ocho localidades de México, Perú y Chile indicó que las subpoblaciones de jibia de los Hemisferios Norte y Sur están genéticamente separadas, lo se debería, probablemente, a que las corrientes y contracorrientes ecuatoriales forman una barrera natural que dificultaría la migración de individuos desde el Hemisferio Norte hacia el Hemisferio Sur y viceversa (Sandoval-Castellanos *et al.*, 2007). En cambio, en el Hemisferio Sur sí existirían unidades genéticas e integridad evolutiva entre individuos capturados en Chile y Perú (Sandoval-Castellanos *et al.*, 2007; Sandoval-Castellanos *et al.*, 2010; Ibáñez *et al.*, 2011), esto es, pertenecen al mismo stock. Se debe aclarar que las unidades evolutivas aquí mencionadas no son necesariamente homologables a stocks pesqueros.

B. Ciclo de vida

El ciclo de vida de la jibia se inicia con el desove. Se ha estimado que hembras de tamaño grande pueden contener hasta 32 millones de huevos (rango normal entre 0,3 y 13 millones de huevos),

siendo ésta la mayor fecundidad encontrada en cefalópodos (Nigmatullin *et al.*, 2001). Otro rasgo compartido de jibia con otros cefalópodos es la ausencia de una fase larval verdadera, ya que luego de aproximadamente 10 días eclosionan paralarvas, correspondiendo a un estado muy similar al adulto (Yatsu *et al.*, 1999). La tasa de crecimiento mensual de jibia alcanzaría a 8 cm de LDM durante las fases de paralarva y juveniles, creciendo hasta 6 cm por mes en fases posteriores. Esta es la tasa de crecimiento más alta reportada en cefalópodos (Nigmatullin *et al.*, 2001; Markaida *et al.*, 2005) y explica que la jibia alcance hasta 120 cm LDM en un ciclo de vida de aproximadamente 18 meses (Nigmatullin *et al.*, 2001).

Si bien no está universalmente aceptado (Masuda *et al.* 1998), se cree que la jibia, como otros cefalópodos, exhibe la característica “senescencia de los pulpos” (Anderson *et al.*, 2002). Esto, sumado a que se trata de un animal semélparo, implica que la jibia no recupera sus órganos reproductivos, sino que muere después del primer desove –en el caso de las hembras, pero no de los machos– o después de la primera secuencia de desove (Nigmatullin *et al.*, 2001), iniciando nuevamente el ciclo. Sin embargo, esta tesis no ha sido probada científicamente aún.

C. Migraciones

En los cefalópodos los desplazamientos y migraciones ocurren en todas las fases del ciclo de vida, lo que incluye deriva pasiva de masas de huevos y paralarvas, migraciones verticales en muchas especies oceánicas y migraciones de gran escala (>1000 km) de animales adultos desde las áreas de alimentación a las áreas de desove. En el caso de los calamares omastréfidos (incluyendo la jibia), las especies son mayormente pelágicas y pueden migrar largas distancias como parte de su ciclo de vida (Mangold, 1976).

Con datos de la pesquería en los años 1979 y 1980 en el Golfo de California, Klett (1982) y Ehrhardt *et al.* (1983) proponen que la jibia ingresaría en enero al Golfo de California desde el Océano Pacífico. Luego extendería su límite norte máximo alcanzando 29° N en abril, permaneciendo en la zona central del Golfo desde mayo hasta agosto. Markaida *et al.* (2005), mediante el estudio de marcaje y recaptura, indican que la tasa de recaptura en jibia es talla-dependiente. En efecto, la recaptura fue nula en individuos menores que 46 cm LDM, baja para individuos entre 46 y 50 cm LDM y alta para aquellos mayores que 70 cm LDM. La nula

recaptura de individuos menores podría deberse a su mayor mortalidad natural o a que migran más rápido (Markaida *et al.*, 2005). La velocidad mantenida durante la migración sería de 8 a 10 km día⁻¹ (Markaida *et al.*, 2005), aunque en algunos casos podría llegar hasta 30 km día⁻¹ (Gilly *et al.*, 2006).

D. Tasa de crecimiento diario

A partir de experimentos de marcaje y recaptura Markaida *et al.* (2005) indican valores de 1,0 a 1,5 mm día⁻¹ (d.s.: 0,05-0,6) como valor confiable para la tasa de crecimiento diario de jibia en el Golfo de California. Markaida *et al.* (2004) indican que el modelo que mejor describe el crecimiento de la jibia es el logístico, con las hembras creciendo significativamente más rápido que los machos. Los mismos autores indican que se observa dos grupos con distinta madurez a la talla, a saber, aquellos que maduran tardíamente a una edad sobre 1 año de vida y que, obviamente, viven mucho más que 1 año; y los que maduran tempranamente y viven menos que 1 año. En el Golfo de California los ejemplares de jibia de gran tamaño constituyen una población de múltiples cohortes intra-anales que usan alternativamente las áreas de surgencia estacional durante su crecimiento (Markaida *et al.*, 2004). Algo similar ocurriría frente a Chile centro-sur.

E. Madurez y desove

Hasta ahora no se ha observado paralarvas ni juveniles de jibia al norte de México o al sur de Perú. Si bien se ha reportado hembras fecundadas en aguas de la Corriente de California, no se ha encontrado masas de huevos ni larvas en ese ecosistema. En el caso de la sección sur de la Corriente de Humboldt (frente a Chile centro-sur), no se ha reportado individuos maduros, huevos ni paralarvas de jibia (Cubillos *et al.*, 2004; este proyecto).

Los huevos de jibia no se desarrollarían en aguas frías, lo que ha sido demostrado con estudios de laboratorio (Staff *et al.*, 2008). Algunas variables ambientales, como la temperatura y la disponibilidad de alimento, han sido descritas como factores que controlan la maduración en cefalópodos. En este sentido, altos niveles nutricionales y bajas temperaturas causan

maduración tardía, mientras que condiciones opuestas (i.e., bajos niveles nutricionales y altas temperaturas) causarían madurez temprana (Mangold, 1987), lo que implicaría que los individuos maduros de jibia vuelven a aguas cálidas para reproducirse, utilizando las aguas frías de la Corriente de California y probablemente también de la sección sur de la Corriente de Humboldt sólo como áreas de alimentación. Información de la flota China que ha operado fuera de la ZEE de Chile indica que, aunque mínima, en esa zona sí existiría una fracción de individuos maduros sexualmente (Liu *et al.*, 2013).

En Perú, Tafur *et al.* (2001) estimaron la talla media de madurez de jibia en 24 a 32 cm LDM en hembras, encontrando ejemplares maduros durante todo el año para el período 1991 a 1995. Sin embargo, los índices de madurez indicaron la existencia de un máximo principal de desove desde octubre hasta enero, y uno secundario en julio y agosto, a lo que se suma la presencia de dos grupos de tallas con diferente estado de madurez. Las hembras fueron siempre más numerosas en las muestras que los machos, y la mayor incidencia de apareamiento se observó en primavera (septiembre a noviembre). En cuanto a las áreas de desove, Tafur *et al.* (2001) indican que el desove se produce a lo largo de toda la costa peruana con el mayor número de desovantes en las zonas norte (3°S a 8°S) y centro (12°S a 17°S). Sin embargo, se reportó una zona de desove excepcional en enero a marzo de 1993 en la zona sur.

Keyl *et al.* (2008) proponen que los dos grupos de jibia (tallas grandes que maduran tardíamente y las tallas más pequeñas que maduran tempranamente) tienen respuestas en su historia de vida opuestas para dos condiciones del ecosistema del Sistema de la Corriente de Humboldt. La estrategia de madurez a tamaños pequeños asegura que la población sobreviva durante períodos cálidos con baja disponibilidad de alimento, mientras que la estrategia de maduración a tamaños grandes permitiría maximizar el fitness individual durante períodos fríos con abundante alimento.

9.1.2. Modelo conceptual de la historia de vida del stock de jibia frente a Chile centro-sur

En Chile el mayor desembarque de jibia se registra en Coquimbo y Tongoy (IV Región), San Antonio (V Región) y San Vicente-Talcahuano (VIII Región) con dos tipos de flotas operando sobre el recurso, la industrial compuesta, de barcos arrastreros hieleros con base en Talcahuano, y la flota artesanal, compuesta por botes y lanchas de Coquimbo, Tongoy, San Antonio y San Vicente. La flota industrial usa aparejo (red) de arrastre de media agua, mientras que la artesanal usa la “potera” y en pocos casos el cerco.

El desembarque industrial de jibia se realiza exclusivamente en la VIII Región, siendo capturada casi en su totalidad frente a Talcahuano (ver Sección 1 del objetivo específico 1 en este informe). El análisis mensual de tamaños de jibia en el desembarque industrial permite inferir la presencia de dos cohortes. La primera crece de enero a septiembre del año t y probablemente se hace disponible a la pesquería desde invierno del año $t-1$. La segunda cohorte ingresa en junio-julio del año t y crece hasta septiembre del año $t+1$.

Con respecto a la flota artesanal, los desembarques se concentran principalmente en la V Región y secundariamente en las Regiones IV y VIII (www.sernapesca.cl). Tanto el esfuerzo como el rendimiento de pesca artesanales son mayores en invierno (mayo a septiembre), decayendo desde fines de septiembre y manteniéndose bajo hasta marzo-abril del año siguiente (www.sernapesca.cl). La composición mensual de LDM de jibia en la flota artesanal para todos los puertos muestreados pareciera indicar la progresión modal de una sola cohorte desde aproximadamente octubre de un año (ejemplares de menor tamaño) a septiembre del año siguiente (ejemplares de mayor tamaño) (Belmar *et al.*, 2014; Gálvez *et al.*, 2013). Sin embargo, la disminución de la actividad en los meses estivales, la falta de monitoreo durante septiembre debido a la veda de merluza común y la selectividad del arte de pesca (lo que influiría en la baja presencia de ejemplares de jibia <60 cm LDM) podrían afectar la identificación de la cohorte de junio-julio (reclutas) que se observa en el desembarque industrial.

La información disponible del recurso jibia indica que no existiría un flujo permanente de individuos entre el Hemisferio Norte y el Hemisferio Sur. Por lo tanto, ambos modelos conceptuales consideran solamente la dinámica de jibia en su distribución gondwánica o

meridional. En el Hemisferio Sur la jibia desova a lo largo de toda la costa peruana, pero aún no existe evidencia de individuos maduros, masas de huevos o paralarvas en la ZEE frente a Chile. En Perú la jibia desovaría durante todo el año con el máximo desde octubre hasta enero del año siguiente, y otro secundario en invierno.

La eclosión se produce a los pocos días de ocurrido el desove y, para efectos prácticos, se considera aquí que la fecha de nacimiento (t_0) es noviembre de cada año (Fig. 9.1). El crecimiento somático es muy rápido en las etapas de paralarva y juveniles, aunque las paralarvas tendrían desplazamiento pasivo, al igual que las masas de huevos, mientras que los juveniles tendrían la capacidad de migrar más velozmente y a mayores distancias.

El reclutamiento a la pesquería (t_r) de las zonas norte (IV y V Regiones) y centro-sur (VIII Región) de Chile se produciría en invierno (julio) con el ingreso de individuos de 6 a 8 meses de edad (Fig. 9.1). Esos individuos quedan vulnerables al arte de pesca arrastrero industrial y artesanal en invierno y primavera (julio a octubre). Por lo tanto, t_r se superpone con la edad de primera captura (t_c).

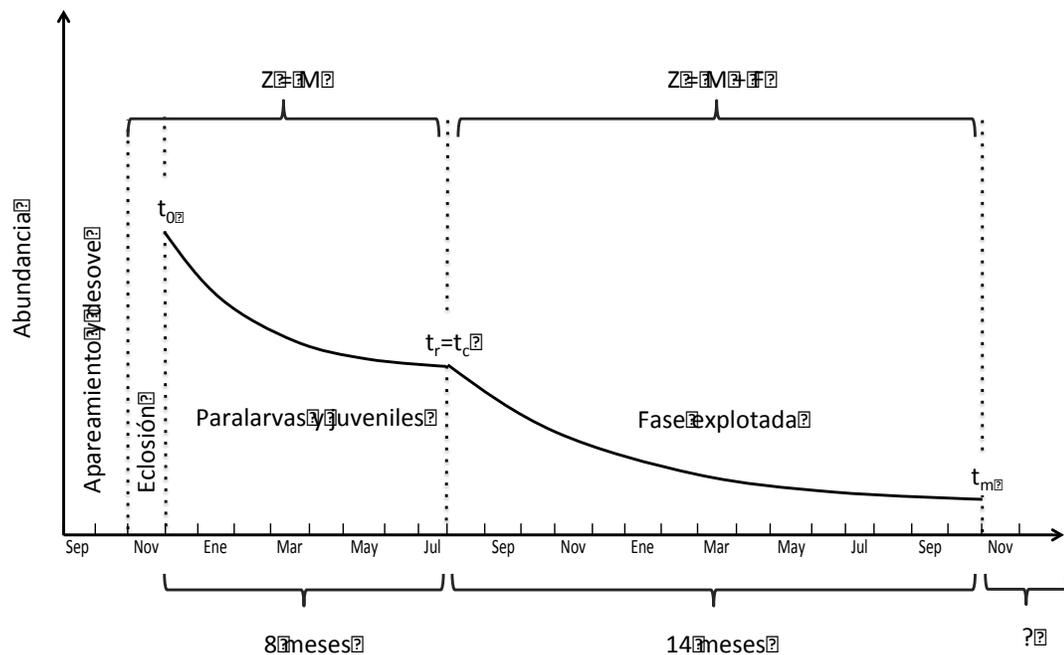


Figura 9.1. Modelo conceptual para la dinámica de la jibia frente a las costas de Chile. Simbología: Z=mortalidad total; M=mortalidad natural; F=mortalidad por pesca; t_0 =edad de nacimiento; t_r =edad de reclutamiento a la pesquería; t_m =edad a la cual la cohorte abandona la zona de pesca. Adaptado de Sparre y Venema (1995; Fig. 4.1.1 de tales autores, pág. 122).

Entonces, la dinámica del stock de jibia explotada en las zonas de pesca frente a Chile no correspondería a la de una población cerrada, sino que a una población abierta fuertemente dependiente de los procesos de inmigración de juveniles y de emigración de individuos de mayor talla y edad (Fig. 9.2). El origen de los individuos de jibia que reclutan a las zonas de pesca frente a Chile, así como el destino de los individuos que la abandonan, es incierto. Sin embargo, en el primer caso se podría tratar de individuos desovados en el sur de Perú y/o en la zona oceánica fuera de la ZEE frente a Chile. Desde estas zonas los individuos de jibia serían transportados primero pasivamente como huevos y paralarvas, y luego en la etapa de juveniles emprenderían una migración alimentaria activa (norte-sur o este-oeste) hacia las zonas de reclutamiento y pesca; transcurridos 14 meses los individuos abandonarían las zonas de pesca, iniciando probablemente una migración reproductiva (costera hacia el norte y/u oceánica hacia el oeste), buscando aguas más cálidas para aparearse y desovar. La existencia de individuos de 2 años o más viejos en las costas de Chile y el registro de algunos individuos grandes fuera de la ZEE de Chile, capturados por la flota China de altura, podrían indicar que algunos individuos de jibia que dejaron la pesquería a 1 año y medio de edad (probablemente para desovar) son capaces de regresar a zonas de pesca.

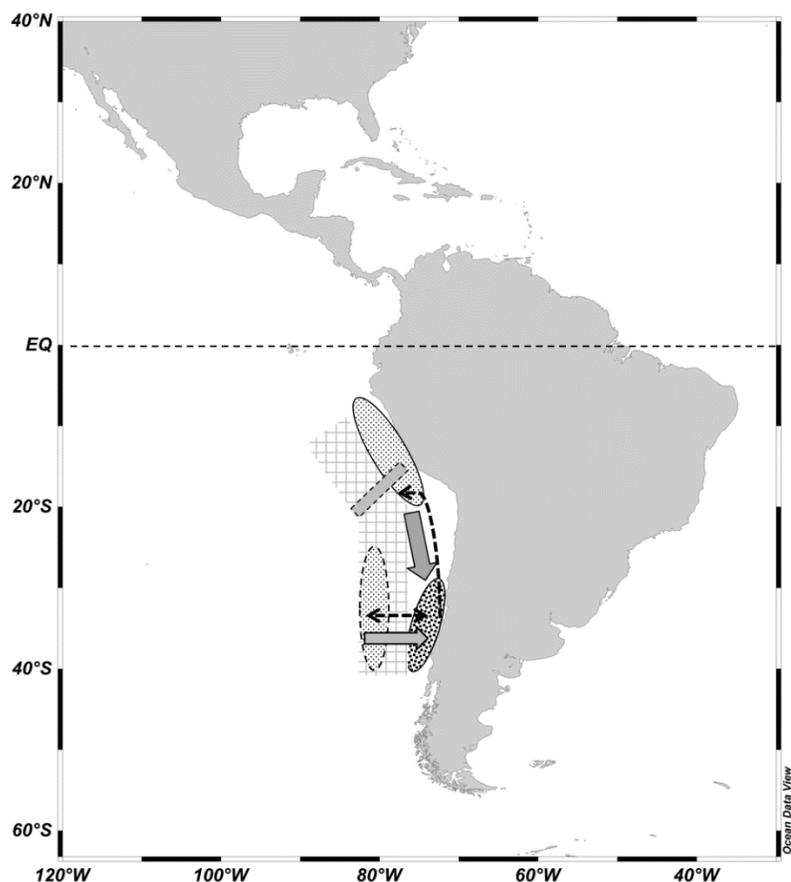


Figura 9.2. Diagrama hipotético de las migraciones de jibia en el sistema de la Corriente de Humboldt.

Simbología:

- área elíptica superior con línea sólida y puntos pequeños = zona de pesca y desove en Perú;
- área elíptica inferior derecha con línea sólida y puntos grandes = zona de pesca y reclutamiento en Chile centro-sur;
- área elíptica inferior izquierda con línea sólida y puntos pequeños = zona de pesca hipotética de desove en el sector oceánico frente a Chile centro-sur;
- área cuadriculada (líneas gris claro) = zona de pesca de la flota internacional frente a Perú y Chile;
- flecha gris oscuro (entre las dos áreas elípticas costeras) = vía de inmigración de juveniles desde Perú hacia la zona de reclutamiento en Chile centro-sur;
- flecha gris claro (entre las dos áreas elípticas inferiores) = vía hipotética de inmigración de juveniles desde la zona oceánica frente a Chile centro-sur hacia la zona de reclutamiento;
- flechas piteadas negras = vías hipotéticas de emigración reproductiva de adultos hacia zonas más cálidas ubicadas al norte y al oeste de la zona de pesca frente a Chile central;
- barra gris con línea punteada: esquema del dorsal de Nazca.

9.1.3. Discusión

La información de jibia y sus pesquerías, utilizada en el presente trabajo para construir y proponer modelos conceptuales de historia de vida y explotación, no proviene de estudios dirigidos específicamente a dicho propósito. Por el contrario, la data corresponde a trozos de información de distintas fuentes y distintas flotas pesqueras (costera artesanal de poteras, costera arrastrera industrial, de altura industrial con poteras) operando en distintos caladeros (oceánicos y costeros). En general, tanto en el Hemisferio Norte como en el Hemisferio Sur los estudios relacionados con tópicos biológico-pesqueros de jibia han sido esporádicos y de corta duración, lo que se explica por la particular dinámica de la especie y sus pesquerías, aunque también porque estos temas no eran prioridad para los agentes decisionales en Chile. La mayor cantidad de información de jibia y sus pesquerías se refiere a los stocks explotados en el Golfo de California y frente a Perú (dentro y fuera de su ZEE). Por lo tanto, el modelo propuesto por nosotros debe ser considerado como hipótesis y someterlo a prueba con más y mejor información disponible frente a las costas de Chile.

Un punto importante que emerge del modelo conceptual es la similar longevidad de la jibia en el ecosistema de la Corriente de Humboldt sur, la que prácticamente coincide con la reportada para la misma especie en otros lugares de su rango de distribución (Nigmatulin *et al.*, 2001, Markaida *et al.*, 2004, Keyl *et al.*, 2008; Mangold, 1987).

Otro tópico importante es si efectivamente la jibia no alcanza la maduración sexual dentro de la ZEE frente a Chile centro-sur. Si bien la mayoría de los omastréfidos utilizan aguas subtropicales como ambiente óptimo de desove, existen algunas especies de omastréfidos tales como *Toracodes fillipovae* y *Martialia hyadesi* que pueden desovar en aguas sub-polares y polares (Rodhouse, 1997; Rodhouse, 1998). De hecho, Liu *et al.* (2013) indican que en la captura de jibia realizada por la flota China fuera de la ZEE de Chile centro-sur se observa la presencia de individuos maduros muy grandes, aunque en baja proporción. Fuentes (2009) indica la presencia de paralarvas de omastréfidos (no se logró identificar al nivel de género o especie) en la zona oceánica entre 32° S y 40° S. La ausencia de registros de masas de huevos y paralarvas de jibia en este sistema podría deberse a dificultades de su muestreo, más que a su inexistencia (Fuentes, 2009; Staaf *et al.*, 2010).

Para probar las hipótesis anteriores se requiere realizar estudios de marcaje y recaptura. Afortunadamente, Markaida *et al.* (2005) muestran claramente que *D. gigas* es una especie en la cual los estudios de marcaje son factibles y con relativamente altas tasas de recuperación, lo que confirmó el Dr. William Gilly (University of Stanford, California, USA; comunicación personal durante taller de trabajo de este proyecto en enero de 2015 en la Universidad de Concepción). De hecho, debido al gran tamaño individual que alcanzan los ejemplares de jibia, la operación de marcaje no produce efectos deletéreos en aquellos. Por lo tanto, parece factible aplicar etiquetas electrónicas o artefactos para telemetría en estudios de migración y crecimiento de jibia dentro de la ZZE de Chile.

9.1.4. Conclusiones

Los modelos conceptuales de la historia de vida y explotación de jibia formulados en el presente trabajo permiten concluir que:

- frente a Chile central la jibia no habría desarrollado una dinámica de población cerrada, sino abierta, dependiendo fuertemente de los procesos de inmigración de juveniles/reclutas y de la emigración de individuos de mayor talla/edad;
- la jibia utilizaría la zona de surgencia de Chile central sólo como área de reclutamiento y alimentación, donde la baja temperatura del mar no favorecería los procesos de reproducción (maduración, apareamiento y desove) ni el desarrollo de huevos y paralarvas.

9.2. Modelo de manejo

De acuerdo a los cambios realizados recientemente a la Ley de Pesca y Acuicultura de Chile, el objetivo central de un modelo de manejo es lograr los objetivos de conservación y sustentabilidad mediante la aplicación del enfoque ecosistémico y del enfoque precautorio. Entonces, el modelo de manejo que se propone para el recurso jibia equilibra la salud de la población de jibia, sin dejar de obtener los beneficios económicos y sociales presentes ni comprometer los beneficios que pudieran obtenerse en el futuro. Esto no resulta fácil ya que normalmente las pesquerías de cefalópodos, especialmente la de jibia, son efímeras. Por otro lado, se ha propuesto que debido a que la historia de vida de los calamares difiere de la de los peces, entonces las estrategias de manejo también debieran diferir (O'dor, 1998). A diferencia de la mayoría de los peces explotados, los cefalópodos son primariamente especies anuales, por lo que sólo pueden alcanzar la diversidad y estabilidad de las múltiples clases anuales co-existentes de los peces, desovando varias micro-cohortes a través del año. Este comportamiento incrementaría los riesgos de sobrepesca debido a la pérdida de diversidad genética una vez que la cohorte ha sido sobreexplotada.

Se revisó literatura internacional y se propone medidas de manejo factibles de implementar en Chile para la conservación y manejo de la pesquería de jibia. Entonces, el modelo de manejo a proponer se basa en seis componentes principales, pero no excluyentes, las que se presenta a continuación:

i. Reglas de control de la pesquería

Las reglas de control especifican acciones de manejo (e.g., mortalidad por pesca), basadas en el estado actual del stock. Tradicionalmente existen tres reglas de control correspondientes a tres estrategias de pesca, a saber: i) mortalidad por pesca constante, ii) captura constante y iii) escape constante. Considerando que la información relacionada con la biología de la jibia es limitada y no existe una evaluación confiable de su abundancia en Chile, se propone que, en ausencia de mejor información, se establezca una cuota límite precautoria al inicio de la temporada de pesca

y que ésta se revise regularmente durante la temporada de pesca, considerando un monitoreo en “tiempo real” de la pesquería.

ii. Consideraciones administrativas

Una consideración administrativa común en los planes de manejo es la creación, por parte del ente encargado de la administración pesquera, de grupos o comités asesores para la toma de decisiones de manejo. Normalmente los comités son de dos tipos, a saber: i) científicos y ii) de manejo. En Chile, la pesquería de jibia fue incluida por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura dentro de las especies que revisa el Comité Científico de Recursos Demersales Zona Centro Sur.

Desde el punto de vista del enfoque ecosistémico, la conformación de Comités Científicos por grupos de pesquerías es más adecuado que comités monoespecíficos. Además, se estaría conformando un “Comité de Manejo del Recurso Jibia”. Se plantea que tal como en el caso de los comités científicos, los comités de manejo deben ser también multiespecíficos para asegurar que el enfoque ecosistémico sea bien aplicado al plan de manejo de la pesquería. Se considera que es necesario continuar y reforzar los programas actuales de monitoreo de la pesquería (muestreo del desembarque y bitácoras de pesca). Sin embargo, también sería conveniente establecer un diseño de monitoreo más acorde con la dinámica de esta especie, i.e., “tiempo real”.

iii. Propuesta de objetivo de manejo

De acuerdo con la LGPyA, el objetivo de manejo de la pesquería de jibia es asegurar la conservación de la especie y la sustentabilidad de la pesquería. La misma LGPyA indica que las pesquerías deben manejarse de modo de que se mantengan en torno al rendimiento máximo sostenible (RMS) o sean llevadas a ese nivel. Se considera, sin embargo, que este no es un buen objetivo de manejo, tanto porque el concepto mismo de RMS es cuestionado (Larkin, 1977; Mace, 2001) como por la dificultad de estimarlo en este tipo de especies. En otras legislaciones (e.g., Magnuson-Stevens Fishery Conservation Act de USA) se reemplaza el objetivo de RMS

con un objetivo de “rendimiento óptimo” (OY, del inglés optimum yield) que integra consideraciones ecológicas y socioeconómicas de modo que OY es siempre más conservador que RMS (i.e., $OY < RMS$).

iv. Propuesta de puntos biológicos de referencia

Los puntos biológicos de referencia (PBR) también se encuentran definidos y mandatados por la LGPyA desde febrero de 2013, y corresponden a la biomasa/mortalidad por pesca que produce el Rendimiento Máximo Sostenible. Sin embargo, la literatura científica indica que la interpretación moderna de RMS es la de punto biológico límite y no objetivo como lo considera la LGPyA en Chile (e.g., Larkin, 1977; Mace, 2001). En este sentido, legislaciones como la de USA usan el concepto de OY que corresponde a una fracción de RMS que se ajusta debido a consideraciones ecológicas, económicas y/o sociales ($OR < RMS$).

v. Consideraciones ecológicas (e.g., exploración de MRS multiespecífico *sensu* Walters *et al.*, 2010)

Hasta ahora existen pocos ejemplos publicados en la literatura especializada respecto de la evaluación de PBR's basados en biomasa, rendimiento y mortalidad por pesca a través del enfoque EwE (Walters *et al.*, 2005). Por lo tanto, la metodología utilizada acá para el cálculo de RMS multiespecífico debe ser considerada exploratoria y perfectible en la medida que se avance también en reducir la incertidumbre respecto a los datos que alimentan los modelos construidos y se aumente el conocimiento respecto de cómo se estructura el ecosistema en el cual se encuentra inserta la pesquería de jibia.

Recordando la ecuación principal del modelo ecológico Ecosim (Walters *et al.*, 1997) tenemos que:

$$\frac{dB_i}{dt} = f(B) - M_i B_i - F_i B_i - \sum_{j=1}^n c_{ij} (B_i, B_j)$$

donde: $f(B)$ es una función de la biomasa del grupo i (B_i); F_i es la tasa de mortalidad por pesca del grupo i ; y $c_{ij}(B_i, B_j)$ es la función que predice el consumo de la presa i por el predador j .

Walters *et al.* (2005) entregan la metodología para estimar FRMS (mortalidad por pesca en la cual se obtiene el máximo rendimiento sostenible) utilizando EwE. Para el efecto se utilizó el siguiente procedimiento en este proyecto:

(i) se utilizó un modelo Ecosim ajustado a series de tiempo (1970-2007) que incluye las principales especies recurso y de la trama trófica frente a Chile central (Neira, 2008; Neira *et al.*, 2013); y, ii) para cada grupo explotado en el modelo de base Ecopath (que presenta un valor de F) se realizó una simulación de muy largo plazo (1000 años), incrementando y disminuyendo individualmente la mortalidad por pesca (F) en cada especie, manteniendo constante F en todas las otras especies explotadas en el modelo. En este caso, F_{RMS} para cada especie corresponde al valor de F que resulta en la máxima captura promedio durante la simulación. Esta simulación se repitió considerando dos supuestos alternativos, a saber:

- a) no existe respuesta (i.e., las poblaciones de presas y los predadores se mantienen constantes, de modo que la especie no sufre los efectos de las interacciones predador-presa); y,
- b) considerando todos los efectos dinámicos resultantes de las interacciones predador-presa en el modelo (pero sólo a cambios individuales en F para las especies objetivo).

En otras palabras, el supuesto (a) genera un estimado de F_{RMS} y de RMS monoespecífico ($F_{RMS_{SS}}$ y de RMS_{MS}), mientras que el supuesto (b) genera un estimado multiespecífico para los mismos puntos de referencia. Tanto en (a) como en (b) F_{RMS} y RMS fueron calculados bajo tres escenarios de control trófico, a saber: por presas o bottom-up, por predadores o top-down, y control mixto, lo que se logra cambiando el valor del parámetro vulnerabilidad (v) que regula la velocidad del intercambio de biomasa entre predadores y presas en el modelo dinámico. Un valor bajo de vulnerabilidad (i.e., $v=1$) implica control por presas, mientras que un valor alto implica control por predadores o dinámica Lotka-Volterra (i.e., $v=3$). Un valor intermedio de vulnerabilidad (i.e., $v=2$) indica control mixto. Para detalles ver Walters *et al.* (1997; 2005).

La hipótesis es que los estimados de F_{RMS} y de RMS en jibia que consideran interacciones tróficas difieren de aquellos predichos al mantener todas las biomásas constantes, ya que los primeros incluyen respuestas compensatorias directas en los grupos del modelo (comunidad) a los cambios en la abundancia de las especies objetivo.

En la Fig. 9.3 se presenta resultados de RMS para jibia calculado bajo enfoques mono-específico y multiespecífico mediante EwE. También se presenta, a modo de comparación, resultados obtenidos para merluza común. En el caso de jibia, RMS_{SS} es menor que RMS_{MS} , aunque en ambos casos existió alta variabilidad en los valores calculados. En el caso de la merluza común se observó lo contrario ($RMS_{MS} > RMS_{SS}$).

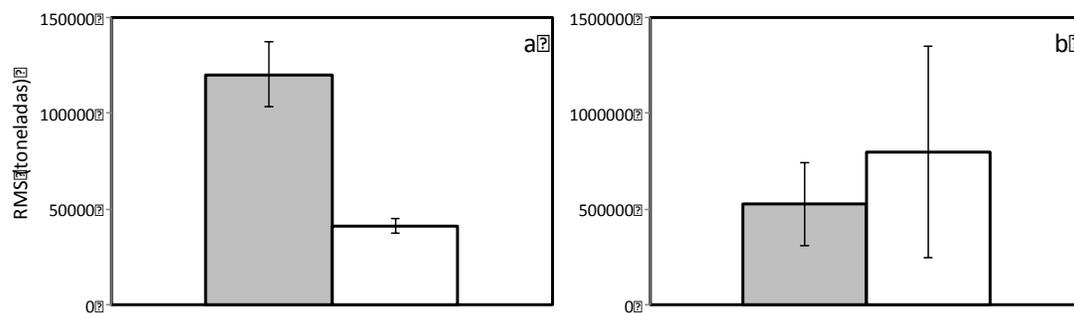


Figura 9.3. Rendimiento máximo sostenido (RMS) promedio de merluza común (a) y jibia (b) estimado usando simulaciones con el programa Ecopath with Ecosim. Barras grises: RMS mono-específico; Barras blancas: RMS multi-específico. Las barras de error indican una desviación estándar.

En el caso de la jibia, la variabilidad en el cálculo de RMS puede deberse a la incertidumbre asociada a la información de entrada (biomasa, producción, consumo y dieta), aunque también a los supuestos sobre el tipo de control trófico que se establece entre predadores y presas en el modelo (Fig. 4). En el caso del control bottom-up ($v=1$), la jibia presenta un valor de RMS entre 100 y 300 mil t, con $RMS_{MS} > RMS_{SS}$, que parece consistente con la estimación de RMS mono-específica realizada en este proyecto (ver resultados del objetivo específico 2). En los otros dos tipos de control (mixto y top-down), el valor de RMS es entre 500 mil y 1 millón de t, con $RMS_{MS} < RMS_{SS}$. Esta aproximación a un RMS multiespecífico en jibia es exploratoria y no de aplicación inmediata a su manejo, lo que se confirma con la alta dispersión de los RMS calculados. Sin embargo, considerando que la jibia utiliza el ecosistema de surgencia frente a Chile central como área de alimentación y que sus predadores naturales han sido diezmados (e.g., cachalotes), entonces es posible considerar que su dinámica está dominada por la productividad de sus presas (bottom-up) y no por la presión de sus depredadores (enfoque top-down). Por lo tanto, el RMS_{MS} más plausible sería de 100 mil t.

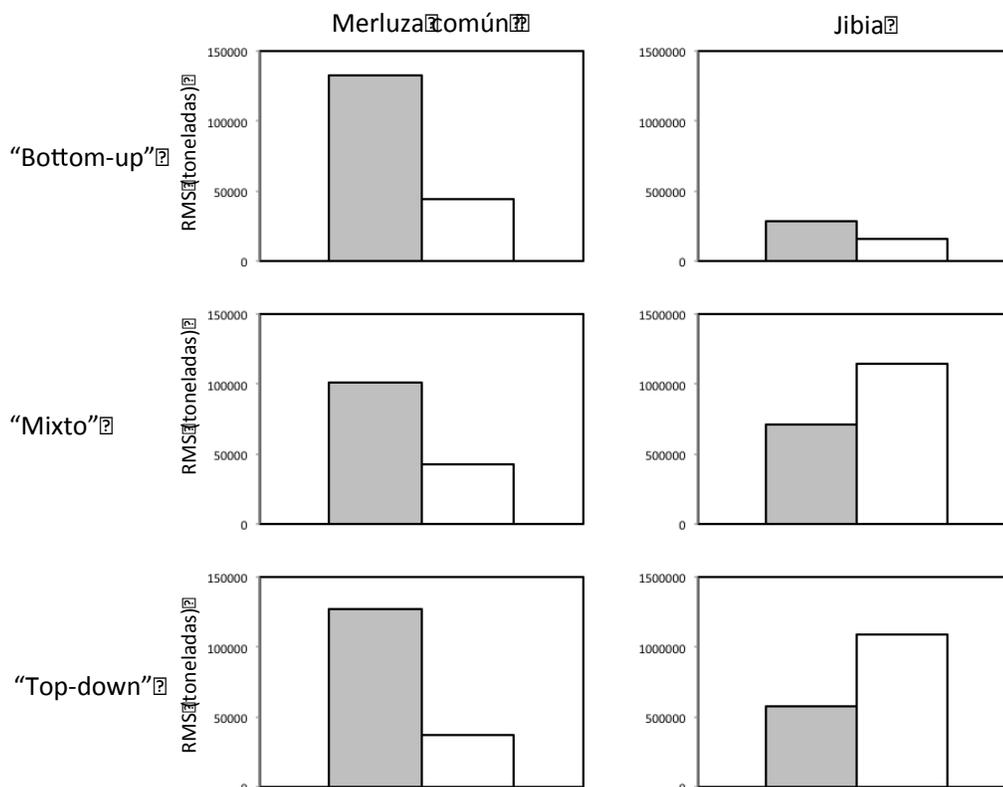


Figura 9.4 Rendimiento máximo sostenido (RMS) de merluza común y jibia calculados usando simulaciones con el programa Ecopath with Ecosim bajo distintos tipos de control trófico. Nomenclatura: barras grises: RMS mono-específico; barras blancas: RMS multi-específico.

vi. Propuesta de Protocolos de Investigación para apoyar el modelo de manejo

Las decisiones del manejo pesquero deben basarse en la mejor información científica disponible, la que, por definición, es siempre incompleta. Por lo tanto, el modelo de manejo propuesto incluye protocolos de investigación basados en la identificación de vacíos críticos de información y los pasos necesarios para resolverlos. Se generó una matriz del conocimiento actualizado del recurso utilizando información de aspectos biológicos, ecológicos, pesqueros y sociales (Tabla 9.1)

Tabla 9.1. Matriz del conocimiento actualizado del recurso utilizando información de aspectos biológicos, ecológicos, pesqueros y sociales.

Característica	Comentario/valor	Referencia
Abundancia/biomasa	No existen	
Edad y crecimiento	<p>La primera estimación de edad y crecimiento ha sido desarrollada en este estudio mediante lectura de estatolitos.</p> <p>Existe estimaciones de crecimiento en talla y peso, pero basados únicamente en la flota artesanal de la V región.</p>	<p>Ver resultados de este estudio.</p> <p>Payá et al. (2014).</p>
Patrones migratorios	No se conocen a cabalidad, pero se postula una inmigración alimentaria de pre-reclutas hacia Chile, y una posible emigración reproductiva.	Ver revisión modelo conceptual historia de vida en este trabajo.
Reclutamiento	El reclutamiento a la pesquería ocurriría durante el invierno. El origen de los reclutas se desconoce.	Ver revisión modelo conceptual historia de vida en este trabajo.
Reproducción	No se ha reportado actividad reproductiva (individuos maduros, desovados, huevos, paralarvas) en la ZEE de Chile.	Ver revisión modelo conceptual historia de vida.
Mortalidad natural (M y Z)	<p>Poco conocidas. Se realiza estimaciones de M y Z en este trabajo.</p> <p>También existen estimaciones de M basadas en parámetros de crecimiento ajustados a datos de jibia en Chile. En este caso y dependiendo del método, M varía entre 0.57 año^{-1} y 1.69 año^{-1}.</p>	<p>Ver resultados objetivo específico 1.</p> <p>Payá et al. (2014).</p>
Factores socio-económicos asociados a la pesquería de jibia	<p>Flota artesanal: los artes de pesca son diversos, destacando la pota y el cerco. Las embarcaciones artesanales son del tipo botes (82%) y lanchas (18%). Los principales puertos son Valparaíso, San Antonio y Coquimbo. Corresponde a un 80% de la Cuota Total Anual.</p> <p>Flota industrial: Opera exclusivamente en la VIII región, principalmente entre enero y septiembre con arte arrastrero. Las embarcaciones tienen puerto base en Talcahuano y potencia mayor de motor (>1000 hp). Los puertos con mayores volúmenes de captura son San Vicente y Talcahuano. Corresponde a un 20% de la Cuota Total Anual.</p> <p>El precio de la jibia varió entre \$80 y \$200 por tonelada en 2014.</p>	Belmar et al. (2014)

A partir de la Tabla 9.1 se identificó brechas de conocimiento que se propone completar a través de estudios en el corto (1-2 años) y mediano plazo (2 a 5 años) para alcanzar un manejo sustentable de esta pesquería (Tabla 9.2).

Tabla 9.2. Brechas en el conocimiento de la pesquería de jibia en Chile e investigación necesaria para generar el conocimiento que las cierre.

Brecha del conocimiento	Protocolo de Investigación	Realización
Abundancia, biomasa y reclutamiento	Objetivo: Evaluación directa del stock de jibia en la ZEE de Chile Metodología: método hidroacústico y/o área barrida al inicio de la pesquería	Corto plazo
Patrones migratorios	Objetivo: Describir los patrones migratorios de la jibia hacia y desde ZEE de Chile. Metodología: Estudio de marcaje y recaptura	Corto a mediano plazo
Reclutamiento	Objetivo: Evaluación directa/indirecta del reclutamiento en jibia en ZEE de Chile Metodología: Estimación directa e estimación indirecta a inicio de la temporada de pesca.	Mediano plazo
Reproducción	Objetivo: Determinación existencia de áreas de reproducción de jibia en la ZEE de Chile central. Metodología: seguimiento y muestreo de la captura.	Mediano plazo.

vii. Modelo de Manejo

Dos características biológicas diferencian a la jibia de la mayoría –sino todas- las especies de peces explotadas, a saber: i) ciclo de vida corto (~1,5 a 2 años), y ii) ser semélparo. Por ello el manejo de pesquerías de jibia es extremadamente complicado. El centro del problema es que una vez que los desovantes de una generación se han reproducido y muerto, es casi imposible

evaluar la fuerza del reclutamiento y el tamaño del stock de la generación siguiente. Entonces, no se puede fijar una cuota coherente hasta que la próxima generación reclute a la pesquería. Por esta razón, la literatura recomienda que las pesquerías de calamares y otros cefalópodos se manejen mediante limitación del esfuerzo con evaluación y monitoreo de la pesquería en tiempo real (e.g., Caddy, 1983; Csirke, 1986). Este enfoque ha sido adoptado y refinado en el caso de la pesquerías de *Illex argentinus* y *Loligo gahi* en las áreas aledañas las Islas Falkland (Malvinas) (Beddington *et al.*, 1990, Rosenberg *et al.*, 1990, Basson *et al.*, 1996).

Se propone que en la pesquería de jibia el esfuerzo se establezca sobre la base de información histórica e indirecta del tamaño del stock (e.g., capturas, índices desde la pesca artesanal e industrial). Una vez iniciada la temporada de pesca el stock se evalúa usando un análisis de depleción y la pesquería se cierra al momento en que se estima que la biomasa restante corresponde al nivel de escape de desove objetivo. Este punto de referencia puede expresarse como un porcentaje del número de individuos reclutados a la pesquería o un valor absoluto de forma de estabilizar el tamaño de la población desovante ante un reclutamiento variable. Este esquema podría ser mejorado con un crucero de pre-reclutas previo a la evaluación del inicio de la pesquería, permitiendo fijar el esfuerzo y estimar la biomasa, complementado con un enfoque de monitoreo anual del desembarque en “tiempo real”.

9.3. Referencias Bibliográficas

- Anderson, R. C., J. B. Wood & R. A. Byrne. 2002. Octopus Senescence: The Beginning of the End. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* 5:275–283.
- Basson, M., J.R. Beddington, J.A. Crombie, S.J. Hoolden, L.V. Purchase & G.A. Tingley. 1996. Assessment and management of annual squid stocks: the *Illex argentinus* fishery as an example. *Fish. Res.*, 28: 3-29.
- Beddington, J.R., Rosenberg, A.A., Crombie, J.A. & Kirkwood, G.P. 1990. Stock assessment and the provision of management advice for the short fin squid fishery in Falkland Islands waters. *Fish. Res.*, 8: 351-165.
- Belmar K., Gálvez P., Villarroel N. & González J. 2014. Monitoreo pesquería de jibia (*Dosidicus gigas*) en las regiones IV, V y VIII, como complemento al Programa de Monitoreo Regular del Proyecto Seguimiento general de pesquerías de peces y crustáceos: Pesquería demersales y aguas profundas. Documento Técnico de Avance, Instituto de Fomento Pesquero, 25 p. + Anexos.
- Caddy, J.F. 1983. The cephalopods: factors relevant to their population dynamics and to the assessment of stocks. p. 416-452. In “Advances in assessment of world cephalopod resources” (Caddy, J.F. ed.), FAO Fisheries Technical Paper, No. 231, 452 p.
- Csirke, J. 1986. The Patagonian fishery resources and the offshore fisheries in the South-west Atlantic. FAO Fisheries Technical Paper, N° 286, 75 p.
- Cubillos, L., C.M. Ibáñez, C. González & A. Sepúlveda. 2004. Pesca de Jibia (*Dosidicus gigas*) Con Red de Cerco Entrela V y X Regiones, Año 2003. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, 48 p.
- Ehrhardt, N. M., P.S. Jacquemin, F.B. García, G.D. González, J.M. López B., J. G. C. Ortiz & A.N. Solís. 1983. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico. In *Advances in assessment of world cephalopod resources*, J. F. Caddy, ed. Rome: FAO Fish. Tech. Pap. 231:306–339.
- Fuentes, C. 2009. Identificación y cuantificación de paralarvas de cefalópodos del Suborden Oegopsida en la zona oceánica frente a Chile centro-sur. Seminario de Título para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Concepción.
- Gilly, W.F., U. Markaida, C. H. Baxter, B. A. Block, A. Boustany, L. Zeidberg, K. Reisenbichler, B. Robison, G. Bazzino & C. Salinas. 2006. Vertical and horizontal migrations by the jumbo squid *Dosidicus gigas* revealed by electronic tagging. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 324:1–17.

- Ibáñez CM, Cubillos LA, Tafur R, Agüelles J, Yamashiro C, Pulín E. 2011. Genetic diversity and demographic history of *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Humboldt Current System. *Marine Ecology Progress Series*, 431: 163-171.
- Keyl F, Argüelles J, Mariátegui L, Tafur R, Wolf M, Yamashiro C. 2008. A hypothesis on *Dosidicus gigas* range expansion *CalCOFI Rep.*, 49, 120-128.
- Klett, A. 1982. Jumbo squid fishery in the Gulf of California, Mexico. In *Proceedings of the International Squids Symposium, August 9-12, 1981, Boston, Massachusetts*. New-England Fisheries Development Found., Inc. Boston. 81–100.
- Larkin, P.A. 1977. An epitaph for the concept of Maximum Sustainable Yield. *Transactions of the American Fisheries Society*, 106(1): 1-11.
- Liu B, Chen X., Yi Q. 2013. A comparison of fishery biology of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, outside three Exclusive Economic Zones in the Eastern Pacific Ocean. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 31(3): 523-533.
- Mace, P.M. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management, 2: 2-32.
- Mangold, K. 1976. La migration chez les Céphalopodes. *Oceanis* 2(8):381–389.
- Mangold, K. 1987. Reproduction. In *Cephalopod Life Cycles*, P. R. Boyle ed. London, Academic Press: 157–200.
- Markaida U, Quiñónez-Velázquez C, Sosa-Nishizaki O. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 66: 31–47.
- Markaida, U., Rosenthal J.C, Gilly W. 2005. Tagging studies on the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico. *Fish. Bull.* 103:219–226 (2005).
- Masuda, S., K. Yokawa, A. Yatsu, and S. Kawahara. 1998. Growth and Population Structure of *Dosidicus gigas* in the Southeastern Pacific Ocean. In *Contributed papers to International Symposium on Large Pelagic Squids, July 18–19, 1996*, T. Okutani, ed. Tokyo: Japan Marine Fishery Resources Research Center: 107–118 p.
- Neira S., Arancibia H. 2013. Recent changes in central Chile: analyzing the effects of fishing, environment and jumbo squid on the dynamics of fish stocks. *Deep Sea Research II*. 95, 103-112.
- Neira, S., 2008. Assessing the effects of internal (trophic structure) and external (fishing and environment) forcing factor on fisheries off Central Chile: basis for an ecosystem approach to management. Thesis presented for the degree of Doctor of Philosophy,

- Department of Zoology, Faculty of Science, University of Cape Town, 255 (+ appendices).
- Nesis, K.N. 1983. *Dosidicus gigas*. In Cephalopod Life Cycles. Volume I: Species Accounts, P. R. Boyle, ed. London. Academic Press, 475 p.
- Nigmatullin, C.M., K.N. Nesis & A. I. Arkhipkin. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). Fisheries Research, 54:9–19.
- O'Dor, R.K. 1998. Can understanding squid life-history strategies and recruitment improve management?, South African Journal of Marine Science, 20(1): 193-206.
- Payá, I., Caballero L., Barraza A., Cavieres J., Yáñez A., Tascheri, R. Oyaneder. 2014. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015: Jibia, 2015. Instituto de Fomento Pesquero, 83 p. + Anexos.
- Rodhouse P.G. 1997. Precautionary measures for a new *Martialia hyadesi* (Cephalopoda, Ommastrephidae) fishery in the Scotia Sea: an ecological approach. CCAMLR Science 4: 125-139.
- Rodhouse, P.G. 1998. *Todarodes filippovae* in the Southern Ocean: an appraisal for exploitation and management. Large pelagic squids. Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo: 207-215.
- Rosenberg, A.A., Kirkwood, G.P., Crombie, J.A. & Beddington, J.R. 1990. The assessment of stocks of annual squid species. Fish. Res., 8, 335-349.
- Sandoval-Castellanos, E., M. Uribe-Alcocer & P. Díaz-Jaimes. 2007. Population genetic structure of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) evaluated by RAPD analysis. Fish. Res. 83:113–118.
- Sandoval-Castellanos, E., M. Uribe-Alcocer & P. Díaz-Jaimes. 2010. Population genetic structure of the Humboldt squid (*Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835) inferred by mitochondrial DNA analysis. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 385: 73–78.
- Staaf, D.J., S. Camarilla-Coop, S.H. D. Haddock, A.C. Nyack, J. Payne, C.A. Salinas-Zavala, B.A. Seibel, L. Trueblood, C. Widmer & W.F. Gilly. 2008. Natural egg mass deposition by the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California and characteristics of hatchlings and par- alarvae. J. Mar. Biol. Assoc. UK 88:759–770.
- Tafur R., P. Villegas, M. Rabí & C. Yamashiro. 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters. Fisheries Research, 54 (1): 33–50.

- Walters, C.J., V. Christensen, S.J. Martell & J.F. Kitchell. 2005. Possible impacts of applying MSY policies from single-species assessments. *ICES Journal of Marine Science*, 62(3): 558-568.
- Walters, C., V. Christensen & D. Pauly. 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7: 139-172.
- Yatsu, A., R. Tafur & C. Maravi. 1999. Embryos and Rhynchoteutian Paralarvae of the Jumbo Flying Squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) Obtained Through Artificial Fertilization from Peruvian Waters. *Fish Sci (Tokyo)* 65:904–908.

10. Del Objetivo Específico 7

Proponer un modelo de evaluación directa de la abundancia y biomasa de jibia aplicable a futuras investigaciones, indicando el costo asociado, justificando el lugar y la época donde realizar el crucero.

10.1. Sección 1. Estimación de la fuerza del blanco (TS) *ex situ* e *in situ* de jibia (*Dosidicus gigas*) frente a Chile central

Resumen

Se presenta resultados de la estimación de fuerza de blanco o target strength (TS) *ex situ* e *in situ* de jibia (*Dosidicus gigas*) en Chile. El experimento para determinar TS *ex situ* se realizó en la Bahía de Concepción, frente al lado oriental de la Isla Quiriquina, a bordo de la L/M “Los Vilos II”, la que fue equipada con un ecosonda científico multifrecuencia del tipo EK60 con 2 transductores split beam sumergibles (frecuencias de 38 y 120 kHz). La experiencia *in situ* se realizó a bordo del PAM “Biomar IV” durante viajes de pesca de jibia realizados frente a la costa de la VIII Región del Biobío; este PAM dispone de un ecosonda científico monofrecuencia split beam EK60 de 38 kHz.

Para la medición de TS experimental de jibia seguimos la experiencia realizada por Benoit-Bird *et al.* (2008) para la misma especie en el Golfo de California, y consistió en la fijación de varios especímenes de distinto tamaño bajo el haz acústico, mientras que para la medición de TS *in situ* se analizó ecorregistros de viajes comerciales pesca. En ambos casos la información fue almacenada y analizada mediante la función de operadores virtuales del software ECHOVIEW© de MiriAx, creando un algoritmo (template) que permitió la detección de blancos individuales (single target detection) y su TS, contrastándolo luego con la correspondiente frecuencia de tamaños de ejemplares de jibia. Finalmente se realizó análisis de mínimos cuadrados de Maclenan y Menz (1996) para otorgar mayor precisión al estimado. Los principales resultados para las mediciones *ex situ* de jibia son:

$$TS = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 62,8 \quad (r^2 = 0,88) \text{ para } 38 \text{ KHz; y}$$

$$TS = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 73,5 \quad (r^2 = 0,84) \text{ para } 120 \text{ KHz.}$$

La TS *in situ* de jibia se calculó en

$$TS = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 63,4 \quad (r^2 = 0,95) \text{ para } 38 \text{ KHz.}$$

10.1.1. Introducción

La acústica pesquera, como un método de detección directa, proporciona información cuali- y cualitativa que se utiliza con propósitos científicos y comerciales, siendo una herramienta para determinar abundancia e información ecológica de las poblaciones de organismos marinos (Reid *et al.*, 1998). Una de las ventajas más destacables de la acústica pesquera es su capacidad única para caracterizar la distribución de organismos pelágicos con amplia resolución espacial y temporal y, a su vez, recopila información batimétrica, pudiendo procesarla en periodos breves (ICES, 2007).

Aunque los métodos acústicos han sido ampliamente utilizados en la evaluación de stocks de peces (Misund, 1997), las aplicaciones de la acústica al estudio de la biología de calamares han recibido mucho menos atención, probablemente debido a la creencia que los calamares son particularmente pobres dispersores del sonido (Fristrup & Harbison, 2002). Sin embargo, los métodos acústicos han sido exitosamente empleados para observar agregaciones reproductivas (Jefferts *et al.*, 1987; Lipinski & Prowse, 2002), para evaluar reclutamiento mediante la cuantificación de camadas de huevos (Foote *et al.*, 2006) y para caracterizar propiedades acústicas de diferentes grupos de calamares con el propósito de estimar su biomasa (Boyle & Rodhouse, 2005; Goss *et al.*, 2001).

La información de la fuerza del blanco o target strength (TS) es indispensable para la estimación acústica de la biomasa de la especie objetivo a estudiar, ya que permite determinar la abundancia numérica y, consecuentemente, la biomasa (peso) de ejemplares evaluados a partir de la energía

acústica integrada en la porción de la columna de agua donde se distribuye/evalúa el recurso (Soule *et al.*, 2010). TS puede relacionarse directamente con el tamaño del ejemplar estudiado, por lo que se requiere obtener simultáneamente valores de TS y muestreos del tamaño de los individuos impactados acústicamente (Benoit-Bird *et al.*, 2008). TS es esencial para expresar las mediciones del ecoinTEGRADOR en términos de abundancia de organismos (Midttun, 1984). El principio de ecoinTEGRACIÓN funciona de tal manera que la señal de salida calibrada del ecosonda (la cual ya está compensada respecto a la dispersión geométrica y a la absorción) es elevada al cuadrado e integrada para un rango e intervalo definido cuando es recibida (Johannesson & Mitson, 1983). El resultado es proporcional a la suma de las secciones transversales de retrodispersión de los individuos detectados, las que son ponderadas con el producto de los factores del patrón de haz para emisión y recepción; esto se hace para cada dispersor, si es que éste se halla lo suficientemente separado de otros. Aun cuando los ecos individuales se superpongan, se espera el mismo resultado (Foote, 1987).

El ecoinTEGRADOR mide la acumulación de sección transversal de retrodispersión de los dispersores observados. Si los ecos son de individuos, entonces el valor del integrador (después de ser escalado entre otros por un factor de integración basado en el patrón del haz) puede ser convertido a número de individuos al ser dividido por un adecuado promedio de la sección transversal de retrodispersión. TS es la sección transversal de retrodispersión cuando se expresa logarítmicamente (Dalen, 2000).

La evaluación de stocks de organismos marinos con el método de ecoinTEGRACIÓN demanda un conocimiento detallado de la sección transversal de retrodispersión o TS del individuo en estudio (Gutiérrez & Maclennan, 1998), el que no existe para jibia en aguas nacionales, aunque sí se dispone de información de TS de jibia en el Océano Pacífico Nororiental en USA (Benoit-Bird *et al.*, 2008). Una forma de adquirir este conocimiento es a través de mediciones directas de blancos anestesiados, muertos o aturdidos. Sin embargo, aunque para estos experimentos se tiene alto grado de control, por otro lado no se tiene la certeza de cuán extensibles son los resultados para organismos libres en mar abierto (Foote, 1983).

Los métodos de estimación de TS pueden ser clasificados en dos grupos (Foote, 1991), a saber: (1) aquellos denominados métodos de estimación *in situ*; y, (2) los de estimación *ex situ* (Fig. 10.1). Los valores de TS más utilizados en evaluaciones acústicas provienen de procedimientos

in situ con ejemplares en su estado natural. Sin embargo, disponer de una robusta relación TS-talla de cualquier especie representa un alto desafío y varios años de investigación; en muchos casos se requiere muestrear en distintas regiones con diferentes rangos de tallas, conocer la distribución geográfica de la especie objetivo y de su composición de tallas, reconocer la condición fisiológica de los individuos durante el periodo de muestreo (lo que es un factor determinante), etc.

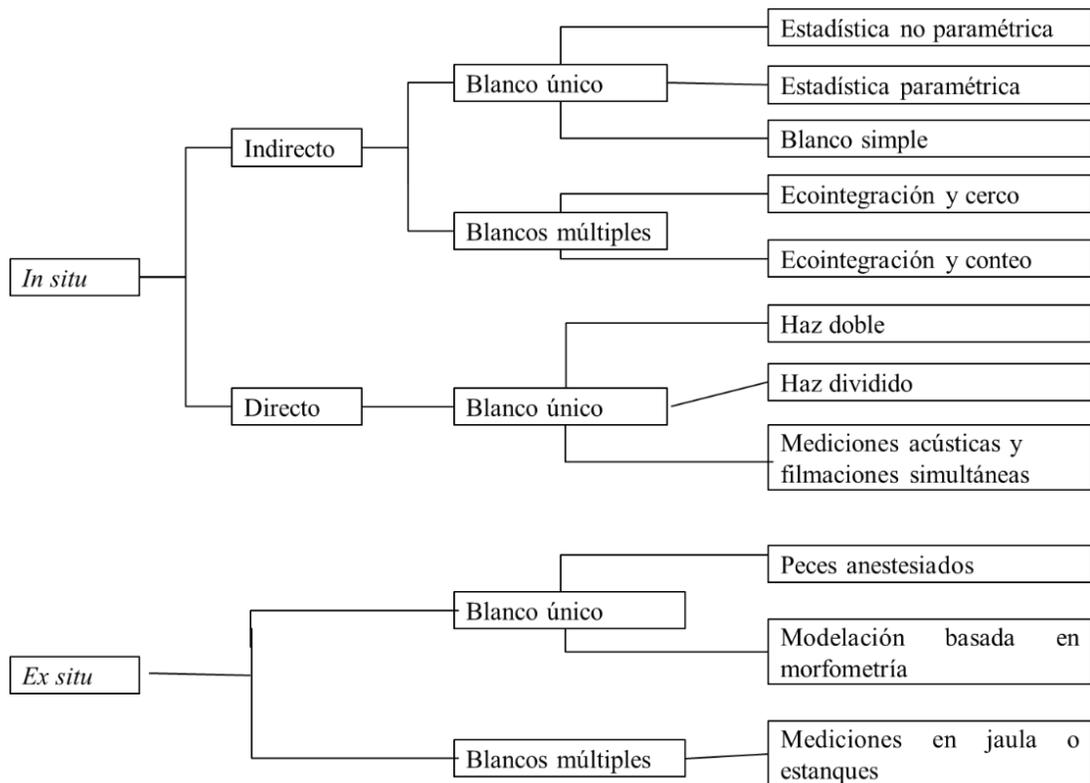


Figura 10.1. Clasificación de métodos para estimar la fuerza de blanco (Foote, 1991).

En los métodos *ex situ* las mediciones son efectuadas en ambiente controlado sobre individuos de la especie objetivo removidos del ambiente natural. Con esta metodología se puede alcanzar una buena identificación tanto de las características de los ejemplares (tallas, pesos, etc.) como de su comportamiento. Las principales dificultades ocurren en la mantención de los ejemplares vivos y la alteración del comportamiento en relación a las condiciones naturales. En esta categoría de mediciones *ex situ* también se ubica aquellas investigaciones basadas en el uso de

modelos para estimar TS, para lo cual es necesario reconocer la forma y tamaño de la vejiga gaseosa de los individuos insonificados (Foote & Traynor 1988; Simmonds & Maclellan, 2005). Pero, los individuos de jibia no poseen vejiga gaseosa, lo que dificulta este tipo de investigaciones.

De acuerdo a lo estipulado en las Bases Técnicas de este proyecto, para cumplir con este objetivo específico se determinó la TS de jibia con mediciones *in situ* y *ex situ*, lo que se detalla a continuación.

10.1.2 Materiales y Métodos

10.1.2.1. Determinación de TS *ex situ* de jibia

- **Embarcación y equipamiento acústico**

El experimento se realizó a bordo de la embarcación artesanal L/M “Los Vilos II”, la que fue arrendada y equipada con un ecosonda científico multifrecuencia EK60 con 2 transductores split beam sumergibles (frecuencias de 38 y 120 KHz) (Fig. 10.2). El ecosonda opera bajo entorno Windows e incorpora la función de calibración interna. La recopilación de información científica directamente desde sensores muy precisos y estables lo hace ideal para propósitos de investigación para obtener información de la distribución, fuerza de blanco, volumen y formas que adoptan los cardúmenes (Simrad, 2000).

El sistema de eointegración fue calibrado previo al comienzo del experimento mediante el procedimiento establecido por su fabricante (Simrad, 2000), consistente en un proceso iterativo donde se mide las señales de intensidad de blanco (TS) y eointegración (S_A) provenientes de un blanco estándar (esferas de cobre de 60 y 23 mm para 38 y 120 KHz, respectivamente) de fuerza de blanco conocida, localizada en el centro del haz acústico (Fig. 10.3).



Figura 10.2. Transductores sumergibles split beam de 38 y 120 KHz (modelos ES38DD y ES120-7) acoplados a una estructura de acero inoxidable.

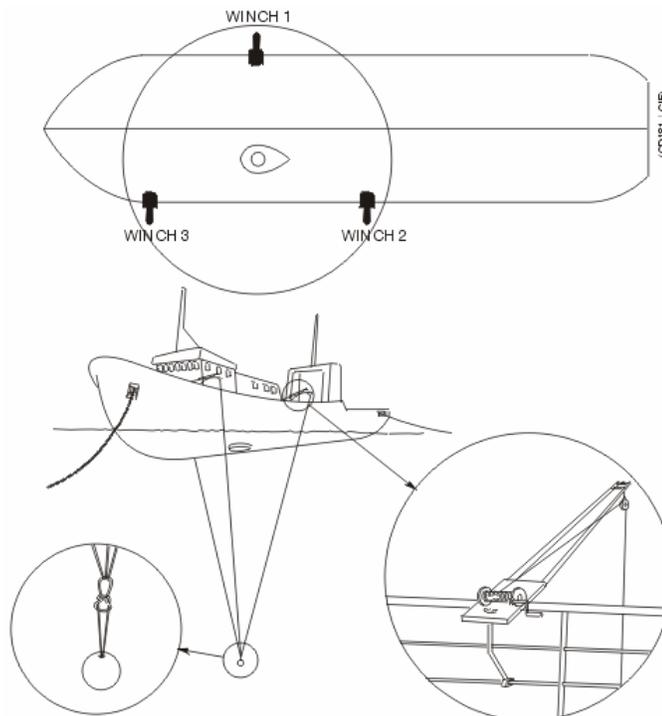


Figura 10.3. Diagrama de calibración del ecosonda científico.

- **Obtención de muestras y lugar del experimento**

El experimento para estimar TS de jibia se realizó en Bahía de Concepción, frente a la isla Quiriquina ($36^{\circ}36'58''S$; $73^{\circ}02'33''W$), en su costado oriental, sector donde la profundidad es 35 metros; el estado del mar era calmo. Previamente se obtuvo ejemplares de jibia de distintos tamaños capturados con red de arrastre por el PAM Biomar IV. Cada ejemplar fue medido en su longitud dorsal del manto (LDM; cm) y pesado (peso total; PT, gramos), ubicándolo luego bajo los transductores para su insonificación.

- **Montaje de ejemplares de jibia**

La medición de TS experimental de jibia se basó en el experimento realizado por Benoit-Bird *et al.* (2008) en el Golfo de California (Fig. 10.4), y consistió en la fijación de varios especímenes de distinto tamaño bajo el haz acústico. Los ejemplares de jibia previamente capturados fueron montados en una línea madre de monofilamento quedando dispuestos con la parte ventral hacia abajo (Fig. 10.5). La fijación de los ejemplares de jibia se realizó atravesándolos longitudinalmente con una aguja de metal de 1,5 metros de largo, desde la cabeza (parte anterior) hasta la parte distal del manto (Fig. 10.6).



Figura 10.4. Esquema del experimento para la determinación de la fuerza de blanco de jibia (tomado de Benoit-Bird *et al.*, 2008).



Figura 10.5. Fijación de los ejemplares de jibia

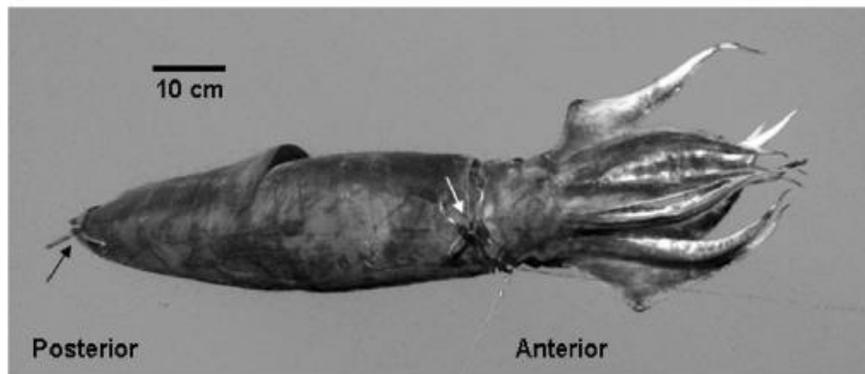


Figura 10.6. Esquema que muestra la forma en que se fijó cada ejemplar de jibia en la línea de monofilamento (tomado de Benoit-Bird *et al.*, 2008).

Luego que los ejemplares de jibia fueron montados en la línea de monofilamento se los introdujo en agua de mar, ubicándolos bajo el transductor. A cada individuo se le envió señales

hidroacústicas durante 10 minutos, al menos, para obtener numerosas mediciones (mayor a 100). La línea madre (horizontal) en la que fueron montados los ejemplares de jibia tuvo una longitud de 8 m de extensión, la que fijada a dos líneas verticales de monofilamento (una en cada extremo) mediante dos orinques (también de monofilamento) lastrados a profundidad aproximada de 12 m bajo el transductor. El ecosonda fue calibrado previamente mediante una esfera de dispersión estandarizada (Foote *et al.*, 1987).

- **Mediciones acústicas**

Las mediciones acústicas de los blancos individuales fueron realizadas mientras la embarcación se encontraba anclada en un sector con 35 m de profundidad. La posición de los ejemplares se ajustó manteniéndolos dentro del ángulo de insonificación del transductor. Se realizó un mínimo 100 mediciones de TS para cada ejemplar.

El rango, la amplitud y la fase de los ecos retornados desde los blancos en el estrato comprendido entre el límite del campo cercano (~5 m) y el fondo fueron registrados, y luego analizados mediante la función de operadores virtuales del software ECHOVIEW® Miriax, creando un algoritmo (Téemplate) que permitió la detección de blancos individuales (single target detection) y su fuerza de blanco (TS) (Fig. 10.7).

Los parámetros utilizados para la detección de blancos individuales de jibia para cada frecuencia fueron casi los mismos que utilizó Benoit-Bird *et al.*, (2008) y corresponden a un umbral de fuerza de blanco de -55 dB, un nivel de determinación de longitud de pulso igual a 10 dB, un rango de longitud de pulso normalizada (longitud de pulso medida, dividida por la transmitida) entre 0,8 y 2,0, y una compensación máxima del haz de 12 dB para corregir la directividad del transductor.

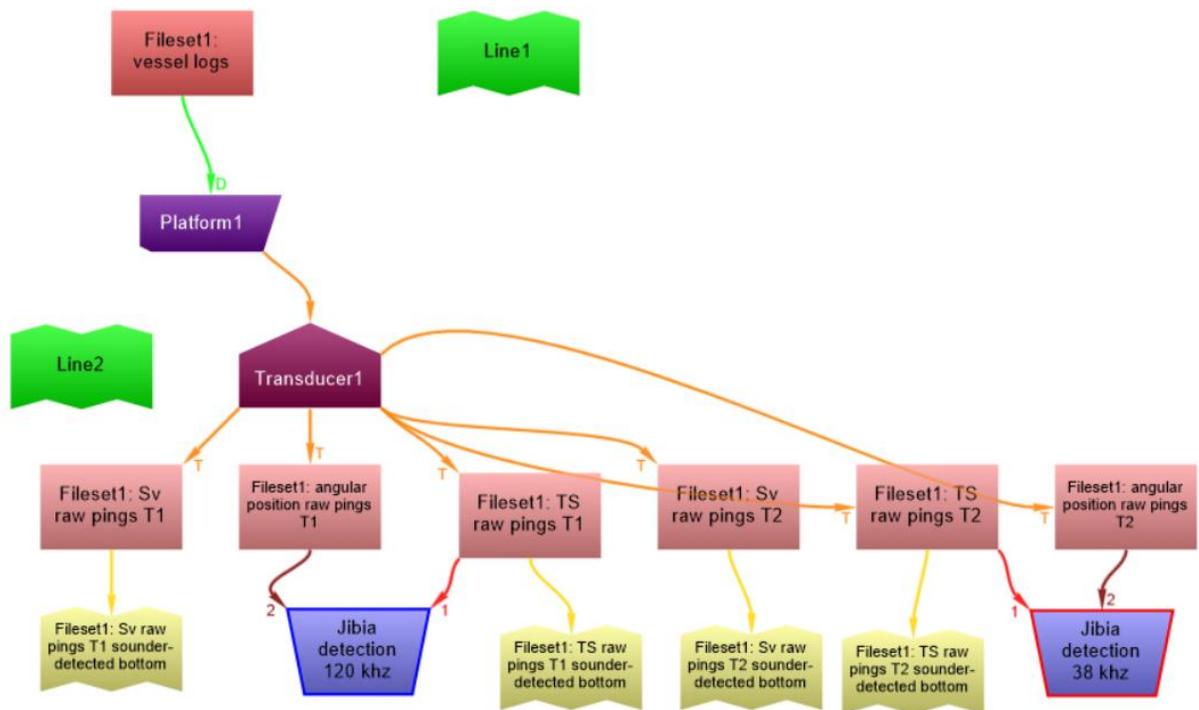


Figura 10.7. Template utilizado para detectar blancos individuales (single target detection) de jibia.

- **Estimación de la fuerza de blanco**

El procesamiento y análisis de los datos para la estimación de TS se desarrolló a través de las siguientes etapas:

- Análisis exploratorio: consiste en la inspección, revisión y selección de los datos acústicos y biológicos.
- Procesamiento de los datos: lo que involucra
 - i) inspección de los datos y ecogramas para remover datos que no correspondieran al objeto/ejemplar analizado, como interferencias acústicas u otros; y,
 - ii) estimación del coeficiente individual de retrodispersión promedio a partir de TS promedio de cada medición y asociada a la talla promedio de cada ejemplar.

- Validación de los datos: análisis comparativo con estudios efectuados en especies similares en otras partes del mundo.

La obtención de la TS de jibia puede ser formulada a través de una simple ecuación para la ecoenergía ε de un cierto número de dispersores, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \sum \varepsilon_j = \sum g_i b^2(\theta_1, \varphi_j) \sigma_{bsj}$$

donde: g es un factor de escalar; $b^2(\theta, \varphi)$ es el producto de los patrones de haz para la transmisión y para la recepción en la dirección θ, φ ; y σ_{bs} es la sección transversal de retrodispersión. El factor g de escalamiento puede estar compuesto de factores de ganancia debido a las operaciones de transmisión y recepción, y también de otros relacionados con factores geométricos comprendidos en el rango hasta el blanco (Gutiérrez, 2002).

Cada uno de los 3 factores en la ecuación anterior se refiere al j -ésimo dispersor. TS se expresa en términos de σ de acuerdo con la siguiente expresión:

$$TS = 10 \cdot \log(\sigma/4\pi)$$

donde TS de una esfera perfectamente reflectante de 2 m de diámetro es igual a 0 dB. La definición de Urick (1983) ha sido adaptada ya que en esa publicación se hace referencia a una esfera perfectamente reflectante de 2 yardas de diámetro, mientras que en acústica pesquera se usa el sistema internacional de unidades (Gutiérrez, 2002).

Para medir TS se necesita medir la energía total ε o el conjunto de los componentes individuales (ε_j) de los dispersores. Las formas funcionales de g y b son conocidas *a priori* a través de la calibración. TS puede ser también calculado si la morfometría es lo suficientemente conocida. Esto involucra mediciones y, aunque no siempre involucre el uso de la acústica, ésta es necesaria en el proceso de determinación de TS.

Finalmente, la obtención de TS de jibia se basó en la relación empírica de Foote (1987), la cual establece que la fuerza de blanco de una especie cualquiera depende tanto de la longitud (en este caso longitud dorsal del manto, LDM) de la misma como de su capacidad orgánica de reflejar el sonido (b_{20}), es decir:

$$TS = 20 \log(LDM) + b_{20}$$

donde LDM es la longitud del manto de los ejemplares de jibia; b_{20} es el factor o constante derivada de los experimentos de medición acústica (dB).

En la ecuación anterior, para el caso de la jibia se utilizó el factor de LDM (Fig. 10.8). El factor b_{20} puede ser determinado *ex situ* con experimentos con individuos vivos, sedados o muertos en ambiente controlado, o mediante medición *in situ* de la fuerza de blanco con individuos en su ambiente natural.

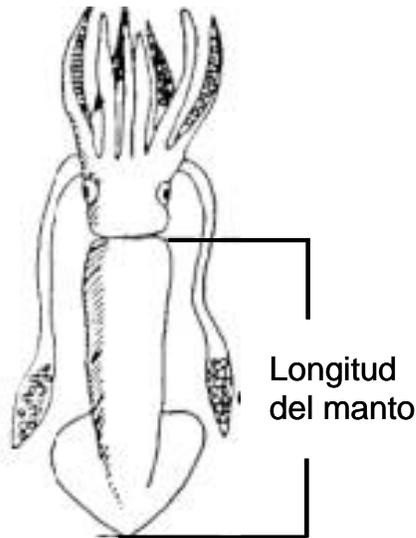


Figura 10.8. Mediciones biométricas generalmente utilizadas. Tomado de Sparre & Venema (1995).

De acuerdo a lo descrito por Maclennan & Menz (1996), es posible deducir el factor b_{20} por comparación de los histogramas de TS y aquellos correspondientes a la estructura de tallas de

una especie dada, en este caso jibia, cuando ambas son colectadas simultáneamente, requiriéndose una aproximación estadística, por lo que se utilizó el método de los mínimos cuadrados (ver sección 10.1.2.3), el que basa la obtención del factor b_{20} en la ponderación de cada una de las clases de longitud y de TS, esto es, se otorga más “peso” a aquellas clases que contaron con mayor número de observaciones.

Las mediciones de fuerza de blanco (TS) experimental de jibia fueron realizadas en 7 individuos (muertos) de diferentes tamaños; 5 casos fueron considerados exitosos, pero en 2 casos ocurrieron algunos problemas no-técnicos o de desempeños de equipos, sino porque individuos de lobo marino (*Otaria flavescens*) se depositaron sobre la estructura que contenía a las jibias y, en algunos casos, los lobos consumieron las jibias experimentales. Los ejemplares de jibia utilizados en las mediciones acústicas fueron obtenidos de un PAM arrastrero industrial de la flota que captura jibia el mismo día en que se realizó el experimento; estas jibias fueron medidas y pesadas antes de ser sumergidas en el agua por debajo del transductor. El rango de tamaños de los ejemplares de jibia utilizados en el presente estudio estuvo comprendido entre 50 y 90 cm LDM (entre 114 y 212 cm de longitud total). La diferencia entre la LDM de jibias insonificadas inmediatamente sucesivas fue entre 5 cm (mínimo) y 14 cm (máximo), lo que permitió abarcar un espectro de tamaños razonable.

10.1.2.2. Determinación de TS *in situ* de jibia

- **Embarcación y equipamiento acústico**

Se aprovechó la tecnología disponible para la detección acústica disponible a bordo del PAM “Biomar IV”; esta nave se dedica actualmente a la pesca de jibia y dispone de un ecosonda científico Split beam EK60 de 38 kHz (ES38B) (Simrad, 2000).

- **Interpretación de datos *in situ* de TS**

Las mediciones *in situ* con ecosondas split beam muestran amplio rango de valores de TS con modas menos pronunciadas y uniformes que las obtenidas para tallas de individuos capturados. Esto se explica por la naturaleza estocástica de la TS, la cual es altamente variable para la misma especie y tamaño. Un supuesto es que la amplitud del eco sigue una distribución Rayleigh. Se requiere una aproximación estadística para lograr un estimado no sesgado de la función TS (MacLennan & Menz, 1996; Soule *et al*, 2010).

Los individuos de jibia fueron obtenidos de pesca de arrastre de media agua, siendo insonificados inmediatamente antes de ser atrapados por la red, lo que asegura que fueron insonificados por el transductor, y almacenada la información para posterior análisis que permitiera generar el correspondiente histograma de TS.

La TS se obtuvo como función de la longitud del manto

$$TS = m \log LDM + b_{20}$$

donde m y b_{20} son constantes; m es igual o cercano a 20 en el caso de mediciones *in situ* y proporcional a la sección horizontal de los órganos que contribuyen al eco (Bertrand & Josse, 2000).

El valor b_{20} en el presente estudio fue determinado por comparación entre un histograma de TS con el correspondiente histograma de tallas (MacLennan & Simmonds, 1992) y mediante el método de mínimos cuadrados (MacLennan & Menz, 1996) para otorgar mayor precisión al estimado.

- **Obtención de fuerza de blanco (TS) *in situ* de jibia**

La estimación de la TS *in situ* de jibia consistió en la comparación de los histogramas de TS *vs.* los tamaños de los individuos capturados en los lances de pesca del PAM “Biomar IV”. La data utilizada para la generación de los histogramas de TS se obtuvo del análisis de la información

acústica recopilada el 17 de junio de 2014, la que consistió en la revisión y detección de blancos individuales de jibia en los ecogramas, siguiendo la metodología utilizada para la obtención de TS *ex situ* en el presente trabajo (Fig. 10.7). Las frecuencias de tallas de jibia fueron obtenidas de muestreos biológicos realizados en este proyecto durante fechas coincidentes a las de almacenamiento de información acústica.

De los lances de pesca realizados el mismo día se obtuvo una muestra al azar de 100 individuos de jibia; los especímenes fueron medidos (LDM) y pesados. Se obtuvo la distribución de frecuencias de tallas, la que luego fue comparada con el histograma de TS. Para determinar la relación TS *vs.* LDM se promedió los valores de TS y de LDM obtenidos inicialmente, generando intervalos ponderados con la información cada 2 dB para TS y cada 2 cm para LDM. El rango de tamaño inicial de los ejemplares de jibia obtenidos del muestreo biológico abarca desde 43 cm hasta 96 cm de LDM (108 a 227 cm de longitud total, respectivamente).

10.1.2.3. Estimación de la función de TS mediante mínimos cuadrados

Para otorgar mayor precisión a la constante b_{20} , de la relación lineal entre TS y LDM determinada por la comparación de un conjunto de mediciones de TS con la correspondiente frecuencia de tallas de jibias (*in situ* y *ex situ*), se utilizó el método de mínimos cuadrados de Maclennan & Menz (1996), dando mayor peso a las clases que contaron con mayor número de observaciones, de manera que, si la amplitud del eco es una distribución Rayleigh, entonces la sección transversal acústica tendrá una distribución exponencial para la cual la Función de Probabilidad de Densidad (PDF) es:

$$\text{PDF}(\sigma) = (1/\sigma_{\text{medio}}) \exp(-\sigma/\sigma_{\text{medio}})$$

donde (σ_{medio}) es la sección transversal media correspondiente a un TS medio de $10 \log(\sigma_{\text{medio}})$. La medición de TS comprende un histograma del número de blancos detectados en intervalos sucesivos de TS.

La amplitud del intervalo es ΔTS y M_i blancos fueron detectados en el i -ésimo intervalo que tiene un punto medio (marca de clase) TS_i . Supongamos que tenemos un histograma de tallas de jibias con N_j individuos en el intervalo de longitud, cuyo centro (marca de clase) es L_j . (M_i , N_j) comprenden un conjunto de mediciones alrededor de las correspondientes modas en los dos histogramas. Tres valores fueron incluidos a cada lado de la moda en el conjunto de datos, de manera de cubrir la variación estocástica. Se asume un valor inicial para b , al que llamamos b_0 ; entonces, la correspondiente distribución de TS , MM_i es calculada desde

$$\sigma_j = L_j^2 \cdot 10^{(-b_0/10)}$$

$$S_{1i} = 10^{((TS_i - \Delta TS/2)/10)} ; \quad S_{2i} = 10^{((TS_i + \Delta TS/2)/10)}$$

$$X_{ij} = N_j [\exp^{(-S_{2i}/\sigma_j)} - \exp^{(-S_{1i}/\sigma_j)}]$$

$$MM_i = \sum X_{ij}$$

Los subíndices i y j indican que los cálculos son repetidos para los rangos elegidos y representados por dichos índices. Finalmente, la suma de los cuadrados de S es evaluada por:

$$S = \sum_i^j \left(\left(\frac{MM_i}{\sum_n MM_n} \right) - \left(\frac{M_i}{\sum_n M_n} \right) \right)^2$$

La suma de cuadrados compara la MM_i calculada con la M_i observada, usando los residuos normalizados en cada intervalo de TS . Este método otorga más peso relativo a las clases más cercanas a la moda, ya que se asume que es el valor más confiable de TS . El mejor estimado de b_{20} será aquel que minimiza S , y es obtenido repitiendo los cálculos para una serie de valores b_0 , esto es, que el valor de b_{20} sea aquel b_0 que arroje el menor valor para S (MacLennan & Menz, 1996).

10.1.3. Resultados

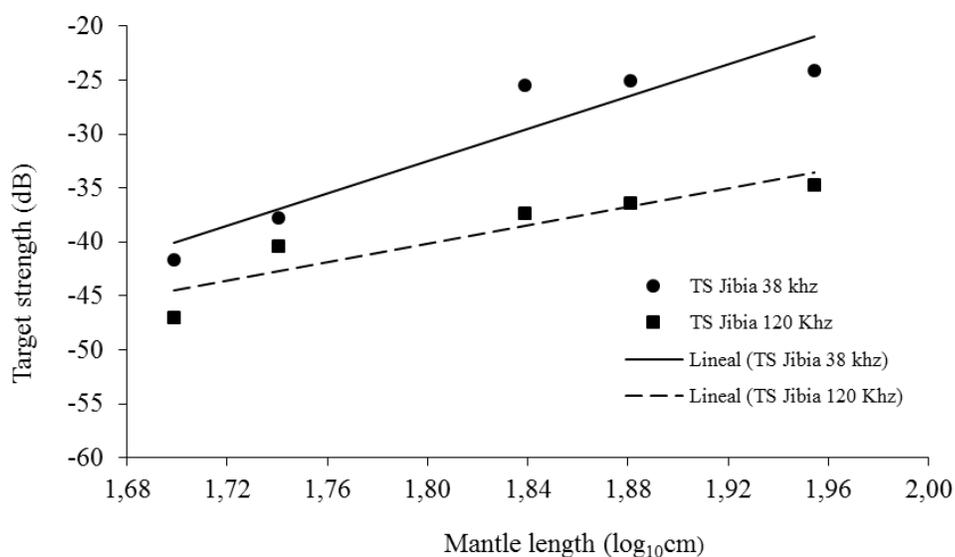
10.1.3.1. TS *ex situ* de jibia

Los estadígrafos de las mediciones de TS para cada individuo de jibia se presentan en la Tabla 10.1; los 5 ejemplares de jibia insonificados representan un rango de tallas desde 50 hasta 90 cm de LDM, lo que abarca la estructura de tallas de jibia encontrada comúnmente frente a Chile centro-sur. Las desviaciones estándar (σ) fueron pequeñas, con un máximo para 38 kHz y 120 kHz a los 90 cm; σ es entre 0,068 y 0,005, respectivamente. Además, se presenta la TS promedio para cada talla de jibia y cada frecuencia (38 kHz y 120 kHz), mostrando un rango de TS desde -41,68 hasta -24,10 dB, con moda en -25,47 dB para 38 kHz; y TS desde -47,03 hasta -34,72 dB para 120 kHz, con moda en -37,36 dB. El número de mediciones por talla (número de targets) utilizados en las ponderaciones para determinar TS promedio para cada frecuencia presenta un mínimo de 182 detecciones a 50 cm de LDM, y un máximo de 1121 detecciones en 69 cm de LDM.

Tabla 10.1. Resumen de resultados de mediciones de TS en jibia (n = 5).

LDM (cm)	Log ₁₀ (LDM)	N° Targets	TS 38 KHz (dB)	σ 38 KHz	TS 120 KHz (dB)	σ 120 KHz
50	1,70	182	-41,68	0,0004	-47,03	0,0000
55	1,74	231	-37,80	0,0001	-40,37	0,0001
69	1,84	1121	-25,47	0,0426	-37,36	0,0017
76	1,88	517	-25,09	0,0050	-36,39	0,0005
90	1,95	245	-24,10	0,0680	-34,72	0,0052

En la Fig. 10.9 se presenta la relación entre TS y LDM *ex situ* para 38 y 120 KHz. Los valores de TS obtenidos para 38 kHz se encontraron en el intervalo comprendido entre -41,68 y -24,10 dB, con media ponderada de -25,98 dB ($\pm 0,116$ dB); mientras que para 120 kHz el rango de TS se ubicó entre -47,03 y -34,72 dB, con media ponderada de -37,25 dB ($\pm 0,008$ dB). Los valores de b_{20} obtenidos de la relación entre LDM y TS de la mediciones acústicas *ex situ* de jibia para cada frecuencia (corregidas) fue -62,8 dB (CV= 0,0945; $r^2 = 0,88$) para 38 kHz), b_{20} de -73,5 dB (CV=0,0403; $r^2 = 0,84$) para 120 kHz.

Figura 10.9. Relación TS - Log₁₀ (LDM) de jibia para 38 y 120 KHz (n = 5 en cada caso).

Las ecuaciones que describen la relación entre la LDM y la TS *ex situ* de jibia, para el rango de tallas entre 50 y 90 cm de LDM (corregidas) son las siguientes:

$$TS_{38\text{ kHz}} = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 62,8 \quad r^2 = 0,88$$

$$TS_{120\text{ kHz}} = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 73,5 \quad r^2 = 0,84$$

10.1.3.2. TS *in situ* de jibia

En la Tabla 10.2 se muestra los datos acústicos colectados *in situ* por el PAM “Biomar IV” (5.740 blancos individuales), la que fue agrupada en 8 intervalos, obteniendo un rango de tallas entre 44 y 94 cm de LDM, con la moda en 86 cm, equivalente a 1,94 en escala logarítmica (Fig. 10.10), y con media ponderada de 70,90 cm ($\pm 7,07$ cm). El rango de TS de jibia a 38 kHz por intervalo de talla se encuentra desde -39,28 hasta -23,96 dB, con una media ponderada de -28,10 dB ($\pm 3,27$ dB) y moda de -26,91 dB (Fig. 10.11).

Tabla 10.2. Intervalos generados a partir de la información de TS (dB) y LDM (cm).

Intervalo	TSmean	N° targets	%TS	LDM (cm)	N° observac.	Log ₁₀ (LDM)	%LDM
1	-39,28	12	0,21	44	5	1,64	5
2	-37,62	61	1,06	49	9	1,69	9
3	-35,05	41	0,71	54	6	1,73	6
4	-32,77	853	14,86	57	13	1,75	13
5	-31,49	1075	18,73	64	20	1,81	20
6	-28,79	1386	24,15	79	19	1,90	19
7	-26,91	1755	30,57	86	25	1,94	25
8	-23,96	557	9,70	94	3	1,97	3

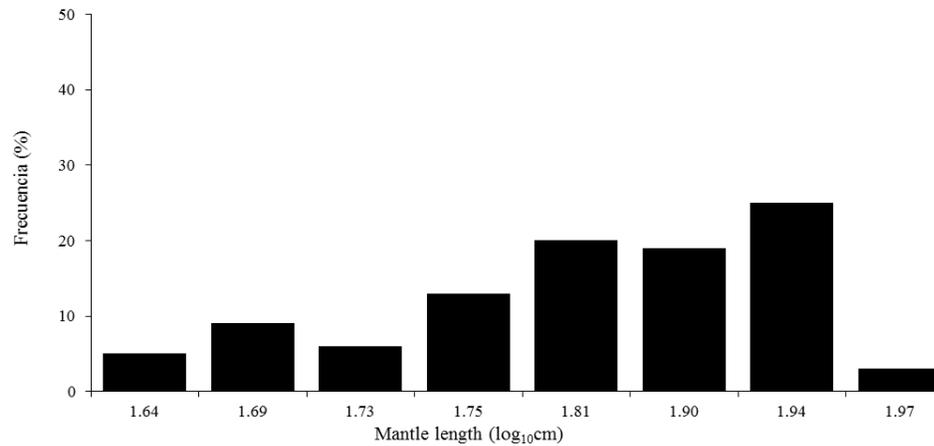


Figura 10.10. Histograma de frecuencia de tallas (\log_{10} (LDM)) de jibia.

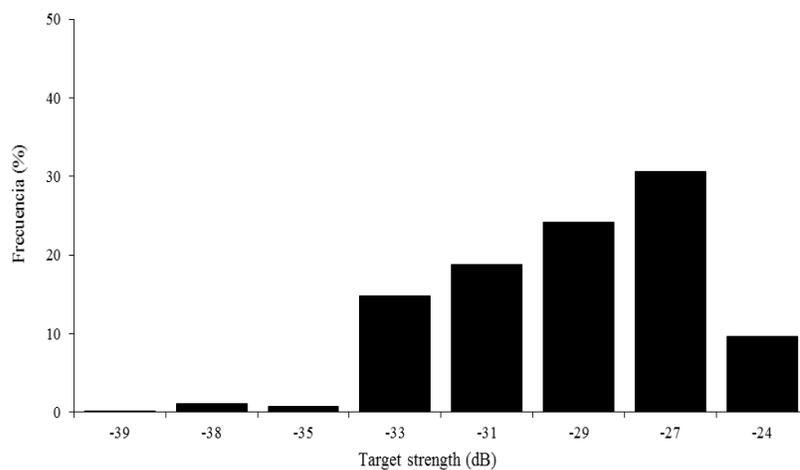


Figura 10.11. Histograma de distribución de TS de jibia.

En la Fig. 10.12 presenta la comparación entre los histogramas de TS y LDM de jibia para 38 kHz. La curva de tallas muestra una moda bien definida en 86 cm, coincidente con la moda en la curva de TS que se ubicó en el mismo intervalo, entregando un valor de -26,91 dB (ver Tabla 10.2).

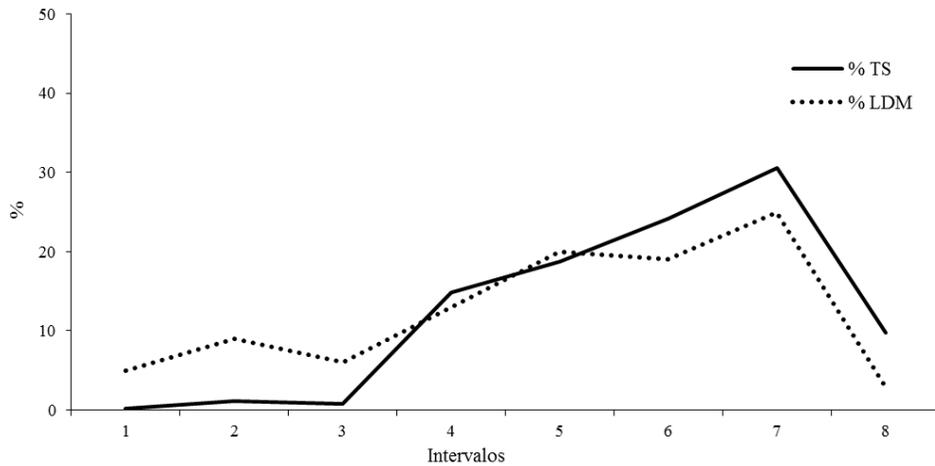


Figura 10.12. Relación TS vs. LDM de jibia para 38 KHz.

En la Fig. 10.13 se presenta la relación entre TS y LDM *in situ* para 38 KHz. Los valores de TS obtenidos se ubicaron en el intervalo entre -39,28 y -23,96 dB, con media ponderada de -28,10 dB ($\pm 3,27$ dB). El valor b_{20} obtenido de la relación entre LDM y TS de las mediciones acústicas *in situ* de jibia (corregida) fue -63,4 dB (CV= 0,031; $r^2=0,95$) para 38 kHz.

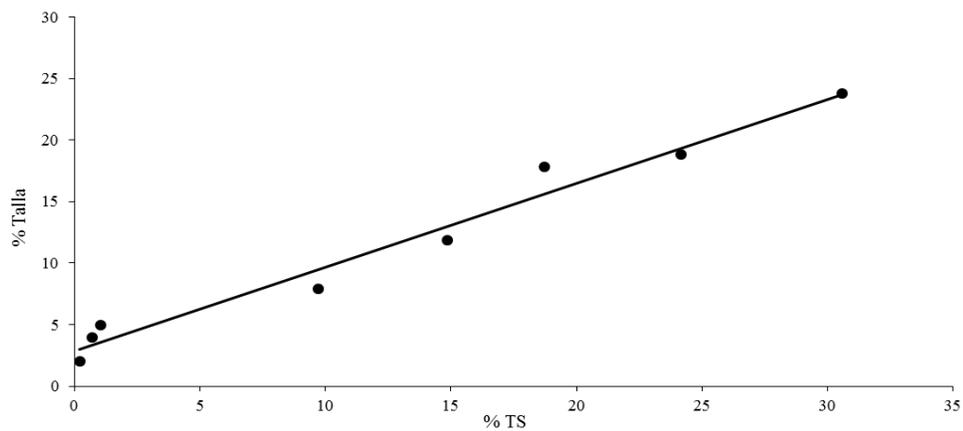


Figura 10.13. Relación talla vs. TS de jibia para 38 KHz.

La ecuación que describe la relación entre LDM y TS de las mediciones acústicas *in situ* de jibia, para el rango de tallas entre 44 y 94 cm de LDM (corregida) para 38 kHz en este estudio es:

$$TS_{38\text{ kHz}} = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 63,4 \quad r^2 = 0,95$$

10.1.4. Discusión

La correcta estimación de TS es esencial para obtener una confiable estimación de biomasa acústica del recurso pesquero en estudio, en este caso jibia. Por ejemplo, en el caso de existir un error de solo 3 dB en la estimación de TS, entonces se duplicaría o reduciría significativamente el valor real de la abundancia (Gutiérrez, 2002), lo que generaría sobreestimaciones o subestimaciones notables, sin considerar que en algunas ocasiones las diferencias de TS podrían alcanzar 10 dB para una misma especie (Ehremberg *et al.*, 1981). Bajo este concepto, asumiendo total credibilidad al trabajo realizado por Benoit-Bird *et al.*, (2008), los resultados de las ecuaciones de TS *in situ* y *ex situ* ($TS = 20 \log_{10}(\text{LDM}) - 63,4$ y $TS = 20 \log_{10}(\text{LDM}) - 62,8$; respectivamente) para 38 kHz, obtenidos en el presente informe, son bastante similares (diferencia < 1,4 dB) respecto de las obtenidas por dichos autores para jibia en el Golfo de California a la misma frecuencia ($TS = 20 \log_{10}(\text{LDM}) - 62$). Sin embargo, es distinto el caso de la estimación de TS *ex situ* de jibia a la frecuencia 120 kHz ($TS = 20 \log_{10}(\text{LDM}) - 73,5$), ya que presenta mayor diferencia en b_{20} (5 dB, aprox.) respecto de lo obtenido por Benoit-Bird *et al.*, (2008), ($TS = 20 \log_{10}(\text{LDM}) - 67,9$), aunque, coincidentemente, el resultado de la estimación de TS en el presente estudio coincide plenamente ($TS = 20 \log_{10}(\text{LDM}) - 73,5$) con el obtenido por Kang *et al.*, (2005) para otra especie de calamar (*Todarodes pacificus*) a la misma frecuencia (120 kHz).

Aun cuando la corrección del coeficiente de absorción y transmisión del sonido se realiza con la calibración del ecosonda, se sabe que TS puede variar por diferentes factores, incluyendo las características del ecosonda y frecuencia del transductor, las propiedades físicas y químicas del agua, la orientación del objetivo en el haz acústico y muchas otras variables biológicas difíciles

de controlar (Simmonds & MacLennan, 2005). En este sentido, la pequeña diferencia que existe en el valor b_{20} para 38 kHz (0,8 dB *ex situ* y 1,4 dB *in situ*) podría atribuirse a cualquiera de estas variables, siendo ésta una investigación que queda abierta a confirmación.

En el caso de las mediciones de TS *ex situ* de jibia se debe considerar el número y estado de los individuos usados en el estudio. Benoit-Bird *et al.* (2008) realizaron mediciones acústicas en 14 ejemplares de jibia anestesiados, mientras que en el presente trabajo solo se logró medir 5 individuos muertos (aunque sin rigor mortis), ya que cuando se realizó el experimento ocurrió la presencia de individuos de lobos marinos, los que consumieron la mayor parte del cuerpo de los individuos de jibia experimentales (20 ejemplares de diferentes tamaños).

Sin embargo, aunque existe una importante diferencia en el número de ejemplares estudiados en el trabajo de Benoit-Bird *et al.* (2008) y el presente estudio, a favor nuestro podemos señalar que el rango de tamaños de jibia cubre el mismo rango que cubrió la pesca industrial durante el experimento frente al litoral de la VIII Región. Además, Benoit-Bird *et al.* (2008) señalan que no existirían diferencias significativas en TS medido en ejemplares de jibia vivos o muertos (frescos, sin rigor mortis), ni tampoco existirían diferencias en el ángulo de incidencia del haz acústico sobre el objetivo debido a que la cabeza representa la mayor estructura de dispersión acústica del cuerpo de este animal, siendo los órganos reproductores los que generan la menor respuesta acústica.

Gutiérrez (2002) afirma que existe alta variabilidad en TS de jibias vivas debido a la característica compresible del manto, más aun a mayores frecuencias acústicas, encontrando una diferencia mayor a 3 dB en jibias del mismo tamaño. En este contexto, nosotros coincidimos con los resultados obtenidos por Benoit-Bird *et al.* (2008), ya que detectamos que la cabeza de la jibia es la que entrega la mayor respuesta acústica. Esta afirmación se apoya en un hecho fortuito. En efecto, durante nuestro experimento *in situ* los lobos marinos comenzaron a comer los ejemplares de jibia experimentales prueba, siendo insonificada una de esas jibias exactamente en el momento en que le fue arrancado todo el manto por el lobo marino, dejando solo la cabeza. Posteriormente nosotros registramos y analizamos esta información acústica, descubriendo que la TS del resto (cabeza) del individuo de jibia seguía siendo la misma una, esto es, no hubo diferencias entre el ejemplar completo insonificado y cuando se insonificó (accidentalmente) su cabeza, solamente.

Finalmente, los resultados de este trabajo son consistentes con estudios realizados para otras especies de calamar (Kanwabata, 2005; Kang *et al.*, 2005; Benoit-Bird *et al.*, 2008) y sus ecuaciones podrían ser utilizadas en una eventual determinación de abundancia y biomasa acústica de jibia en Chile.

10.1.5. Conclusiones

- La relación entre TS *ex situ* de jibia (con 38 KHz) y la longitud dorsal del manto (LDM) es lineal y su expresión es la siguiente:

$$TS_{38\text{ KHz}} = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 62,8 \quad (r^2 = 0,88; CV = 0,0945)$$

- La relación entre TS *in situ* de jibia (con 38 KHz) y la longitud dorsal del manto (LDM) es lineal y su expresión es la siguiente:

$$TS_{38\text{ KHz}} = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 63,4 \quad (r^2 = 0,97; CV = 0,0313\%)$$

- La relación entre TS *ex situ* de jibia (con 120 KHz) y la longitud dorsal del manto (LDM) es lineal y su expresión es la siguiente:

$$TS_{120\text{ KHz}} = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 73,5 \quad (r^2 = 0,84; CV = 4,03\%)$$

10.1.6. Referencias Bibliográficas

- Benoit-Bird, K.J., W.F. Gilly, W.W.L. Au & B. Mate. 2008. Controlled and in situ target strengths of the jumbo squid *Dosidicus gigas* and identification of potential acoustic scattering sources. *J. Acoust. Soc. Am.* 123(3): 1318-1328.
- Bertrand A. & E. Josse. 2000. Tuna target-strength related to fish length and swimbladder volume, *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 1143-1146.
- Boyle, P. & P.G. Rodhouse. 2005. Fishing methods and scientific sampling, in *Cephalopods: Ecology and fisheries*, edited by P. Boyle, and P. G. Rodhouse (Blackwell, London): 259-276.
- Dalen, J. 2000. Terminology in Fisheries Acoustics. FAST-ICES WG; Haarlem, 10-14 April, 2000.
- Ehremberg, J.E, Carlson T.J, Traynor J.J, Williamsom N.J. 1981. Indirect measurement of the mean acoustic backscattering cross-section of fish. *Journal of the Acoustical Society of America*, 71: 742- 747.
- Foote, K.G. 1983. Linearity in fisheries acoustics, with addition theorems. *J. Acoust. Soc. Am.* 73(6): 1932-1940.
- Foote, K.G. 1987. Fish target strength for use in echointegrator surveys. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82:981-987.
- Foote, K.G. 1991. Acoustic sampling volume. *J. Acoust. Soc. Am.*, 90: 959-964.
- Foote, K. G., Hanlon, R. T., Iampietro, P. J., and Kvittek, R. G. 2006. "Acoustic detection and quantification of benthic egg beds of the squid *Loligo opalescens* in Monterey Bay, California," *J. Acoust. Soc. Am.* 119: 844-856.
- Foote, K.G. & H.P. Knudsen. 1994. Physical measurement with modern echo integrators. *J. Acoust. Soc. Japan.*, 15: 393-395
- Foote, K.G., H.P. Knudsen, G. Vestnes, D.N. MacLennan & E.J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. *ICES Coop. Re. Rep.* 144, 69 p.
- Foote, K.G. & J.J. Traynor. 1988. A comparison of walleye pollock target strength estimates derived from *in situ* measurements and calculations based on swimbladder form. *J. Acoust. Soc. Am.*, 83(1): 9-17.
- Fristrup, K.M. & G.R. Harbison. 2002. How do sperm whales catch squids? *Marine Mammal Sci.* 18, 42-54.
- Kang, D., Mukai, T., Iida, K., Hwang, D. J., and Myoung, JG. 2005. "The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid," *ICES J. Mar. Sci.* 62, 779–789.

- Goss, C., D. Middleton & P. Rodhouse. 2001. Investigation of squid stocks using acoustic survey methods. *Fish. Res.*, 54: 111-121.
- Gutiérrez, M. & D.N. MacLennan. 1998. Resultados preliminares de las mediciones de Fuerza de Blanco in situ de las principales especies pelágicas. Informe del Instituto del Mar del Perú 135: 16-19.
- Gutiérrez, M. 2002. Determinación de la fuerza de blanco de las principales especies del mar peruano. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias del Mar. Universidad Nacional Federico Villarreal (Perú), 81 p.
- ICES, 2007. Collection of acoustic data from fishing vessels. ICES Cooperative Research Report No. 287, 83 p.
- Jefferts, K., J. Burczynski & W.G. Percy. 1987. Acoustical assessment of squid (*Loligo opalecens*) off the central Oregon coast. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44, 1261–1267.
- Johannesson & Mitson, 1983. Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation. *FAO Fish. Tech. Pap.* (240): 1-249.
- Kang, D., D. Hwang, T. Mukai, K. Iida & L. Kyoungsoon. 2004. Acoustic target strength of live Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) for applying biomass estimation. *J. Kor. Fish. Soc.* 37(4): 345-353.
- Kang, D., T. Mukai, K. Iida, D. Hwang & J-G. Myoung. 2005. The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid (*Todarodes pacificus*). *ICES Journal of Marine Science*, 62: 779-789.
- Kawabata, A. 2005. “Target strength measurements of suspended live ommastrephid squid, *Todarodes pacificus*, and its application in density estimations,” *Fish. Sci.* 71: 63–72.
- Lipinski, M.R. M. Prowse. 2002. Direct hydroacoustic observations of chokka squid *Loligo vulgaris reynaudii* spawning activity in deep water. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 24, 387–393.
- MacLennan, D. N. y A. Menz. 1996. Interpretation of in situ target strength data. *ICES Journal of Marine Science*, 53:267-271.
- MacLennan, D., & E. J. Simmonds. 1992. Fisheries acoustics. Chapman & Hall. First Edition. London, 325 p.
- Midttun L. 1984. Fish and other organisms as acoustic targets, *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 184: 25-33.
- Misund, O.A. 1997. Underwater acoustics in marine fisheries and fisheries research. *Rev. Fish Biol. Fish.* 7: 1-34.
- Reid, D. G., Fernandes, P. G., Bethke, E., Couperus, A., Goetze, E., Hakansson, N., Pedersen, J., et al. 1998. On visual scrutiny of echograms for acoustic stock estimation. *ICES. CM* 1998/B: 1.

- Simmonds J. & D. MacLennan. 2005. Fisheries Acoustics: Theory and Practice (Fish and Aquatic Resources). Wiley-Blackwell, 2nd edition, 437 p.
- Simrad. 2000. Instruction manual. SIMRAD EK-60 Scientific Echo Sounder, 180 p.
- Soule, M.A., I. Hampton & M.R. Lipinski. 2010. Estimating the target strength of live, free-swimming chokka squid *Loligo reynaudii* at 38 and 120 kHz. ICES Journal of Marine Science, 67: 1381–1391.
- Sparre, P. & S. Venema. 1995. Introducción a la Evaluación de Recursos Pesqueros Tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca 306/1. Cap. 1.5:11-13.
- Urick, R.J. 1983. Principles of underwater sound for engineers. 3rd edition. MacGraw-Hill, NY, 384 p.

10.2. Sección 2. Proposición de un modelo de evaluación directa de la abundancia y biomasa de jibia

10.2.1. Introducción

El manejo sustentable de stocks pesqueros requiere información oportuna y de calidad respecto de la condición de la fracción explotada, comprensión de su dinámica poblacional y distribución, especialmente cuando se trata de un stock previamente no explotado o sub-explotado. Los recursos pesqueros de vida corta, como los calamares, son particularmente vulnerables a la sobre-explotación debido al entendimiento inadecuado por el hombre (evaluadores de stock y tomadores de decisiones) de la dinámica poblacional y distribución del stock, pues están propensos a altas fluctuaciones, las que pueden ser resultado de cambios ambientales, cambios en los niveles de explotación del stock, cambios en la abundancia de presa y/o predadores (Goss *et al.*, 2001) o la combinación de ellos.

Los calamares se encuentran entre los animales más difíciles de evaluar biológicamente por cualquier método, justamente por su condición de muy rápida tasa de crecimiento individual y muy baja longevidad (2 a 3 años, solamente). Sin embargo, existe extensa información bibliográfica en cuanto a que los calamares son importantes componentes en sus ecosistemas (Arnaya *et al.*, 1988), sea como predador o como presa o ambas condiciones.

En el caso de la evaluación de calamares mediante métodos directos, y particularmente de jibia (*D. gigas*), se ha empleado varias técnicas, como por ejemplo (1) marcaje-recaptura (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001), (2) área barrida (Alarcón-Muñoz *et al.*, 2008) y (3) acústica (Starr, 1985; Starr & Thorne, 1998). Las evaluaciones acústicas pueden considerarse prometedoras en sus resultados, aunque sólo bajo ciertas circunstancias o supuestos restrictivos. Al igual que con muchas especies de peces, el principal problema en la aplicación de técnicas acústicas para la evaluación de la biomasa de calamares es la identificación y falta de conocimiento de las propiedades de la fuerza de blanco (target strength, TS) de la especie objetivo. La fuerza del blanco es un factor fundamental para el diseño de ecosondas y sonares pesqueros, y para la estimación cualitativa y cuantitativa de poblaciones de peces mediante técnicas acústicas

(Arnaya *et al.*, 1989a). Sin embargo, varias son las dificultades que se presentan en la determinación de TS de calamares tales como forma del cuerpo como huso (acústicamente compleja), cuerpo blando y composición anatómica, esto es, prácticamente sin partes duras (Arnaya *et al.*, 1989b, c), estilo de natación o movilidad única tipo jet (Arnaya & Sano, 1990; Kang *et al.*, 2004, 2005; Benoit-Bird & Gilly, 2012) y carencia de vejiga gaseosa.

10.2.2. Materiales y Métodos

10.2.2.1. Propuesta de un modelo de evaluación directa

Para la elaboración de una propuesta de evaluación directa de jibia se debe realizar, primero, la revisión crítica de métodos de evaluación que se ha efectuado hasta ahora aplicados al recurso jibia tales como: (a) marcaje-recaptura; (b) área barrida; y, (c) evaluación acústica, destacando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, su factibilidad de implementación y la descripción y categorización de costos asociados.

El modelo de evaluación directa debe considerar los elementos disponibles respecto de la biología del recurso jibia en aguas nacionales tales como comportamiento, conducta alimentaria, época y migraciones reproductivas, etc., así como información de distribución espacial del recurso y sus cambios espacio-temporales, si existieren (época de mayor disponibilidad), distribución batimétrica y migraciones nictimerales, densidad del stock, etc.

Los tópicos señalados anteriormente, junto con el modelo conceptual de historia de vida del recurso jibia, pueden permitir la elaboración de los Términos Técnicos de Referencia para futuras evaluaciones directas de la abundancia/biomasa de jibia en aguas nacionales. A continuación se presenta una breve descripción de métodos de evaluación directa antes señalados.

10.2.2.2. Método de marcaje y recaptura

Los métodos de captura, marcaje y recaptura han sido desarrollados para estudiar poblaciones de animales en los que no es posible estimar el tamaño de la población simplemente contando todos los individuos. Este sistema es muy sencillo de usar, siempre y cuando se disponga de dispositivos que capturen a los individuos vivos y de un sistema que permita marcarlos de modo permanente. Además, se puede consignar datos básicos de los individuos capturados tales como sexo, tamaño y su condición. Esta técnica ha sido utilizada habitualmente en ecología para estimar el tamaño de una población y sus características (supervivencia, movimientos y crecimiento, por ejemplo), así como desplazamientos de especies migratorias. Además, este método ha sido desarrollado para estimar el número de individuos en poblaciones de animales móviles y está basado en simples reglas de proporciones y probabilidades (Brower *et al.*, 1998).

Si se desea calcular el número total de peces en un área se podría pasar una red capturando un número n_1 de individuos, los que pueden ser marcados con algún método y liberados nuevamente. Luego de un período prudencial de tiempo (días o semanas) se puede usar la red nuevamente, en este caso capturando n_2 individuos. Dentro de los individuos capturados habrá un número m de ejemplares que habían sido marcados previamente. La proporción de peces marcados en toda el área de evaluación debería ser igual a la de peces marcados en la segunda por lo que la cantidad de peces en el área de evaluación (N) será:

$$N = \frac{n_1 n_2}{m}$$

Los supuestos de este método son bastante intuitivos, a saber: (1) la población es cerrada, no hay emigración ni inmigración de individuos hacia y desde otras áreas; (2) todos los animales tienen la misma posibilidad de ser capturados en la primer muestra, y la segunda muestra es una muestra al azar de la población; y (3) la marca no afecta la posibilidad que un individuo sea capturado o la supervivencia, ni se borra o pierde.

10.2.2.3. Método del área barrida

La estimación de biomasa o abundancia de cualquier especie por métodos directos se basa en el supuesto básico que la captura por unidad de esfuerzo (cpue) es función de la densidad del stock en el área que está siendo estudiada (Alverson & Pereyra, 1969; Gavaris & Smith, 1987), y que los cambios en la captura por unidad de esfuerzo están directamente relacionados a cambios en la densidad de peces (Ricker, 1940, 1975; Gulland, 1964). Bajo un concepto generalizado, conociendo el área barrida y estableciendo supuestos de la eficiencia del arte o aparejo de muestreo, entonces es posible calcular la densidad media de un área dada y luego estimar la densidad poblacional total. El principal supuesto es que todos los individuos de la especie objetivo son vulnerables al arte de pesca y que tienen la misma probabilidad de ser capturados (Alverson & Pereyra, 1969).

En estudios de área barrida el número promedio de peces capturados por lance es usado como un índice de la abundancia relativa del stock (Grosslein, 1969). Entonces, la biomasa estimada de una población es la simple extrapolación del número promedio de animales (o peso) observado por unidad de área a toda el área de estudio, lo que puede ser representado como:

$$\hat{B} = A\bar{D}$$

donde \hat{B} es la biomasa estimada (unidades de peso), A es el área total de estudio (unidades cuadradas de distancia), \bar{D} es una medida de la densidad media o peso observado por unidad de área. En consecuencia, el estimador de abundancia está determinado por la forma en que se estima la densidad media y el área de distribución del recurso, a menos que esta última variable hubiese sido acotada con anterioridad a la ejecución del estudio, siendo conocida previamente. De la misma manera, la varianza del estimador de biomasa está dada por la varianza del estimador de densidad, pues se asume que el área del stock (A) se mide sin error. Al respecto, la varianza de la abundancia es la varianza de una constante (q) por una variable aleatoria (X), de la forma:

$$Var(qX) = q^2Var(X)$$

luego,

$$Var(\hat{B}) = Var(A\bar{D}) = A^2Var(\bar{D})$$

10.2.2.4. Método acústico

La estimación de la biomasa de un stock pesquero mediante algún método acústico se basa en la transformación de la energía acústica reflejada por un pez a unidades de densidad. El coeficiente de retrodispersión sonora por unidad de área $s_{Ai}(x,y)$ (Foote & Knudsen, 1994) es una medida de densidad acústica que puede ser convertida a una medida biológica de densidad de peces (ton/mn^2) de la especie i en la localidad (x,y) , $z_i(x,y)$, al dividirlo entre la sección transversal de retrodispersión sonora, normalizada por unidad de peso ($\sigma_{\text{Ton}(i)}$) en m^2/ton .

MacLennan *et al.* (2002) han recomendado utilizar la abreviación NASC (Nautical area-scattering coefficient) en lugar de $s_{Ai}(x,y)$ debido a problemas con la terminología acústica que se ha utilizado en eco-integración. Se preferirá utilizar $z_i(x,y)$, debido a que los valores de densidad están referenciados a una localidad geográfica (x,y) , por lo tanto:

$$z_i(x,y) = \frac{NASC_i(x,y)}{\sigma_{\text{Ton}(i)}(x,y)}$$

donde

$$\sigma_{\text{Ton}(i)}(x,y) = \frac{\bar{\sigma}_i(x,y)}{\bar{W}_i(x,y)}$$

$\bar{W}_i(x,y)$ es el peso promedio (ton) de la especie i del lance de identificación en la localidad (x,y) .

La sección promedio transversal de retrodispersión sonora (m^2) de la especie i es:

$$\bar{\sigma}_i(x,y) = 4\pi \sum_j f_j 10^{TS_j/10}$$

donde f_j es la frecuencia de clases de tamaños j a partir de los lances de pesca de identificación y TS (target strength) es la fuerza de blanco de tamaño de clase L , L_j .

El coeficiente de retrodispersión, $NASC_{i(x,y)}$, para la especie objetivo se obtiene a partir de la combinación linear convexa (MacLennan & Simmonds, 1992):

$$NASC_i = NASC_m \frac{w_i \overline{\sigma}_i}{\sum_i w_i \sigma_i}$$

donde $NASC_m$ es el coeficiente de retrodispersión sonora para la mezcla; w_i es la proporción de la i -ésima especie calculada como el promedio ponderado de la composición de la captura.

10.2.3. Resultados

10.2.3.1 Métodos de evaluación directa

La revisión bibliográfica permitió verificar lo propuesto inicialmente por nosotros en este estudio respecto de que tres son los métodos directos que se ha utilizado para estimar la abundancia y biomasa de jibia (*Dosidicus gigas*), a saber:

- a) Método del área barrida;
- b) Método hidroacústico; y,
- c) Método de marcaje y recaptura.

Adicionalmente, a partir de la revisión bibliográfica se desprende que en Chile sólo se ha utilizado métodos directos para la estimación de abundancia/biomasa de jibia como el método de área barrida (Tabla 10.3). Las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos para la estimación de la abundancia/biomasa de jibia se presentan en la Tabla 10.4, en tanto que los supuestos que tiene cada método se entregan en la Tabla 10.5.

Tabla 10.3. Especies de calamares evaluados con métodos directos en distintas regiones.

Método	Especie	Región/País	Referencia
Área barrida	<i>Dosidicus gigas</i>	- Chile. Zona Centro-Sur	- Alarcón-Muñoz <i>et al.</i> (2008)
	<i>D. gigas</i>	- Golfo de California, México	- Nevárez-Martínez <i>et al.</i> (2000)
	<i>Ommastrephes bartramii</i>	- Pacífico Noroeste	- Xinjun <i>et al.</i> (2008)
	<i>Loligo gahi</i>	- Falkland Islands	- Roa-Ureta & Niklitschek (2007)
Acústica	<i>Todarodes pacificus</i>	- Pacífico Noreste, Mar de Japón	- Arnaya <i>et al.</i> (1989b)
	<i>D. gigas</i>	- California. Pacífico noroeste, EE.UU.	- Benoit-Bird, <i>et al.</i> (2008)
	<i>Illex argentinus</i>	- Atlántico sur-occidental	- Starr & Thorne (1998)
Marcaje y recaptura	<i>D. gigas</i>	- Golfo de California. México	- Morales-Bojórquez <i>et al.</i> (2012) - Markaida <i>et al.</i> (2005).

Tabla 10.4. Ventajas y desventajas de metodologías directas de estimación de la abundancia/biomasa de jibia.

Ventajas y desventajas	Método de Evaluación Directa		
	Área Barrida	Hidroacústica	Marcaje-recaptura
Ventajas	Buen desempeño en condiciones de alto grado de mezcla con fauna acompañante.	Obtiene potencialmente información de abundancia en toda la columna de agua.	Excelente desempeño en condiciones de alto grado de mezcla con fauna acompañante.
	Genera gran cantidad de información sobre estructura de edad/longitud.	Mayor cantidad de información generada a un mismo esfuerzo que área barrida.	Distribución espacial de la flota pesquera permite cotejar el área muestreada.
	Distribución espacial de la flota pesquera permite cotejar el área muestreada.	Distribución espacial de la flota pesquera permite cotejar el área muestreada.	Evidencia empírica directa de la abundancia.
	Evidencia empírica directa de la abundancia.	Evidencia empírica directa de la abundancia.	Aporta información adicional importante de la dinámica poblacional (mortalidad natural, crecimiento, migraciones, dieta).
	En el diseño de muestreo la experiencia de capitanes y patrones de pesca hace que el método sea eficiente.	En el diseño de muestreo, la experiencia de capitanes y patrones de pesca hace que el método sea más eficiente.	
	Procesamiento de la información de campo es rápido y, por lo tanto, reduce tiempo de entrega de resultados.		
Desventajas	Genera información solo en el estrato muestreado por la red, menor información que métodos hidroacústicos.	Bajo desempeño a alto grado de mezcla con fauna acompañante.	Requiere de ejemplares vivos, y con alta sobrevivencia post-captura.
	Supuesto de homogeneidad de la densidad poblacional en la columna de agua es importante.	Requiere de buena información auxiliar respecto de fuerza de blanco.	Tiempo de respuesta (entrega de resultados) extenso.
	Requiere de mayor número de lances y por ende mayor esfuerzo de muestreo.	Genera menor cantidad de información respecto de estructura de edad/longitud	
		Requiere de lances exploratorios para identificación de especies, los que deben ser simultáneos a la prospección acústica.	
		Lances de identificación pueden causar interferencia en distribución vertical del recurso.	
	Menor calidad en la estimación de estructura de longitud/edad.		

Tabla 10.5. Principales supuestos de metodologías de evaluación directa susceptibles de utilizar para la estimación de biomasa de jibia.

Método de Evaluación Directa		
Área Barrida	Hidroacústica	Marcaje-recaptura
Población se encuentra en el área muestreada durante la prospección.	Población se encuentra en el área muestreada durante la prospección.	Los ejemplares marcados tienen una alta tasa de sobrevivencia o la marca no la afecta.
De haber un proceso de migración, éste es tal que la abundancia estimada es proporcional a la abundancia real y la estimación es consistente en el tiempo.	De haber un proceso de migración, éste es tal que la abundancia estimada es proporcional a la abundancia real y la estimación es consistente en el tiempo.	La población es cerrada, no hay emigración ni inmigración de individuos hacia y desde otras áreas.
Los cambios ontogenéticos espaciales son considerados en el diseño de muestreo.	Los cambios ontogenéticos espaciales son considerados en el diseño de muestreo.	La marca no afecta la posibilidad de ser recapturado supervivencia, ni se borra o pierde.
Población es muestreada en el estrato correcto de profundidad.	No existe un alto grado de mezcla con otras especies en el área de estudio.	Todos los animales tienen la misma posibilidad de caer en la primer muestra (captura); la segunda muestra (recaptura) es una muestra al azar de la población.
Metodología consistente en el tiempo.	La estructura de edad queda correctamente caracterizada a través de lances exploratorios.	
	Fuerza de blanco y parámetros de calibración caracterizados correctamente.	
	Metodología consistente en el tiempo.	

10.2.3.2. Evaluación directa propuesta

El análisis de metodologías susceptibles de utilizar para la estimación de abundancia/biomasa de jibia en Chile permite señalar que tanto la evaluación acústica como la evaluación por área barrida son factibles de aplicar bajo las condiciones que se entregan en la Tabla 10.6. La evaluación directa de jibia, para el caso del área barrida, debe realizarse en el área principal de distribución del recurso, esto es, entre Coquimbo y Puerto Montt, pudiendo estar acotada a las principales áreas de explotación pesquera (Regiones IV, V y VIII); o de forma continua en toda el área de distribución del recurso en el caso de la evaluación acústica. Los diseños de muestreo *ad hoc* pueden considerar estrategias sistemáticas aleatorias (área barrida y acústica) o estrategias en conglomerados (área barrida), donde los estratos pueden ser las zonas de explotación principal (Coquimbo, San Antonio y Talcahuano).

Tabla 10.6. Requisitos y condiciones para la aplicación del método de área barrida y acústico en la estimación de la abundancia/biomasa de jibia.

Área Barrida	Hidroacústica
Embarcación(es) de investigación o comercial(es) con arte de pesca de arrastre de media agua con equipos de detección acústica (sonar)	Embarcación científica con equipos de prospección acústica y red de arrastre de media para realizar lances de identificación.
Diseño de muestreo <i>ad hoc</i> , por ejemplo sistemático o estratificado.	Ecosondas científicos SIMRAD con (al menos) dos frecuencias: - 38 KHz - 120 KHz
Costo aproximado \$450.000.000.-	Software de análisis e integración de registros acústicos (Ecoview)
Plazo de ejecución total: 8 meses. Crucero 2 meses más 6 meses de análisis e informes.	Diseño de muestre sistemático.
	Costo aproximado \$380.000.000.-
	Plazo de ejecución total: 9 meses. Crucero 1,5 meses + 7,5 meses de análisis e informes.
Rango de profundidad de la evaluación directa: 0 – 250 m.	
Época de realización del crucero: septiembre-octubre.	
Equipos de preservación de muestras biológicas (congeladores) para estudios de alimentación (estómagos), reproducción (gónadas), genéticos (tejido), crecimiento (estatolitos), etc.	
Disponibilidad, habitabilidad para observadores científicos.	

10.2.3.3. Términos Técnicos de Referencia

PROYECTO FIP 2015-00 “Evaluación directa de la abundancia y biomasa de Jibia (*Dosidicus gigas*) en el mar territorial y zona económica exclusiva de Chile”

1. Antecedentes

El manejo sustentable de stocks sometidos a explotación comercial requiere de información oportuna y de calidad respecto de la condición de la población explotada, especialmente cuando se trata de un stock previamente no explotado o sub-explotado. Los recursos pesqueros de vida corta, como los calamares, son particularmente vulnerables a la sobre-explotación debido al entendimiento inadecuado de la dinámica poblacional y distribución del stock, pues están propensos a altas fluctuaciones poblacionales, las que pueden ser resultado de cambios ambientales, cambios en los niveles de explotación del stock, cambios en la abundancia de presa y/o predadores (Goss *et al.*, 2001) o la combinación de todos ellos.

La jibia (*Dosidicus gigas*) es un calamar endémico de la región Este del Océano Pacífico, distribuido verticalmente entre la superficie y los 1.200 m y con un rango geográfico comprendido entre los 40° N (California, Estados Unidos) y los 47° S. (Sur de Chile). En la región del Ecuador, su rango se extiende y estrecha hacia el Oeste, alcanzando los 140° W. De acuerdo con esto, existe una población residente en el Pacífico Tropical Este (PTE), pero la jibia no sólo se distribuye al norte y sur del PTE, sino que además lo hace en concentraciones importantes en las áreas subtropicales de ambos hemisferios (Payá, *et al.*, 2014).

Los calamares y particularmente la jibia se encuentran entre los animales más difíciles de evaluar biológicamente por cualquier método, justamente por su condición de muy rápida tasa de crecimiento individual y muy baja longevidad (1 a 2 años, solamente). Sin embargo, existe extensa información bibliográfica en cuanto a que los calamares son importantes componentes en sus ecosistemas (Arnaya *et al.*, 1988), sea como predador o como presa o ambas condiciones.

Esta especie representa en Chile un recurso comercial que aumentó considerablemente su presencia en las capturas nacionales desde el año 2002, superando las 100.000 toneladas anuales. A partir del año 2011 la jibia constituye una importante pesquería artesanal y

posteriormente industrial, producto de la baja significativa de jurel, merluza común y otros recursos de importancia económica. Desde del año 2012 se establecen para la pesquería de jibia cuotas globales anuales de captura, el cierre de la pesquería y el fraccionamiento 80% pesca artesanal y 20% pesca industrial. Para el año 2015 se ha establecido una cuota anual de captura de jibia de 200 mil toneladas fraccionadas sectorialmente en la misma proporción que años anteriores. Estas cuotas y fraccionamientos se determinan basándose en el escaso conocimiento de su dinámica poblacional, distribución y estructura poblacional y niveles de abundancia de su stock.

Actualmente es necesario contar con información en Chile que permita administrar la pesquería con la menor incertidumbre posible, sin embargo a la fecha los estudios realizados y los resultados obtenidos no han sido suficientes. De acuerdo a esto, en el mes de noviembre del año 2014 el Comité Científico Técnico se reúne para revisar el estatus y el rango de Cuota Biológicamente Aceptable para el recurso jibia, concluyendo que los estimados de biomasa del modelo de evaluación presentado en el estudio de "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de Jibia para el Año 2015" (IFOP 2014), manifiestan alta incertidumbre, por lo tanto, no es posible establecer el marco biológico de referencia ni calificar el estatus. Esto último deja en evidencia la necesidad de utilizar un método de evaluación directa, que permita conocer el tamaño de los efectivos poblacionales del recurso, dada la importancia económica que hoy representa para la actividad pesquera nacional.

2. Objetivo General

Evaluar y caracterizar el stock de jibia en el mar territorial y zona económica exclusiva de Chile.

3. Objetivos Específicos

- 3.1. Estimar la abundancia en número y biomasa en peso de jibia en el área y periodo de estudio.
- 3.2. Estimar la abundancia y biomasa por talla de jibia en el área y periodo de estudio.
- 3.3. Determinar la composición de talla, peso y proporción sexual del stock de jibia en el área y periodo de estudio.
- 3.4. Determinar la distribución espacial y batimétrica de jibia en la zona y periodo de estudio.
- 3.5. Estimar y contrastar abundancia, biomasa, estructura poblacional y distribución espacial de jibia con información proveniente de barcos de la flota pesquera de jibia.

4. Metodología

- 4.1. Para el logro del objetivo general y objetivo específico 3.1, el consultor deberá identificar la escala espacial y temporal adecuada para la estimación de los indicadores, detallando fundadamente los procedimientos metodológicos utilizados para la definición de la ventana espacial y temporal en la que se debe realizar un crucero de investigación exclusivo para jibia, y a partir de este estimar la abundancia y biomasa del mismo.
- 4.2. Para el logro del objetivo específico 3.2 el consultor deberá realizar lances de pesca de investigación, de manera de determinar la estructura poblacional del recurso y asociarlas con la abundancia y biomasa estimadas.
- 4.3. Para el logro del objetivo específico 3.3 el consultor deberá obtener de los lances de pesca de investigación, información biológica del recurso, que permita determinar parámetros de crecimiento individual en longitud, peso y proporción sexual de jibia.
- 4.4. Para el logro del objetivo específico 3.4 el consultor deberá obtener información georreferenciada de distribución horizontal y vertical de jibia, para su posterior análisis y determinación de distribución espacial y batimétrica respectivamente.

- 4.5. Para lograr el objetivo 3.5, el consultor deberá monitorear y analizar información biológica (de lances de pesca) y de eco-registros (de ecosondas científicas) provenientes de barcos destinados a la pesca de jibia.

El proyecto tendrá una duración de 18 (dieciocho) meses y deberá iniciarse a partir de la fecha de término de tramitación del respectivo decreto del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo que aprueba el contrato de investigación entre el Consejo de Investigación Pesquera y de Acuicultura y el consultor adjudicatario de la licitación.

El consultor deberá entregar al Consejo de Investigación Pesquera y de Acuicultura los siguientes informes, los cuales deberán presentar un formato acorde a lo señalado en las Bases Administrativas del presente proyecto.

- a) Un informe de avance a entregar al término del 6° mes de iniciado el proyecto, conteniendo las actividades realizadas hasta esa fecha. Sin perjuicio de lo anterior, el Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura podrá solicitar información anticipada a este plazo si fuere necesario.
- b) Un pre-informe final, a entregar al término del 12° mes de iniciado el proyecto, conteniendo todos los resultados consignados en las Bases Técnicas del proyecto.
Junto al pre-informe final se deberá poner a disposición del Consejo de investigación Pesquera las bases de datos con toda la información generada por el proyecto, considerando el formato establecido en el punto 5 de las Bases Técnicas del proyecto.
- c) Un informe final, a entregar al término del 18° mes de ejecución del proyecto, el que deberá contener todos los resultados del proyecto, considerando las observaciones realizadas al pre-informe final.

Cada uno de los informes (de avance, pre-informe final, informe final) deberá contener un anexo específico que se titulará “Personal participante por actividad”, donde deberá consignarse el personal participante, señalando para cada objetivo del proyecto los nombres de los profesionales, técnicos y/o muestreadores que ejecutaron las actividades más relevantes, indicando las horas empleadas en cada una de ellas.

El consultor deberá generar material fotográfico y/o audiovisual que dé cuenta de las principales actividades del proyecto, para fines de difusión que determinen el Consejo del FIP o la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Este material deberá ser entregado en medios digitales junto con el informe final.

El consultor deberá elaborar para fines de difusión, un resumen del proyecto en idioma inglés, el que deberá ser entregado junto con el informe final.

5. Resultados Esperados

El consultor deberá incluir los siguientes resultados tanto en el pre-informe final como en el informe final.

- 5.1 Identificación de las ventanas espaciales y temporales más adecuadas para desarrollar los estudios de evaluación directa para la estimación del tamaño y composición del stock de jibia.
- 5.2 Resultados del contraste entre el crucero ejecutado y la información obtenida de barcos dedicados a la pesca de jibia.
- 5.3 Estimación de la abundancia, biomasa y composición del stock de jibia en la zona de estudio. Deberá considerar la incertidumbre asociada a los indicadores estimados.
- 5.4 Conclusiones y recomendaciones emanadas del taller de difusión de resultados.
- 5.5 Resumen del proyecto en idioma inglés en el informe final para fines de difusión.

El consultor deberá entregar en medios magnéticos la siguiente información: i) documento íntegro en formato PDF y en formato de texto, compatible con MS-Word; ii) resumen ejecutivo en español e inglés en formato de texto compatible con MS-Word; iii) tablas en formato compatible con MS-Excel y figuras en formato JPG o similar. Deberá estar documentada la estructura y contenido de todos los archivos que se entreguen.

Formato para entrega de base de datos

El consultor deberá entregar el registro completo de toda la información recolectada durante el desarrollo del proyecto, debidamente validados, asegurando la trazabilidad y calidad de los datos.

Otras especificaciones que pudieran ser definidas por el FIP, serán comunicadas oportunamente al consultor que se adjudique el proyecto.

El consultor deberá entregar las bases de datos y todos los registros asociados junto con el pre-informe final, ya que será considerada por el Consejo en la evaluación y sancionamiento de dicho documento.

Presupuesto Indicativo: \$ 300.000.000 (Trecientos millones de pesos).-

10.2.4. Discusión

Las evaluaciones acústicas pueden considerarse prometedoras, aunque sólo bajo ciertas circunstancias o supuestos restrictivos. En el caso de jibia, análogamente a muchas especies de peces, el principal problema en la aplicación de técnicas acústicas para la estimación de biomasa es la identificación y falta de conocimiento de las propiedades de la fuerza de blanco (target strength, TS) de la especie objetivo. La determinación de TS es un factor fundamental para la estimación cuantitativa en calamares (Arnaya *et al.*, 1988; Arnaya *et al.*, 1989a, b, c). Sin embargo, en este mismo objetivo específico nosotros mostramos los avances realizados en este proyecto respecto de la determinación de TS tanto experimental como con registros acústicos en naves comerciales.

Entre los fundamentos del método de evaluación acústica se encuentra el hecho que el recurso se encuentra en el área muestreada, y que de existir un proceso de migración, éste debe ser tal que la abundancia estimada es proporcional a la abundancia real. En el caso de jibia este aspecto es relevante, considerando la hipótesis que los individuos de jibia pueden migrar desde y hacia el océano abierto con propósitos reproductivos. Por otro lado, en el caso de las migraciones

verticales de jibia, aquello también puede afectar resultados de la evaluación acústica debido a que la jibia tiene la capacidad de migrar rápidamente desde la capa superior del océano hasta más de 400 m de profundidad (Fig. 10.15), e incluso hasta 1.200 m de profundidad varias veces en una misma noche, como ha sido registrado en el extremo norte de Perú (Dr. William F. Gilly, University of Stanford, California, USA, comunicación personal en enero de 2015 en Concepción).

De acuerdo con los resultados presentados en el presente documento, la distribución batimétrica de los lances de pesca de jibia con pesca de arrastre de media agua no supera los 250 m de profundidad frente a las costas de la VIII Región del Biobío. Esta profundidad no presenta limitaciones para la aplicación del método de área barrida debido a que las embarcaciones industriales (PAM) tienen la capacidad de pescar hasta esa profundidad o a distintos niveles de la columna de agua. Sin embargo, en el caso de la metodología acústica la profundidad de 250 m es un inconveniente serio, en particular para la señal acústica de 120 kHz, la que se disipa más allá de 70 -100 m (Dr. William F. Gilly, University of Stanford, California, USA, comunicación personal en enero de 2015 en Concepción).

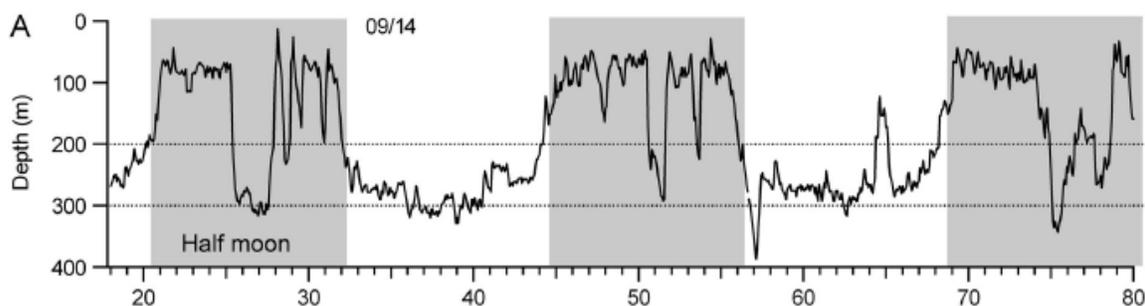


Figura 10.14 Migración vertical de jibia en Santa Rosalía, Golfo de California, México (año 2004). Fuente: Gilly *et al.* (2006). La banda gris indica la noche y la banda clara el día. El eje horizontal está en horas del experimento.

En el caso del método del área barrida, la estimación de biomasa o abundancia de cualquier especie se basa en la supuesto fundamental que la captura por unidad de esfuerzo (cpue) es una función de la densidad del stock en el área que está siendo estudiada (Alverson & Pereyra, 1969; Gavaris & Smith, 1987). Luego, en términos generales, conociendo el área barrida (bajo ciertos supuestos de la eficiencia del arte), es posible calcular la densidad media de un área determinada y luego estimar la densidad total del stock. El principal supuesto del método es que todos los individuos de la especie objetivo son vulnerables al arte de pesca (Alverson & Pereyra, 1969; Grosslein, 1969). En consecuencia, el estimador de abundancia está determinado por la forma en que se estima la densidad media y el área de distribución del recurso, a menos que esta última variable hubiese sido acotada previamente a la ejecución del estudio. Actualmente, los métodos de estimación de abundancia mediante geoestadística y softwares de mapeo facilitan la definición del área de distribución de la densidad y la densidad media (Alarcón-Muñoz, 2008).

De acuerdo a Morales-Bojórquez *et al.* (2012), el uso de datos de marcaje-recaptura puede ser un método alternativo para la estimación de la abundancia de jibia y, de esta manera, los procedimientos estadísticos adecuados podrían ser usados cuando los datos de cpue o estimados directos desde cruceros no están disponibles.

10.2.5. Referencias bibliográficas

- Arancibia, H., M. Barros, S. Neira, U. Markaida, C. Yamashiro, L. Icochea, C. Salinas, L. Cubillos, Ch. Ibáñez, R. León, M. Pedraza, E. Acuña, A. Cortés & V. Kesternich. 2007. Informe Final Proyecto FIP 2005-38. Análisis del impacto de la jibia en las pesquerías chilenas de peces demersales. Universidad de Concepción / Universidad Católica del Norte, 299 p. + Anexos.
- Alarcón-Muñoz, R., L. Cubillos & C. Gatica. 2008. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) biomass off central Chile: Effects on Chilean hake (*Merluccius gayi*). CalCOFI Reports 49: 157-166.
- Alverson, D.L. & W.T. Pereyra. 1969. Demersal fish explorations in the northeastern Pacific Ocean. An evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock size and yield forecasts. J. Fish. Res. Bd. Canada, 26: 1985-2001.
- Arnaya, I.N. & N. Sano. 1990. Studies on acoustic target strength of squid: V Effect of swimming on target strength of squid. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 41(1): 18-31.
- Arnaya, I.N., N. Sano & K. Iida. 1988. Studies on acoustic target strength of squid: Intensity and energy target strengths. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 39(3): 187-200.
- Arnaya, I.N., N. Sano & K. Iida. 1989a. Studies on acoustic target strength of squid: II Effect of behaviour on averaged dorsal aspect target strength. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 40(2): 83-99.
- Arnaya, I.N., N. Sano & K. Iida. 1989b. Studies on acoustic target strength of squid: III Measurement of the mean target strength of small live squid. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 40(2): 100-115.
- Arnaya, I.N., N. Sano & K. Iida. 1989c. Studies on acoustic target strength of squid: IV Measurement of the mean target strength of relatively large-sized live squid. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 40(3): 169-181.
- Benoit-Bird, K.J. & W.F. Gilly. 2012. Coordinated nocturnal behavior of foraging jumbo squid *Dosidicus gigas*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 455: 211-228.
- Brower, J.E., Zar, J.H., von Ende, C.N., 1998. Field and laboratory methods for general ecology. McGraw-Hill, Boston, MA, USA.
- Dalen J. 2000. Terminology in Fisheries Acoustics. FAST-ICES WG; Haarlem, 10-14 April, 2000.
- Ehrenberg J.E. 1983. A review of in situ target strength estimation techniques. FAO Fisheries Report, 300: 85-90.
- Foote, K.G. & H.P. Knudsen. 1994. Physical measurement with modern echo integrators. J. Acoust. Soc. Japan, 15: 393-395

- Gavaris, S. & S.J. Smith. 1987. Effect of allocation and stratification strategies on precision of survey abundance estimates for Atlantic cod (*Gadus morhua*) on the Eastern Scotia shelf. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.*, 7: 137-144.
- Gilly, W.F., U. Markaida, C.H. Baxter, B.A. Block, A. Boustany, L. Zeidberg, K. Reisenbichler, B. Robison, G. Bazzino, C. Salinas. 2006. Vertical and horizontal migrations by the jumbo squid *Dosidicus gigas* revealed by electronic tagging. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 324: 1-17.
- Goss, C., D. Middleton & P. Rodhouse. 2001. Investigation of squid stocks using acoustic survey methods. *Fish. Res.*, 54: 111-121.
- Grosslein, M.D. 1969. Groundfish survey program of BCF Woods Hole. *Comm. Fish. Rev.* 31(8-9): 23-30.
- Gulland, J.A. 1964. Catch per unit effort as a measure of abundance. *Rapp. Cons. Int. Explor. Mer.*, 155(1): 8-14
- Kang, D., D. Hwang, T. Mukai, K. Iida & L. Kyoungsoon. 2004. Acoustic target strength of live Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) for applying biomass estimation. *J. Kor. Fish. Soc.* 37(4): 345-353.
- Kang, D., T. Mukai, K. Iida, D. Hwang & J-G. Myoung. 2005. The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid (*Todarodes pacificus*). *ICES Journal of Marine Science*, 62: 779-789.
- MacLennan, D., & E. J. Simmonds. 1992. *Fisheries acoustics*. Chapman & Hall. First Edition. London, 325 p.
- MacLennan, D. N., P. G. Fernandes & J. Dalen. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES J. Mar. Sci.*, 59: 365-369.
- Markaida, U., J. Rosenthal & W. Gilly. 2005. Tagging studies on the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico. *Fish. Bull. (Wash. DC)* 103: 219-226.
- Morales-Bojórquez, E., A. Hernández-Herrera, M.O. Nevárez-Martínez, M.A. Cisneros-Mata & F.J. Guerrero-Escobedo. 2001. Population size and exploitation of giant squid (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. *Sci. Mar.* 65 (1): 75-80.
- Nevárez-Martínez, M.O., A. Hernández-Herrera, E. Morales-Bojórquez, A. Balmori-Ramírez, M.A. Cisneros-Mata & R. Morales-Azpeitia. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*; d'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.*, 49: 129-140.
- Ricker, W.E. 1940. Relation of "catch per unit effort" to abundance and rate of exploitation. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 5: 43-70.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistic of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191:382 p.

- Roa-Ureta, R. & E. Niklitschek. 2007. Biomass estimation from surveys with likelihood-based geostatistics. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1723-1734.
- Starr, R.M. & R.E. Thorne. 1998. Acoustic assessment of squid stocks. In P.G. Rodhouse, E.G. Dawe & R.K. O'Dor (eds). *Squid recruitment dynamics. The genus *Illex* as a model. The commercial *Illex* species. Influences on variability*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 376. Rome, FAO. 1998, 273 p.
- Starr, R.M. 1985. Hydroacoustic estimates of squid (*Loligo opalescens*) abundance off Oregon in 1985. Oregon Department of Fish and Wildlife. Fishing Division. Information Reports N° 85-9, 39 p.
- Xinjun, C., C. Yong, T. Siquan, L. Bilin & Q. Weiguo. 2008. An assessment of the west winter-spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwest Pacific Ocean. *Fish. Res.*, 92: 221-230.

11. Conclusiones Generales

Objetivo Específico 1

Sección 1

- En 2014 la pesquería industrial de jibia frente a las costas de Chile centro-sur ocurrió durante todo el año en una zona restringida entre 36°05'S y 37°20'S, y desde la costa hasta 73°50'W. En la IV Región de Coquimbo la pesquería artesanal potera de jibia ocurrió principalmente desde abril/mayo hasta septiembre de 2014 dentro de las primeras 20-25 mn de la costa.
- La LDM de jibia en la VIII Región, tanto durante el período de estudio (enero-octubre de 2014, más noviembre-diciembre de 2014) como en los años previos (2011, 2012 y 2013) se ha presentado en el rango entre 36 y 102 cm, sin mayores diferencias en la estructura mensual-anual de tamaños entre hembras y machos. Al contrario, en la IV Región (mayo-junio y agosto-septiembre de 2014) la LDM de jibia ocurrió entre 55 y 98 cm.
- El análisis mensual de tamaños de jibia en las capturas permite observar la presencia en la VIII Región durante el año calendario de dos grupos (generaciones o cohortes) de jibia. La primera cohorte se presentó de enero a septiembre de 2014 con crecimiento corporal modal intermensual de 20 cm (entre 70 y 90 cm LDM); probablemente esa cohorte se hizo disponible a la pesquería desde junio de 2013. La segunda cohorte en 2014 apareció en junio con tamaños promedio menores (de 40 a 50 cm LDM) y continuó creciendo hasta fin de año. El primer grupo de jibias salió masivamente, totalmente de la pesquería en octubre de 2014. En tal caso, una generación (cohorte) de jibias permanece en la pesquería de la VIII Región desde la entrada (mayo/junio del año t) hasta la salida (septiembre/ octubre del año t+1) por alrededor de 15 a 16 meses; su salida de la pesquería ocurre con la edad aproximada de 21 a 23 meses, suponiendo que el desove se produce en noviembre/diciembre del año anterior t-1.

- En la pesquería de la IV Región en 2014 (al igual que en 2006) se observa una sola cohorte de jibia (ejemplares >75 cm LDM); la presencia de los ejemplares <75 cm LDM es marginal y puede relacionarse con la selectividad del arte de pesca

Sección 2

- Existen diferencias en el crecimiento de *D. gigas* entre sexos. En efecto, las hembras son más grandes que los machos, aunque crecen más lento ($K = 2,9 \text{ año}^{-1}$) que los machos ($K = 4,9 \text{ año}^{-1}$).
- Los parámetros de crecimiento de *D. gigas* que nosotros recomendamos usar son:
 - machos : $L_{\infty} = 75,6$ cm de LDM; $K = 4,9 \text{ año}^{-1}$; $t_0 = 0,20$ años;
 - hembras : $L_{\infty} = 90,7$ cm de LDM; $K = 2,9 \text{ año}^{-1}$; $t_0 = 0,21$ años.

Sección 3

- El espectro trófico de la jibia es diverso, con más de 20 taxa de presas. Sin embargo, las presas dominantes no son más de 3 o 4. En las muestras de estómagos de jibia de la IV Región dominan los crustáceos y en la VIII Región los mictófidios. La merluza aporta a la dieta de jibia entre 1,3% y 2,3% en peso respecto de las presas totales.
- Los valores de la tasa de evacuación gástrica son similares en el sector norte del área de estudio (Coquimbo) y en el sector centro-sur. Sin embargo, la ración diaria y la razón Q/B es superior en la VIII Región, lo que se debe a que el peso promedio del contenido estomacal de jibia en la VIII Región es más alto que en la IV Región, probablemente influenciado por el tiempo transcurrido para la digestión *post mortem*.
- El canibalismo ocurre en todo el periodo de muestreo para ambas zonas y trimestres, aunque es más alto en ejemplares grandes de jibia, alcanzando 54% del consumo total anual de alimento de jibia en la VIII Región.

Sección 4

- A través del método del inverso de la varianza de tres métodos bioanalógicos, para *D. gigas* se recomienda usar las siguientes estimaciones de mortalidad natural: $M = 3,73 \text{ año}^{-1}$ para machos y $M = 2,47 \text{ año}^{-1}$ para hembras.
- Basado en Hoenig (1983), para *D. gigas* se recomienda usar las siguientes estimaciones de mortalidad total: $Z = 7,26 \text{ año}^{-1}$ para machos y $Z = 4,28 \text{ año}^{-1}$ para hembras.

Objetivo Específico 2

- Los modelos de evaluación de jibia aplicados en el presente trabajo pueden ser utilizados en el contexto de clasificación de dato medio y, por lo tanto, sus estimaciones y PBRs no deberían ser utilizados aun para la aplicación de medidas de manejo y/o control.
- La información biológico-pesquera de jibia generada hasta ahora en Chile es ampliamente insuficiente para explorar y desarrollar modelos alternativos específicos para la evaluación del stock de jibia a nivel nacional, siendo necesario iniciar programas orientados a una evaluación robusta del stock.
- La CPUA de jibia, como índice de abundancia relativa, puede presentar limitaciones pues se le ha obtenido de cruceros (lances de pesca) destinados a merluza común como especie objetivo, no a cruceros de jibia. Esto implica la necesidad de disponer de índices de abundancia independientes de la pesquería y, a la vez, analizar la factibilidad de generar índices específicos para jibia.
- La falta de información de ejemplares maduros de jibia en aguas nacionales implicó suponer (imponer el criterio) que los ejemplares maduros tenían 12 meses de vida, lo que es un supuesto basado en conocimiento experto de los integrantes del equipo de trabajo en este proyecto con la asesoría de dos expertos internacionales (Dr. Unai Markaida de México y Dr. Alexander Arkhipkin de las Falkland Islands).
- El Máximo Rendimiento Sostenido (MRS) para el Caso 1, que presenta el mejor desempeño estadístico, fue estimado en 187 mil toneladas de jibia.

Objetivo Específico 3

- La distribución espacial de los lances de pesca anuales de jibia desde 1998 hasta 2014 muestra alta variabilidad interanual, concentrándose de 34°S (Topocalma, sector norte de la VI Región) a 39°S (al sur de Puerto Saavedra en la IX Región) en el período 1998 a 2003, aunque de 2004 a 2008 la distribución de lances de pesca positivos de jibia se expandió de 33°S (Valparaíso en la V Región) a 42°S (al sur del Canal de Chacao), para reducirse en el período de 2010 a 2014 al área entre 36°S (Cobquecura, límite norte de la VIII Región) y 39°S.
- El esfuerzo de pesca industrial más que se quintuplicó en 2013 respecto de 2012, pasando de menos de 500 horas de arrastre a poco más de 2.500 horas de arrastre totales. Los mejores rendimientos mensuales de pesca de jibia ocurren desde noviembre hasta enero.
- El rendimiento máximo sostenido (RMS) para steepness de $h = 0,7$ se alcanza al nivel de mortalidad por pesca equivalente a $F = 0,249$ trimestre⁻¹, en tanto que la biomasa desovante al nivel del rendimiento máximo equivale a 28,8% de la biomasa desovante virginal. La mortalidad por pesca de colapso ($SSB (\%) \leq 0,1$) se alcanza al nivel de $F = 0,611$ trimestre⁻¹. La tasa de mortalidad por pesca al nivel de la biomasa desovante por recluta de 40% y 20% del valor no explotado alcanza 0,16 trimestre⁻¹ y 0,32 trimestre⁻¹, respectivamente.

Objetivo Específico 4

- En la composición de tamaños predominaron los ejemplares de 60 a 90 cm LDM en el primer y segundo trimestres de cada año, lo que corresponde a ejemplares macho de 3 a 5 trimestres de edad y hembras de 5 a 6 trimestres, respectivamente.

Objetivo Específico 5

- Las hembras de *D. gigas* no exhiben actividad reproductiva en la zona de pesca de Chile centro sur, probablemente por las bajas temperaturas del hábitat.
- Se postula que *D. gigas* desova en zonas oceánicas y enfrente de todo el litoral de Perú donde la temperatura del hábitat es más favorable para el desarrollo de las paralarvas y juveniles.

Objetivo Específico 6

- Se adopta por convención como mes de nacimiento de los individuos de jibia (t_0) a noviembre de cada año. El reclutamiento de jibia a la pesquería en la zona centro-sur de Chile (t_r) se produce en invierno (julio), cuando los individuos nacidos en noviembre del año anterior ingresan a la zona de pesca con aproximadamente 6 a 8 meses de edad. La edad de reclutamiento, t_r (edad en la que los individuos se incorporan al stock o fase explotable) se superpone con la edad de primera captura, t_c (edad en la que los individuos se incorporan a la fase explotada), esto es, $t_r = t_c = 6$ a 8 meses de edad. La cohorte permanece en la pesquería unos 14 meses (julio de un año a octubre del año siguiente), abandonándola aproximadamente a los 20-22 meses de vida, esto es, $t_m = t_M$, donde t_m es la edad máxima en la fase explotada (individuos accesibles al arte de pesca) y t_M es la edad máxima en la fase explotable (individuos disponibles en la zona de pesca). La longevidad (t_{max}) de los ejemplares más viejos de jibia sería de 24 meses de edad.

Objetivo Específico 7

- La relación entre TS *ex situ* de jibia (con 38 KHz) y la longitud dorsal del manto (LDM) es lineal y su expresión es la siguiente:

$$TS_{38\text{ KHz}} = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 62,8 \quad (r^2 = 0,88; CV = 0,0945)$$

- La relación entre TS *in situ* de jibia (con 38 KHz) y la longitud dorsal del manto (LDM) es lineal y su expresión es la siguiente:

$$TS_{38 \text{ KHz}} = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 63,4 \quad (r^2 = 0,97; \text{CV} = 0,0313\%)$$

- La relación entre TS *ex situ* de jibia (con 120 KHz) y la longitud dorsal del manto (LDM) es lineal y su expresión es la siguiente:

$$TS_{120 \text{ KHz}} = 20 \log_{10} (\text{LDM}) - 73,5 \quad (r^2 = 0,84; \text{CV} = 4,03\%).$$

12. Talleres

De acuerdo con las Bases Técnicas, en el presente proyecto se realizó dos talleres, el primero al inicio del proyecto en Valparaíso para coordinar actividades con el FIP y Subsecretaría de Pesca, siendo el propósito presentar y analizar metodologías; y, el segundo taller de difusión de resultados, con la participación de científicos y técnicos relacionados con el tema, representantes del sector extractivo, profesionales involucrados en el manejo de la pesquería y representantes de la institucionalidad pública.

El taller de coordinación del proyecto con la SubPesca se realizó el 3 de abril de 2014 en dependencias de la UdeC con la presencia de los investigadores participantes del proyecto y con el sectorialista de SubPesca, don Jorge Farías a través de video conferencia; se trató temáticas de coordinación del proyecto presentado en el taller, las que fueron aprobadas por él. En el Anexo 2 se presenta el Acta del Taller y la asistencia en el Anexo 3.

El taller de difusión se coordinó con la Dirección Zonal de Pesca Región del Biobío (Anexo 4) y se realizó el 14 de enero de 2015 en el Auditorio “Jaime Baeza” de la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo (VRID) de la UdeC. Las temáticas fueron presentadas de acuerdo con el programa (Anexo 5) por los relatores (investigadores que han participado en el proyecto). Se abordó y discutió los principales resultados de este proyecto, los hallazgos científicos del recurso jibia y su pesquería, con énfasis adicional en los modelos de la historia de vida y de explotación pesquera (ver PPT en Anexo 6).

En el taller participaron las personas que aparecen en el listado de asistentes (Anexo 7). Además, se contó con la participación del experto internacional Dr. William Gilly de la Universidad de Stanford (USA), quien es uno de los especialistas más renombrados a nivel mundial en estudios biológicos y de comportamiento de jibia. El Dr. Gilly participa como consultor internacional, siendo parte del equipo de investigadores del proyecto. De la misma manera, se contó con la participación del Dr. Unai Markaida, connotado investigador en el ámbito de la biología reproductiva de jibia. Finalmente, como experto invitado se contó con la participación del Dr. Alexander Arkhipkin del Departamento de Pesquería, Falkland Islands.

Durante la estadía de los expertos extranjeros, del 12 al 16 de enero de 2015, se realizó un taller interno con la participación de todos los co-investigadores del proyecto (Anexos 8 y 9), donde se compartió experiencias y se discutió las metodologías usadas en el proyecto, y todos los resultados obtenidos en aquel.

Como taller adicional, al inicio del proyecto (enero de 2014), se realizó un taller interno para estandarizar técnicas de muestreos biológico-específicos de jibia entre los grupos de muestreadores, técnicos y profesionales de la UC Norte (IV Región) y de UdeC/INPESCA (VIII Región).

13. Plan y descripción general de actividades

13.1. Composición y organización del equipo profesional y técnico

13.1.1. Universidad de Concepción (UdeC)

Nombre	Título	Rol y Función
Hugo Arancibia	<p>Biólogo Marino</p> <p>Diplomado en Gestión por Competencias</p> <p><i>Dr. rer. nat.</i></p>	<p>Jefe proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encargado objetivo específicos 1 y participación en objetivo específico 6. • Coordinación inter-institucional, talleres y visitas expertos internacionales. • Coordinación y administración general proyecto. • Relator talleres • Responsable de informes.
Rubén Alarcón	<p>Lic. Biología</p> <p>M. Sc. Pesquerías</p>	<p>Co-investigador y Director Alterno.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de abundancia relativa, RMS y PBR's. • Participación modelo conceptual historia de vida. • Estimación TS <i>ex situ</i> e <i>in situ</i>. • Responsable objetivos específicos 3 y 7. • Relator talleres
Mónica Barros	<p>Ingeniero Pesquero,</p> <p>M.Sc. Pesquerías</p>	<p>Co-investigador.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asistente técnica del jefe de proyecto. • Coordinación actividades proyecto. • Alimentación y mantención bases datos. • Organización Talleres. • Responsable informes.
Sergio Neira	<p>Biólogo Marino</p> <p>M.Sc. Pesquerías</p> <p>Ph.D. Ecología Marina</p>	<p>Co-investigador.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Responsable objetivo específico 6. • Confección informes. • Relator talleres
Lilian Cisterna	<p>Biólogo Marino</p> <p>M.Sc. Pesquerías</p>	<p>Co-investigador.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo y lectura estatolitos. • Determinación micro-incrementos en estatolitos • Responsable sección parámetros crecimiento. • Confección informes. • Relator talleres

Nombre	Título	Rol y Función
Alejandro Yáñez	Biólogo Marino M.Sc. Pesquerías (c)	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Estimación mortalidad total y natural jibia. • Participación en confección informes.
Christian Ibáñez	Biólogo Marino Dr. Ecología	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Responsable objetivo específico 5 y parte objetivo específico 1 (madurez jibia). • Participación en confección informes.
Ana Ma. Arriagada	Biólogo Marino	Técnico 1 <ul style="list-style-type: none"> • Muestreos, montajes y lecturas estatolitos. • Análisis contenido estomacal jibia.
Danetcy Marmol	Ingeniero Pesquero	Técnico 3 <ul style="list-style-type: none"> • Muestreos, montajes y lecturas estatolitos. • Análisis contenido estomacal jibia.

13.1.2. Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA)

Nombre	Título	Rol y Función
Alexandre Gretchina	Dr. en Biología	Responsable proyecto INPESCA <ul style="list-style-type: none"> • Coordinación INPESCA. • Análisis distribución flota. • Análisis longitud-peso. • Modelo conceptual historia de vida. • Responsable crucero <i>ex situ</i> TS y obtención datos <i>in situ</i>. • Relator talleres • Elaboración informes
Claudio Gatica	Biologo Marino M.Sc. Pesquerías	Co-investigador <ul style="list-style-type: none"> • Modelo de evaluación indirecta. • Participación talleres • Elaboración informes
Aquiles Sepúlveda	M.Sc. Oceanografía	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Modelo conceptual historia de vida • Elaboración informes.
Nicolás Alegría	Biólogo Marino	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Determinación experimental de TS (<i>ex situ</i>) • Análisis ecoregistros y análisis <i>in situ</i> de TS • Participación talleres.

Nombre	Título	Rol y Función
		<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración informes.
Sebastián Vásquez	Biólogo Marino M.Sc. Pesquerías	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Modelo conceptual historia de vida • Input oceanografía.
Marcos Arteaga	Biólogo Marino M.Sc. Pesquerías	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Captura a la edad • Elaboración informes.
Sergio Núñez	Biólogo Marino M.Sc. Oceanografía	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Modelo conceptual historia de vida • Coordinación taller de discusión. • Elaboración informes.
Claudia Bruno	Biólogo Marino	Co.-investigador <ul style="list-style-type: none"> • Muestreos estómagos y análisis contenido estomacal jibia • Espectro trófico, consumo poblacional • Participación talleres • Elaboración informes
Marcia Neira	Biólogo Marino	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Muestreos y lecturas estatolitos.
Arnaldo Zúñiga	Tecnólogo Marino	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Coordinación programa seguimiento VIII Región. • Responsable obtención información biológico-pesquera y muestreos. • Participación talleres.
Pedro Carrasco	Técnico	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo a bordo • Procesamiento datos biológicos
Rubén Mena	Técnico	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo a bordo • Procesamiento contenidos estomacales
Roberto Torres	Técnico	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo a bordo • Procesamiento contenidos estomacales
Francisco Gómez	Técnico	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo a bordo
Héctor Medina	Técnico	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo a bordo

13.1.3. Universidad Católica del Norte (UCN)

Nombre	Título	Rol y Función
Enzo Acuña	Médico Veterinario M. Sc. Oceanografía	Co-investigador, encargado proyecto en Coquimbo. <ul style="list-style-type: none"> • Administración proyecto IV región. • Participación confección informes. • Responsable análisis estómagos IV Región.
Alex Cortés	Biólogo Marino	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Obtención registros captura y esfuerzo flota. • Participación muestreos tamaños jibia.
Christian Véliz	Técnico	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Participación muestreos de tamaños y bio-específicos.
Técnico 1		Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Participación muestreos de tamaños y bio-específicos.
Técnico 2		Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Participación muestreos de tamaños y bio-específicos.

13.2. Plan detallado de asignación del personal profesional y técnico

13.2.1. Total de Horas asignadas

	Nombre	Coord.	Muestreo	Proces.	Análisis	Informes	Total
UDEC	Hugo Arancibia	70	14	35	125	90	334
	Ruben Alarcón	70	35	79	90	60	334
	Mónica Barros	10	68	95	80	43	296
	Sergio Neira	0	30	43	42	33	148
	Lilian Cisterna	10	95	110	100	55	370
	Alejandro Yáñez	0	28	24	20	20	92
	Christian Ibáñez	0	49	85	91	70	295
	Ana Ma. Arriagada	0	350	0	0	0	350
	Danetcy Marmol	0	350	0	0	0	350
	Alexander Arkhipkin	0	0	0	135	65	200
	Unai Markaida	0	0	90	105	55	250
	William Gilly	0	0	100	142	50	292
Subtotal		160	1019	661	930	541	3311
INPESCA	Alexandre Gretchina	20	40	95	85	60	300
	Aquiles Sepulveda	0	20	90	115	71	296
	Claudio Gatica	0	20	94	105	48	267
	Claudia Bruno	0	80	70	77	40	267
	Marcia Neira	10	30	85	90	51	266
	Sergio Núñez	0	25	25	30	20	100
	Marcos Arteaga	0	0	25	50	25	100
	Sebastián Vásquez	0	15	25	30	24	94
	Nicolas Alegría	0	20	90	100	30	240
	Arnaldo Zúñiga	0	120	60	60	20	260
	Ruben Mena	0	150	0	0	0	150
	Pedro Carrasco	0	434	50	0	0	484
	Roberto Torres	0	376	50	0	0	426
	Francisco Gómez	0	310	50	0	0	360
	Héctor Medina	0	310	50	0	0	360
	Subtotal		30	1950	859	742	389	3970
UCN	Enzo Acuña	20	0	40	55	35	150
	Alex Cortés	20	0	60	60	40	180
	Christian Veliz	0	55	50	50	25	180
	Mauricio Fernández	0	309	0	0	0	309
	Cecilia Gatica	0	309	0	0	0	309
	Subtotal		40	673	150	165	100	1128
TOTAL		230	3642	1670	1837	1030	8409

13.2.2. Total de horas por objetivo específico.

13.2.2.1. Objetivo Específico 1

	Nombre	Coord.	Muestreo	Proces.	Análisis	Informes	Total
UDEC	Hugo Arancibia	10		20	40	25	95
	Ruben Alarcón	10	10	20	20	15	75
	Mónica Barros	10	28	25	25	10	98
	Sergio Neira		15	15	17	13	60
	Lilian Cisterna	10	65	70	52	25	222
	Alejandro Yáñez		28	24	20	20	92
	Christian Ibáñez		29	35	30	20	114
	Ana Ma. Arriagada		100				100
	Danetcy Marmol		100				100
	Alexander Arkhipkin				20	10	30
	Unai Markaida			30	40	20	90
	William Gilly			20	30	10	60
	Subtotal	40	375	259	294	168	1136
INPESCA	Alexandre Gretchina	10	20	35	20	15	100
	Aquiles Sepulveda						0
	Claudio Gatica						0
	Claudia Bruno		80	70	77	40	267
	Marcia Neira		20	50	40	21	131
	Sergio Núñez						0
	Marcos Arteaga						0
	Sebastián Vásquez						0
	Nicolas Alegría						0
	Arnaldo Zúñiga		60	30	40	10	140
	Ruben Mena		150				150
	Pedro Carrasco		434	50			484
	Roberto Torres		376	50			426
	Francisco Gómez		310	50			360
	Héctor Medina		310	50			360
Subtotal	10	1760	385	177	86	2418	
UCN	Enzo Acuña	10		15	20	10	55
	Alex Cortés	10		30	30	20	90
	Christian Veliz		25	30	20	10	85
	Mauricio Fernández		309				309
	Cecilia Gatica		309				309
	Subtotal	20	643	75	70	40	848
TOTAL	70	2778	719	541	294	4402	

13.2.2.2. Objetivo Específico 2

	Nombre	Coord.	Muestreo	Proces.	Análisis	Informes	Total
UDEC	Hugo Arancibia	10			10	10	30
	Ruben Alarcón	10		10	15	10	45
	Mónica Barros						0
	Sergio Neira						0
	Lilian Cisterna						0
	Alejandro Yáñez						0
	Christian Ibáñez						0
	Ana Ma. Arriagada						0
	Danecy Marmol						0
	Alexander Arkhipkin				20	10	30
	Unai Markaida						0
	William Gilly				20	30	10	60
Subtotal		20	0	30	75	40	165
INPESCA	Alexandre Gretchina			20	25	20	65
	Aquiles Sepulveda		20	30	35	25	110
	Claudio Gatica		20	74	80	30	204
	Claudia Bruno						0
	Marcia Neira						0
	Sergio Núñez						0
	Marcos Arteaga						0
	Sebastián Vásquez						0
	Nicolas Alegría						0
	Arnaldo Zúñiga						0
	Ruben Mena						0
	Pedro Carrasco						0
	Roberto Torres						0
	Francisco Gómez						0
	Héctor Medina						0
	Subtotal		0	40	124	140	75	379
UCN	Enzo Acuña						0
	Alex Cortés						0
	Christian Veliz						0
	Mauricio Fernández						0
	Cecilia Gatica						0
	Subtotal		0	0	0	0	0
TOTAL		20	40	154	215	115	544

13.2.2.3. Objetivo Específico 3

	Nombre	Coord.	Muestreo	Proces.	Análisis	Informes	Total
UDEC	Hugo Arancibia	10			10	10	30
	Ruben Alarcón	10	25	20	25	15	95
	Mónica Barros		20	20	10		50
	Sergio Neira						0
	Lilian Cisterna						0
	Alejandro Yáñez						0
	Christian Ibáñez						0
	Ana Ma. Arriagada		100				100
	Danetcy Marmol		100				100
	Alexander Arkhipkin				20	10	30
	Unai Markaida						0
	William Gilly			20	30	10	60
	Subtotal		20	245	60	95	45	465
INPECA	Alexandre Gretchina						0
	Aquiles Sepulveda						0
	Claudio Gatica						0
	Claudia Bruno						0
	Marcia Neira						0
	Sergio Núñez						0
	Marcos Arteaga						0
	Sebastián Vásquez						0
	Nicolas Alegría						0
	Arnaldo Zúñiga		60	30	20	10	120
	Ruben Mena						0
	Pedro Carrasco						0
	Roberto Torres						0
	Francisco Gómez						0
	Héctor Medina						0
Subtotal		0	60	30	20	10	120
UCN	Enzo Acuña	10		15	20	10	55
	Alex Cortés	10		30	30	20	90
	Christian Veliz		30	20	30	15	95
	Mauricio Fernández						0
	Cecilia Gatica						0
	Subtotal	20	30	65	80	45	240
TOTAL	40	335	155	195	100	825	

13.2.2.4. Objetivo Específico 4

	Nombre	Coord.	Muestreo	Proces.	Análisis	Informes	Total	
UDEC	Hugo Arancibia	10			20	10	40	
	Ruben Alarcón	10					10	
	Mónica Barros		10	20	15	10	55	
	Sergio Neira						0	
	Lilian Cisterna		20	25	30	15	90	
	Alejandro Yáñez						0	
	Christian Ibáñez						0	
	Ana Ma. Arriagada		100				100	
	Danecy Marmol		100				100	
	Alexander Arkhipkin				20	10	30	
	Unai Markaida				20	25	15	60
	William Gilly				20	30	10	60
	Subtotal		20	230	85	140	70	545
INPECA	Alexandre Gretchina						0	
	Aquiles Sepulveda						0	
	Claudio Gatica						0	
	Claudia Bruno						0	
	Marcia Neira	10	10	35	50	30	135	
	Sergio Núñez						0	
	Marcos Arteaga			25	50	25	100	
	Sebastián Vásquez						0	
	Nicolas Alegría						0	
	Arnaldo Zúñiga						0	
	Ruben Mena						0	
	Pedro Carrasco						0	
	Roberto Torres						0	
	Francisco Gómez						0	
Héctor Medina						0		
Subtotal		10	10	60	100	55	235	
UCN	Enzo Acuña						0	
	Alex Cortés						0	
	Christian Veliz						0	
	Mauricio Fernández						0	
	Cecilia Gatica						0	
	Subtotal		0	0	0	0	0	0
TOTAL		30	240	145	240	125	780	

13.2.2.5. Objetivo Específico 5

	Nombre	Coord.	Muestreo	Proces.	Análisis	Informes	Total
UDEC	Hugo Arancibia	10			10	10	30
	Ruben Alarcón	10					10
	Mónica Barros		10	20	15	10	55
	Sergio Neira						0
	Lilian Cisterna						0
	Alejandro Yáñez						0
	Christian Ibáñez		20	30	30	25	105
	Ana Ma. Arriagada		50				50
	Danecy Marmol		50				50
	Alexander Arkhipkin				20	10	30
	Unai Markaida			20	20	10	50
	William Gilly			20	22	10	52
	Subtotal		20	130	90	117	75	432
INPESCA	Alexandre Gretchina						0
	Aquiles Sepulveda						0
	Claudio Gatica						0
	Claudia Bruno						0
	Marcia Neira						0
	Sergio Núñez						0
	Marcos Arteaga						0
	Sebastián Vásquez						0
	Nicolas Alegría						0
	Arnaldo Zúñiga						0
	Ruben Mena						0
	Pedro Carrasco						0
	Roberto Torres						0
	Francisco Gómez						0
	Héctor Medina						0
Subtotal		0	0	0	0	0	0
UCN	Enzo Acuña						0
	Alex Cortés						0
	Christian Veliz						0
	Mauricio Fernández						0
	Cecilia Gatica						0
	Subtotal		0	0	0	0	0
TOTAL		20	130	90	117	75	432

13.2.2.6. Objetivo Específico 6

	Nombre	Coord.	Muestreo	Proces.	Análisis	Informes	Total
UDEC	Hugo Arancibia	10	14	15	25	15	79
	Ruben Alarcón	10		10	15	10	45
	Mónica Barros			10	15	13	38
	Sergio Neira		15	28	25	20	88
	Lilian Cisterna		10	15	18	15	58
	Alejandro Yáñez						0
	Christian Ibáñez			20	31	25	76
	Ana Ma. Arriagada						0
	Danetcy Marmol						0
	Alexander Arkhipkin				20	10	30
	Unai Markaida			20	20	10	50
	William Gilly						0
	Subtotal		20	39	118	169	118	464
INPECA	Alexandre Gretchina	10	20	40	40	25	135
	Aquiles Sepulveda			20	30	25	75
	Claudio Gatica			20	25	18	63
	Claudia Bruno						0
	Marcia Neira						0
	Sergio Núñez		25	25	30	20	100
	Marcos Arteaga						0
	Sebastián Vásquez		15	25	30	24	94
	Nicolas Alegría						0
	Arnaldo Zúñiga						0
	Ruben Mena						0
	Pedro Carrasco						0
	Roberto Torres						0
	Francisco Gómez						0
	Héctor Medina						0
Subtotal		10	60	130	155	112	467
UCN	Enzo Acuña			10	15	15	40
	Alex Cortés						0
	Christian Veliz						0
	Mauricio Fernández						0
	Cecilia Gatica						0
	Subtotal		0	0	10	15	15	40
TOTAL		30	99	258	339	245	971

13.2.2.7. Objetivo Específico 7

	Nombre	Coord.	Muestreo	Proces.	Análisis	Informes	Total
UDEC	Hugo Arancibia	10			10	10	30
	Ruben Alarcón	10					10
	Mónica Barros		10	20	15	10	55
	Sergio Neira						0
	Lilian Cisterna						0
	Alejandro Yáñez						0
	Christian Ibáñez		20	30	30	25	105
	Ana Ma. Arriagada		50				50
	Danecy Marmol		50				50
	Alexander Arkhipkin				20	10	30
	Unai Markaida			20	20	10	50
	William Gilly			20	22	10	52
	Subtotal		20	130	90	117	75	432
INPESCA	Alexandre Gretchina						0
	Aquiles Sepulveda						0
	Claudio Gatica						0
	Claudia Bruno						0
	Marcia Neira						0
	Sergio Núñez						0
	Marcos Arteaga						0
	Sebastián Vásquez						0
	Nicolas Alegría						0
	Arnaldo Zúñiga						0
	Ruben Mena						0
	Pedro Carrasco						0
	Roberto Torres						0
	Francisco Gómez						0
Héctor Medina						0	
Subtotal		0	0	0	0	0	0
UCN	Enzo Acuña						0
	Alex Cortés						0
	Christian Veliz						0
	Mauricio Fernández						0
	Cecilia Gatica						0
Subtotal		0	0	0	0	0	0
TOTAL		20	130	90	117	75	432

13.2.3. Participación de investigadores por objetivo específico (O.E.) y tema (incluye solo profesionales, no técnicos)

O.E.	Tema	Participante
1	Sección 1. Distribución de lances de pesca, análisis de frecuencia de tamaños, relación longitud/peso de jibia	Alexandre Gretchina Arnaldo Zúñiga Rubén Alarcón Enzo Acuña Aquiles Sepúlveda Sergio Núñez
1	Sección 2. Determinación de edad de jibia mediante lectura de incrementos de crecimiento diario en estatolitos	Lilian Cisterna Hugo Arancibia Marcia Neira Ana Ma. Arriagada Danetcy Marmol Sebastián Vásquez
1	Sección 3. Composición de la dieta y tasa de consumo de jibia	Claudia Bruno Hugo Arancibia Christian Ibáñez Mónica Barros Enzo Acuña Alex Cortés
1	Sección 4. Estimación mortalidad natural y mortalidad total de jibia	Alejandro Yáñez Mónica Barros Hugo Arancibia
2	Determinación de abundancia y biomasa del stock de jibia	Claudio Gatica Rubén Alarcón
3	Análisis de indicadores de la pesquería de jibia (captura, esfuerzo, cpue), determinación de RMS	Claudio Gatica Rubén Alarcón Hugo Arancibia Marco Arteaga
4	Descomposición de la captura a la edad de jibia y análisis de distribución de edades	Rubén Alarcón

5	Análisis de estadios de madurez de jibia en las capturas y distribución de maduros	Christian Ibáñez Ana Ma. Arriagada Danetcy Marmol
6	Modelo conceptual historia de vida del stock de jibia	Sergio Neira Hugo Arancibia Alexander Gretchina
7	Sección 1. Estimación de la fuerza de blanco (TS) ex situ e in situ	Nicolás Alegría Rubén Alarcón Alexander Gretchina
8	Sección 2. Proposición de un modelo de evaluación directa de la abundancia y biomasa de jibia	Nicolás Alegría Rubén Alarcón Alex Cortés

ANEXOS

A N E X O S

Índice de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Distribución espacial de la densidad poblacional o rendimiento de pesca (ton/h.a.) de jibia desde 1998 hasta 2014.....	1
Anexo 2. Acta Taller Técnico Proyecto FIP 2013-18:	11
Anexo 3. Asistencia Investigadores participantes del proyecto	13
Anexo 4. Invitación Taller de difusión de resultados.....	14
Anexo 5. Programa Taller de difusión de resultados	15
Anexo 6. Asistencia Taller de difusión de resultados	16
Anexo 7. Programa y presentaciones de Taller Expertos Extranjeros	90
Anexo 8. Registro Fotográfico de Talleres.....	91

Anexo 1. Distribución espacial de la densidad poblacional o rendimiento de pesca (ton/h.a.) de jibia desde 1998 hasta 2014

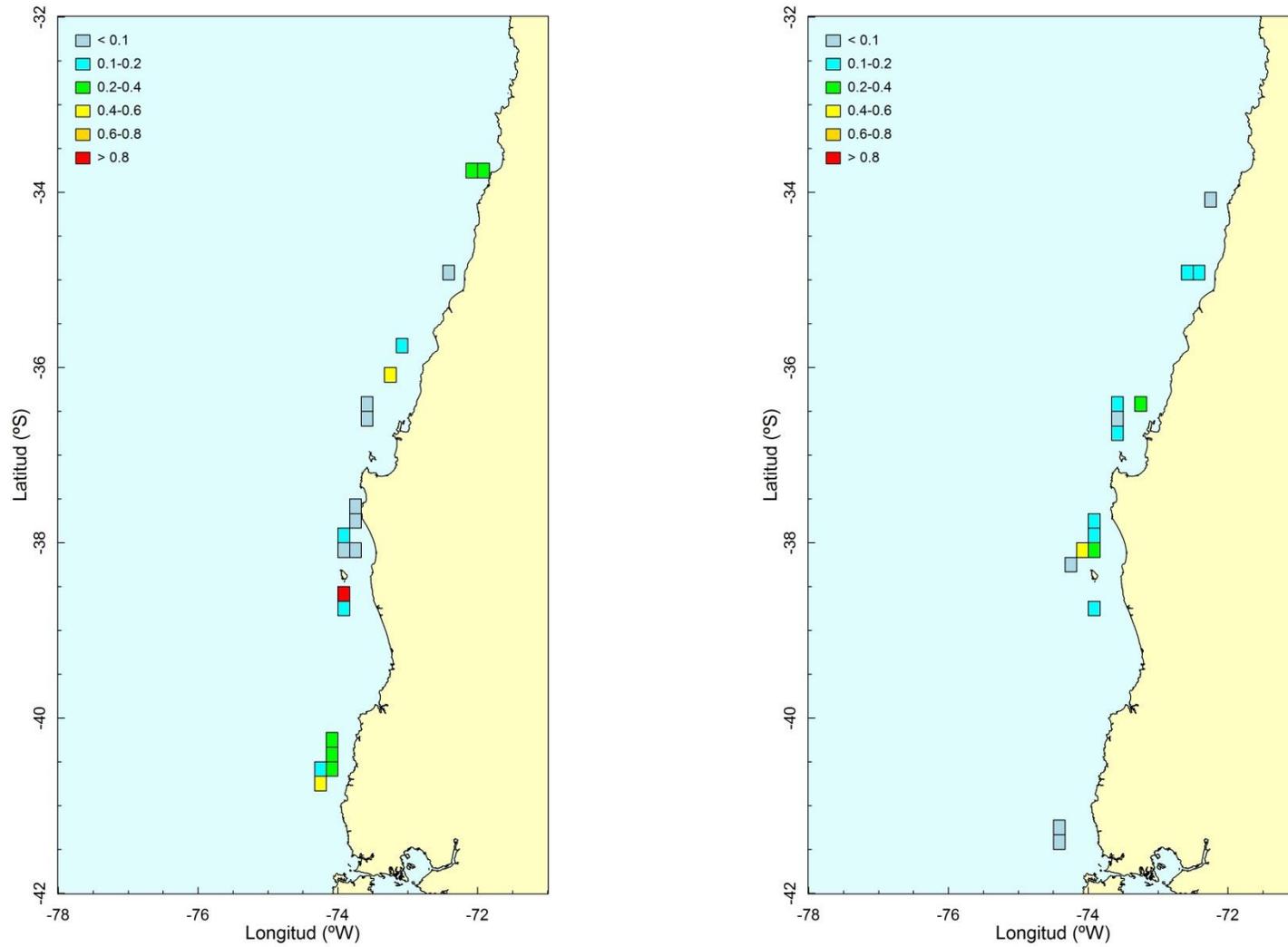


Figura A1. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/h.a.) de jibia en Chile centro-sur en 1998 y 1999.

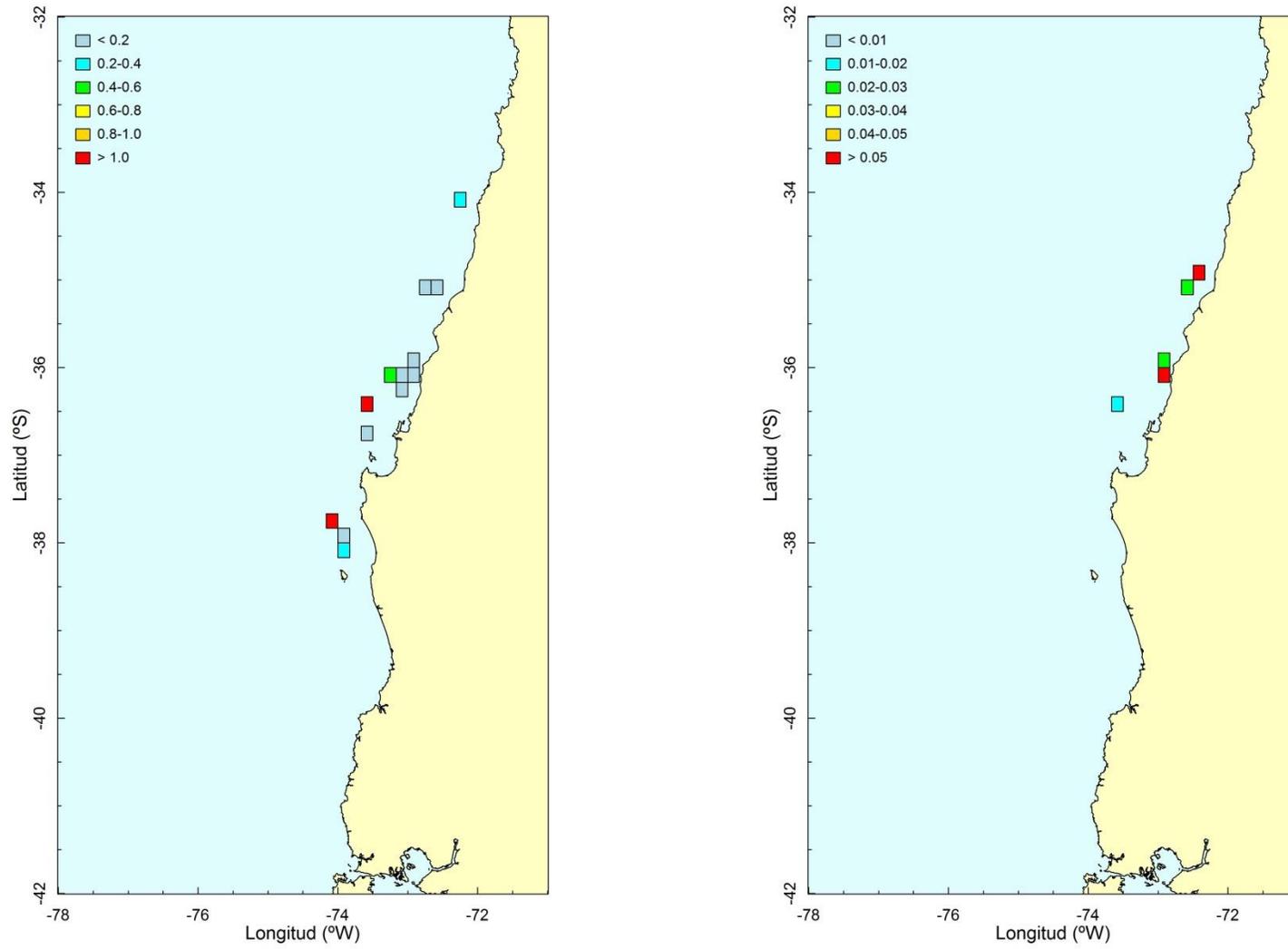


Figura A2. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/h.a.) de jibia en Chile centro-sur en 2000 y 2001.

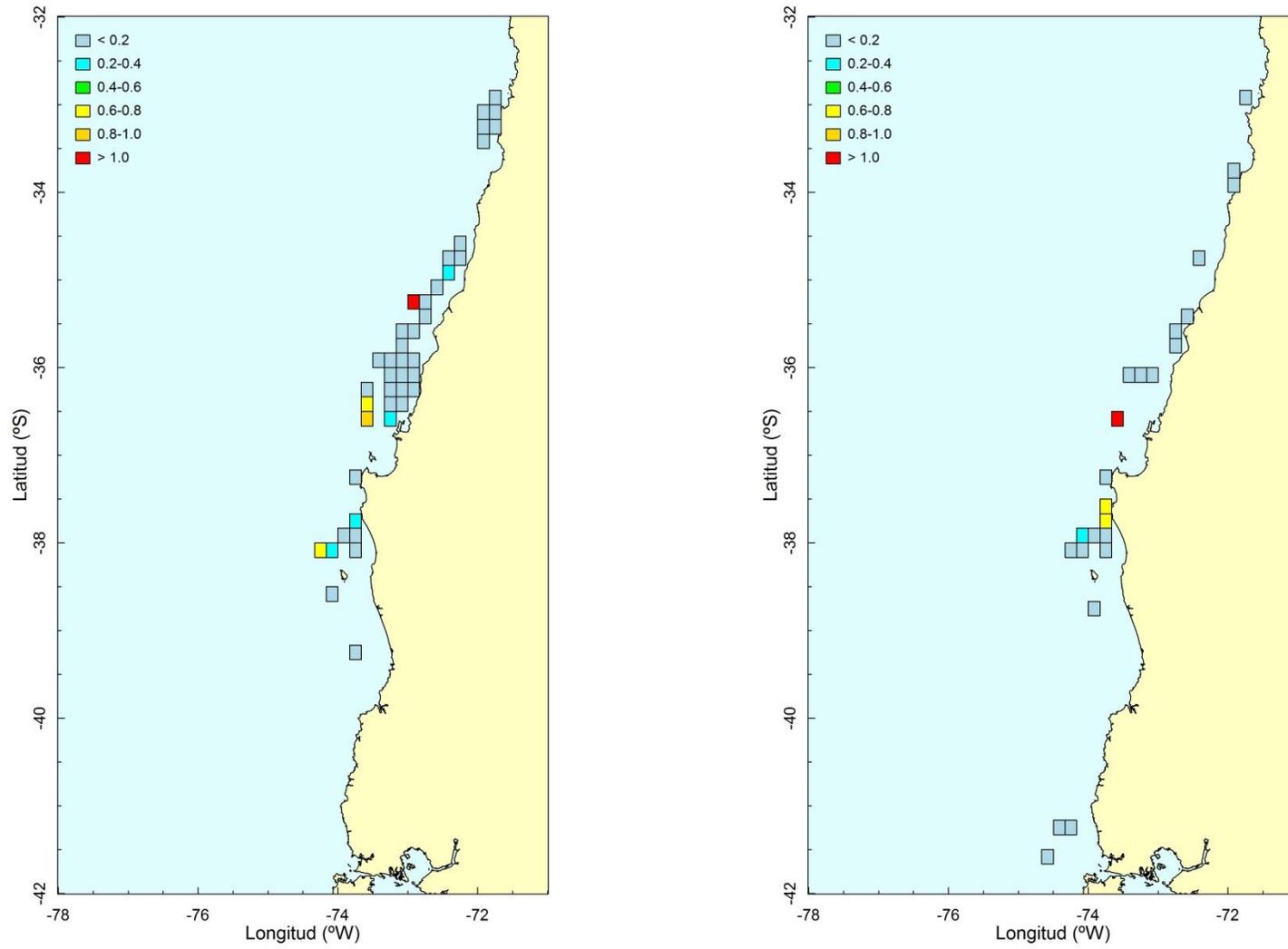


Figura A3. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/h.a.) de jibia en Chile centro-sur en 2002 y 2003.

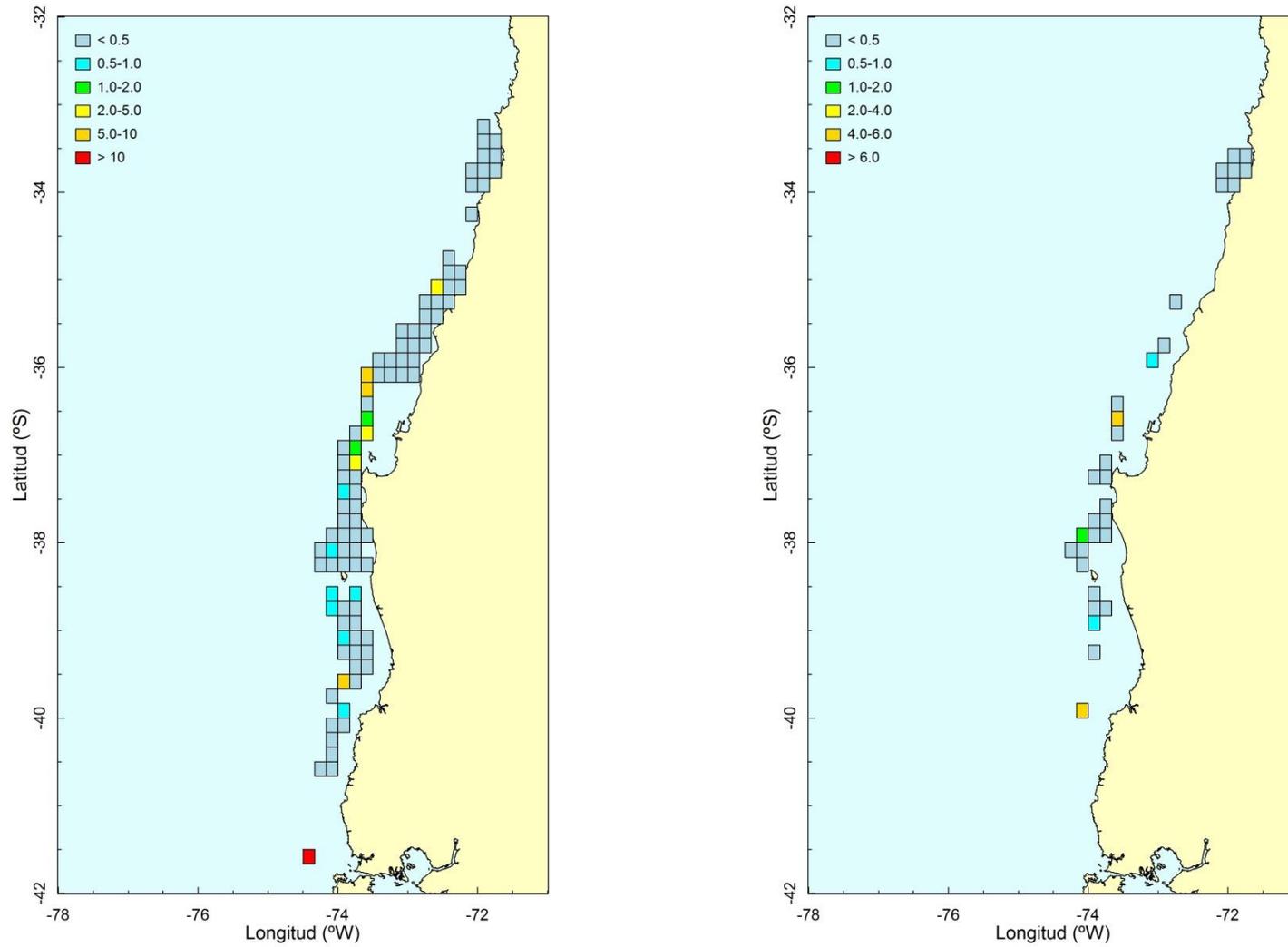


Figura A4. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/h.a.) de jibia en Chile centro-sur en 2004 y 2005.

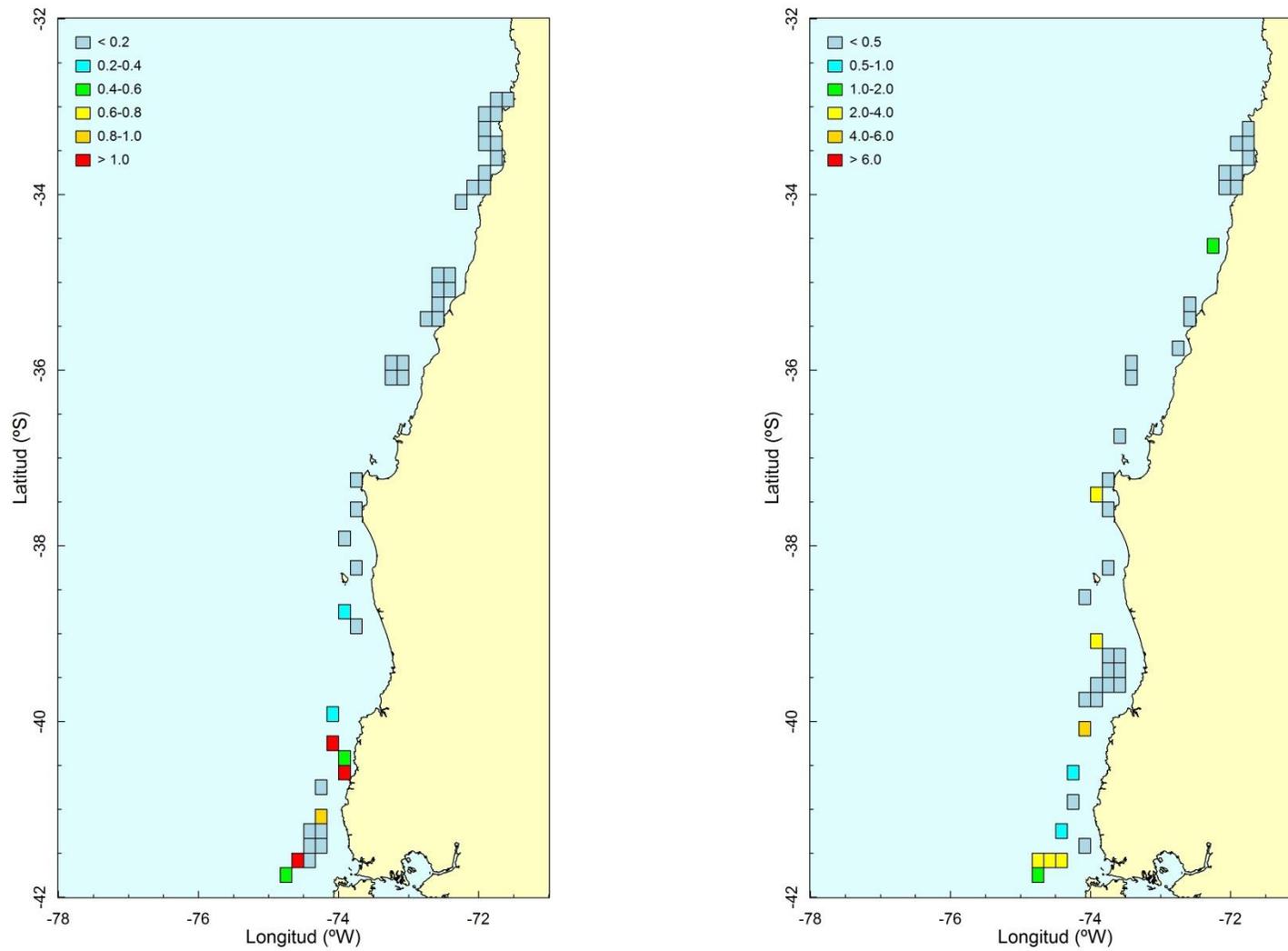


Figura A5. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/h.a.) de jibia en Chile centro-sur en 2006 y 2007.

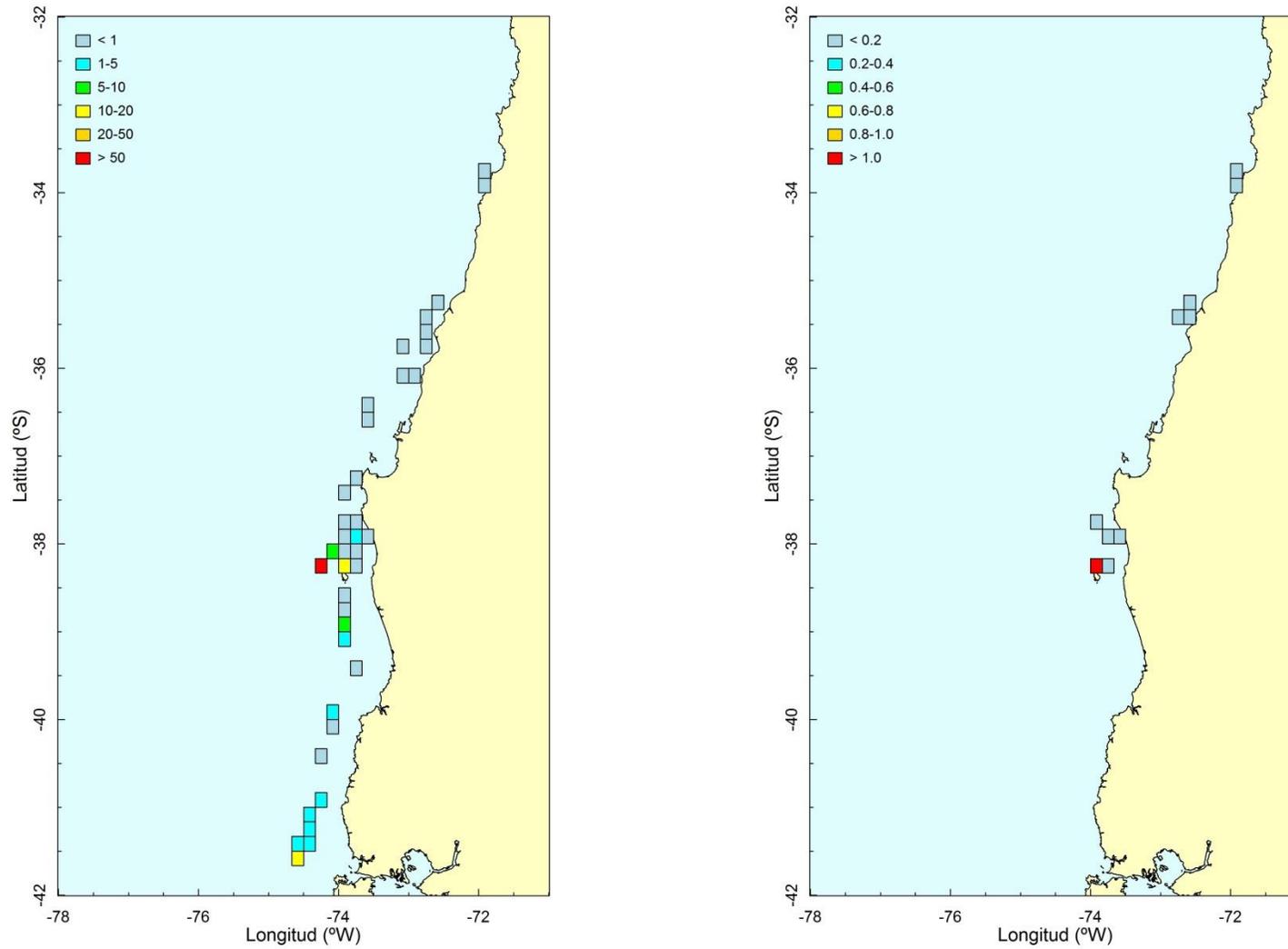


Figura A6. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/h.a.) de jibia en Chile centro-sur en 2008 y 2009.

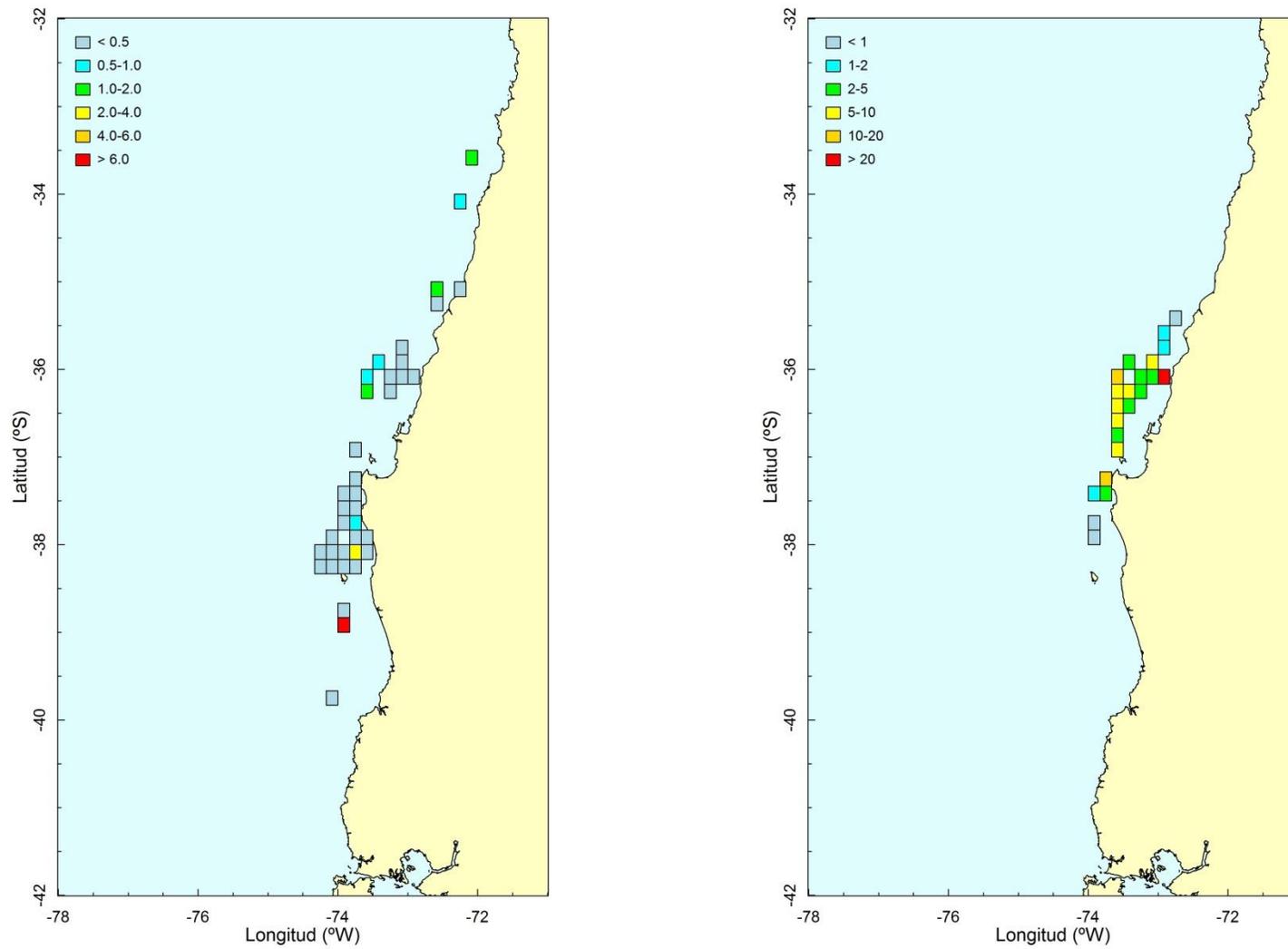


Figura A7. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/h.a.) de jibia en Chile centro-sur en 2010 y 2011.

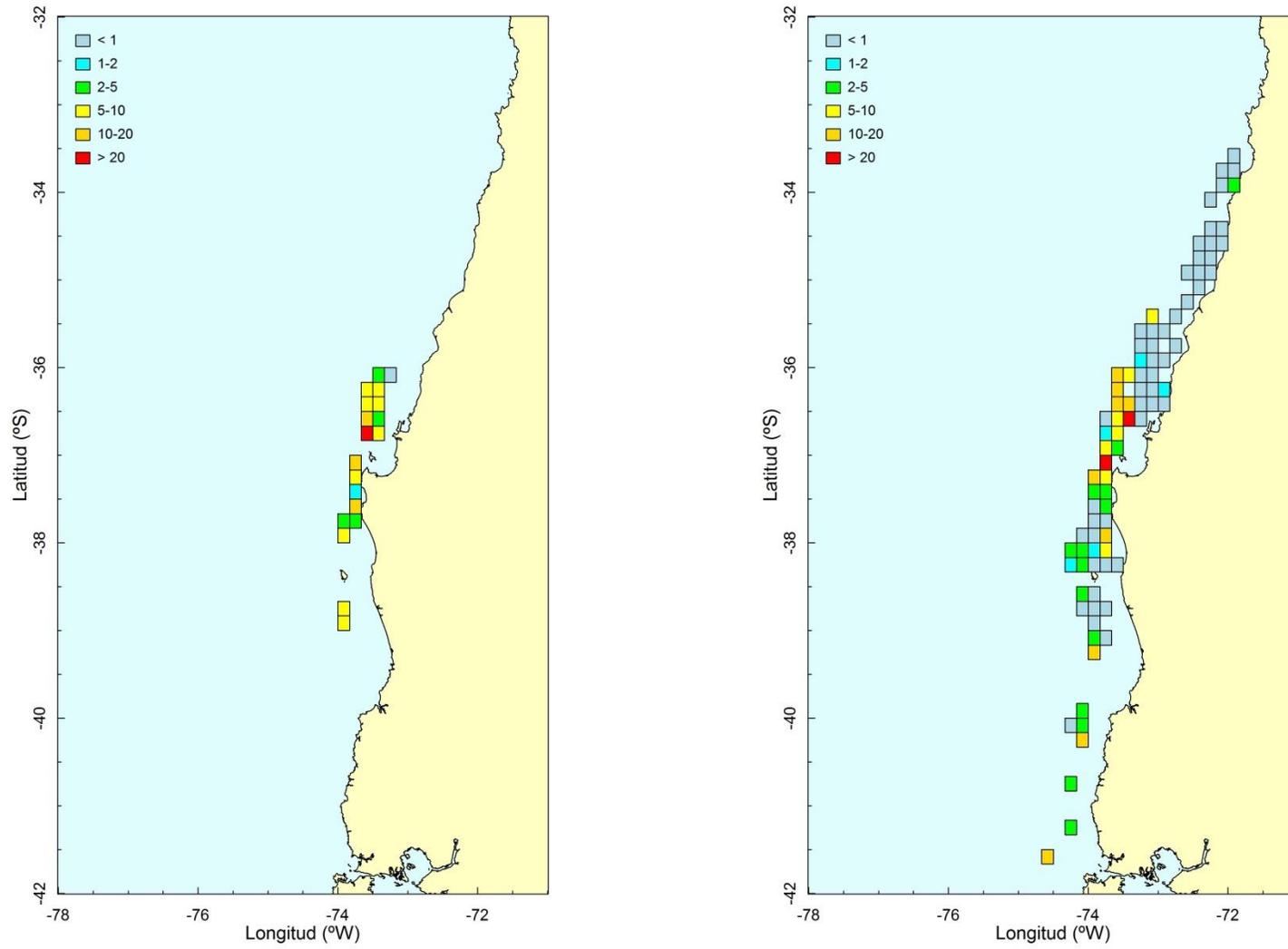


Figura A8. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/h.a.) de jibia en Chile centro-sur en 2012 y 2013.

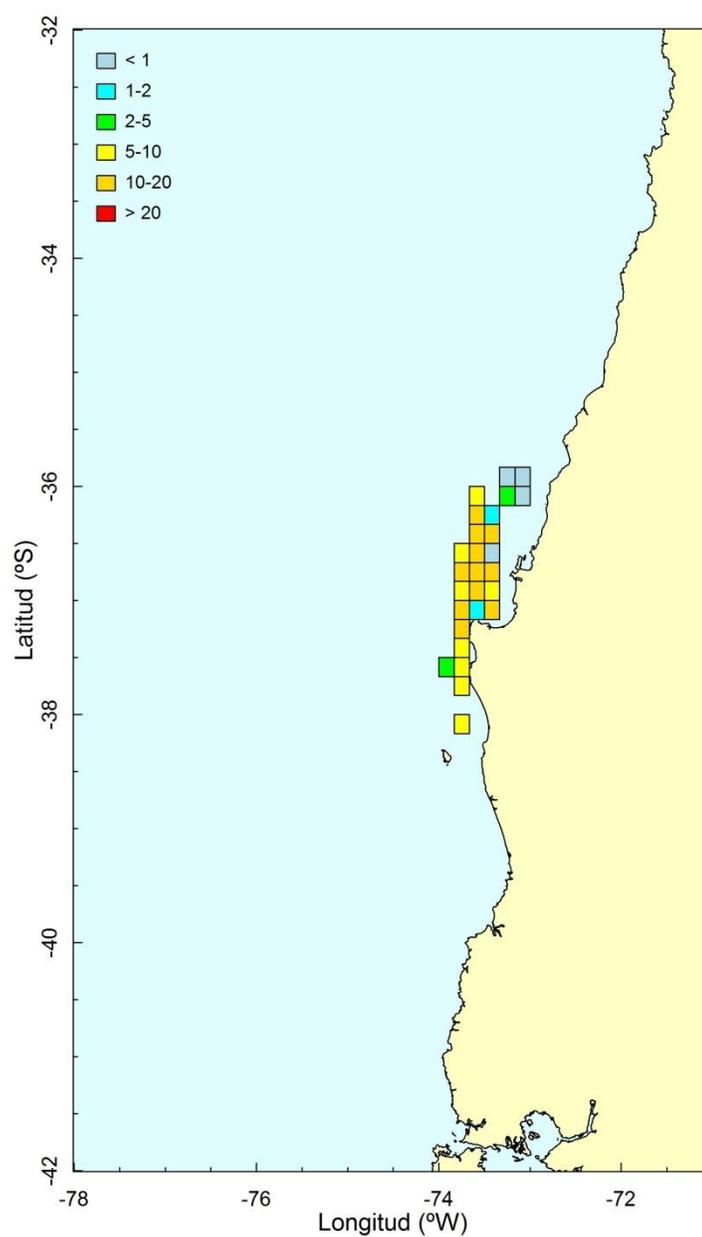


Figura A9. Distribución espacial de la densidad poblacional (ton/h.a.) de jibia en Chile centro-sur en el 2014.

Anexo 2. Acta Taller Técnico Proyecto FIP 2013-18:

“Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales”

Fecha: jueves 3 de abril de 2014

Lugar: Sala de Reuniones COPAS, Edificio Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción

Se inicia la reunión a las 09:10 horas. El propósito del taller fue compartir con el sectorialista de la Subsecretaría de Pesca (SSP), don Jorge Farías, los avances y dificultades en el desarrollo del proyecto, y cumplir, además, con una exigencia de las Bases Técnicas y de la oferta técnica en cuanto a realizar un taller a inicios del proyecto, el que comenzó oficialmente a mediados de diciembre de 2014, cuando se publica el respectivo decreto en el Diario Oficial.

El temario de taller fue el siguiente, previo registro de los asistentes:

- Contexto, objetivos y síntesis de resultados esperados (Hugo Arancibia y Alexander Gretchina)
- Muestreos de frecuencia de tamaños de jibia y muestreos biológico-específicos (Arnaldo Zúñiga)
- Muestreos y análisis de estatolitos de jibia (Lilian Cisterna y Evelyn Sanhueza)
- Muestreos y análisis de datos de madurez de jibia (Christian Ibáñez)
- Relaciones longitud-peso, distribuciones de frecuencia de longitud y matrices de datos biológicos de jibia (Rubén Alarcón)
- Discusión, conclusiones y recomendaciones del taller (Hugo Arancibia y Alexander Gretchina)

Los objetivos específicos del proyecto son:

1. Determinar parámetros de la historia de vida de la jibia tales como crecimiento en longitud y peso del modelo von Bertalanffy (L_{∞} , W_{∞} , K , t_0), madurez (talla media de madurez, ojiva de madurez, ciclo reproductivo), tasas instantáneas de mortalidad total (Z) y natural (M), composición de la dieta y tasa de consumo diario de alimento (Q), parámetros de la relación longitud-peso y otros.
2. Determinar la abundancia (total, maduros y reclutas) y biomasa (total y desovante) del stock de jibia mediante evaluación indirecta.
3. Analizar indicadores de la(s) pesquería(s) de jibia (capturas, esfuerzo de pesca, cpue) y determinar el rendimiento máximo sostenido (RMS) y punto biológico de referencia limite según la Ley General de Pesca y Acuicultura.
4. Descomponer la captura a la edad de jibia y analizar la distribución de edades sobre bases temporales adecuadas.

5. Analizar los estadios de madurez de jibia en las capturas y la distribución de maduros sobre bases temporales adecuadas (infra anual).
6. Formular un modelo conceptual de la historia de vida del stock de jibia que incluya el alineamiento de edades (t_r , t_c , t^* , t_{max} , otras) y los parámetros del stock, por un lado y, por el otro, un modelo conceptual de explotación pesquera con sustento biológico que incluya eventualmente vedas, indicando de qué tipo(s) se trata.
7. Proponer un modelo de evaluación directa de la abundancia y biomasa de jibia aplicable a futuras investigaciones, indicando el costo asociado, justificando el lugar y la época donde realizar el crucero.

Desembarques

Al 31 de marzo de 2014 se ha desembarcado 33 mil ton de jibia a nivel nacional, correspondiendo 66% a la VIII Región y 33% a la V Región. Los desembarques de la IV Región son despreciables con solo 77 ton. Esto ha traído como consecuencia desarrollar muestreos normales en la VIII Región, pero nulos en la IV Región con el presente proyecto. No ha habido –en el primer trimestre de 2014– procesos industriales en la IV Región.

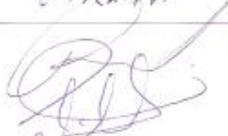
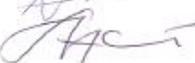
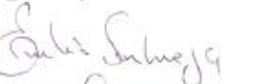
Los desembarques artesanales en la VIII Región son solo tubos por lo que no hay posibilidad de muestrear jibias de la pesca artesanal. También hay problemas de muestreos de pesca industrial porque no están dadas las condiciones logísticas. Además, la condición de la pesca implica que los ejemplares de jibia son desembarcados molidos por ser chupados con la yoma.

Las dificultades logísticas se refieren a que IFOP tiene preferencia para embarcar muestreadores en naves industriales por Decreto (10 observadores a bordo de IFOP para 5 naves; operacionalmente IFOP embarca 5 muestreadores por 15 días y luego los reemplaza), no quedando disponible habitabilidad para muestreadores de otras instituciones. Este régimen continuará todo el presente año. Sin embargo, para cumplir con el proyecto FIP 2013-18, los técnicos nuestros están muestreando en PAM BIOMAR IV, el que está operando regularmente desde febrero. Este alcance es destacado para conocimiento del señor Jorge Farías en su condición de sectorialista de SSP.

Los muestreos de frecuencia y bio-específicos en la VIII Región, a través de este proyecto, se realizan normalmente, con una leve excepción en febrero de 2014 debido a la escasa pesca. En Coquimbo solo se ha desembarcado 77 ton, no permitiendo realizar muestreos en el primer trimestre de 2014.

La CTP de jibia para 2014 es de 200 mil ton, correspondiendo 80% a la flota artesanal y 20% la flota industrial. Se acuerda solicitar la cuota de pesca de investigación de 4000 ton para este proyecto, para realizar capturas comerciales en la flota industrial en septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2014.

Anexo 3. Asistencia Investigadores participantes del proyecto

Nombre	Institución	Firma
Arnaldo Zúñiga	INPESCA	
Lilian Costarras	UdeC / Inpesca	
Alexandre Grotelire	INPESCA	
EVELIN SANHUEZA A.	INPESCA	
SEBASTIÁN NEIRA A.	UdeC	
RUBÉN ARCÓN M.	UdeC	
Mónica Barras J.	UdeC	
Hugo Araucabía	UdeC	

Sala de Reuniones COPAS - UdeC

Fecha: 3 de abril / 2014

Anexo 4. Invitación Taller de difusión de resultados



Universidad
de Concepción



Lilian Troncoso G., Directora Zonal de Pesca y Acuicultura Región del Biobío, y Hugo Arancibia F., jefe del proyecto FIP 2013-18 "Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales", saludan atentamente a usted y tienen el agrado de invitarle al Taller de Difusión de Resultados de dicho proyecto, el que se efectuará el miércoles 14 de enero de 2015 a partir de las 08:45 horas en el Auditorio "Jaime Baeza" de la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo (VRID) de la Universidad de Concepción. Se adjunta programa del taller.

Barrio Universitario, diciembre de 2015.

S.R.C.: ngonzalez@subpesca.cl, mobarros@udec.cl

Anexo 5. Programa Taller de difusión de resultados



PROGRAMA TALLER de DIFUSION Proyecto FIP 2013-18 “Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales”

Lugar: Auditorio “Jaime Baeza”, Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo (VRID),
Universidad de Concepción

Fecha : Miércoles 14 de enero de 2015

Hora : de 08:45 a 13:30 horas

PROGRAMA

Hora	Título y expositor
08:45 a 09:00	Inscripciones
09:00 a 09:10	Presentación de objetivos del proyecto (Hugo Arancibia). Implicancias de resultados del proyecto para la institucionalidad (Lilian Troncoso, Directora Zonal de Pesca Región del Biobío).
09:15 a 09:30	Edad y crecimiento de jibia mediante la técnica de micro-incrementos en los estatolitos (Lilian Cisterna)
09:35 a 09:50	Madurez sexual de jibia (Christian Ibáñez)
09:55 a 10:10	Mortalidad total y mortalidad natural de jibia (Hugo Arancibia)
10:15 a 10:30	Alimentación de jibia y consumo (Claudia Bruno)
10:35 a 10:50	Determinación de TS de jibia (Nicolás Alegria)
10:50 a 11:20	Pausa de café
11:20 a 11:35	Distribución espacial de jibia (Alexander Gretchina)
11:40 a 11:55	Dinámica de la distribución de tamaños intra- e interanual de jibia (Arnaldo Zúñiga)
12:00 a 12:15	Abundancia y biomasa de jibia mediante modelos indirectos (Claudio Gatica)
12:20 a 12:35	Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) y Puntos Biológicos de Referencia (PBR) de jibia (Rubén Alarcón)
12:40 a 12:55	Modelo conceptual de historia de vida de jibia (Sergio Neira)
13:00 a 13:15	Conclusiones del taller (Hugo Arancibia)

ANEXO 6. Presentaciones (formato PPT) de temas expuestos en el Taller de Difusión de Resultados.

Anexo 7. Asistencia Taller de difusión de resultados

Taller de Difusión de Resultados

Proyecto FIP 2013-18

“Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales”

Universidad de Concepción, enero 6 de 2015

ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	Benjamin Jara	Udec	bjara@udec.cl	
2	Danety Marmal	Udec	danety.marmal@udec.cl	
3	Humberto Solari	COZUPA V-VI-VII	hsolari@cozupa.cl	
4	Esteban Melisovich	Soc. Recursos Acuáticos	SMELISOVICH@LANDES.cl	
5	Liliana Troncoso	SUBPESCA	ltroncoso@subpesca.cl	
6	Annia Gonzalez	Sub pesca	ngonzalez@subpesca.cl	
7	Gerardo Gonzalez	Subpesca	ggonzalez@subpesca.cl	
8	Mazel Moenne	Pacifico	mazelm@pacifico.cl	
9	Aznaldo Zamora	INPESCA	aznaldoz@inpesc.cl	
10	Luis Fariña	Comp. San Pedro	delcurra@gmail.com	

Taller de Difusión de Resultados

Proyecto FIP 2013-18

“Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales”

Universidad de Concepción, enero 6 de 2015

ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	Umar Marcada	ECOSUR - Mex	umarkaida@ecosur.mx	
2	Alexander Arriaga	FIG - Falkland	arriaga@fishbase.org	
3	William Gilly	Stanford Univ.	wgilly@stanford.edu	
4	Karen Belmer S.	IPOP	karen.belmer@ipop.cl	
5	Rosa Martínez B.	Frustr	Rmartinez@frustra.cl	
6	Alex Carrillo B.	Consejo Nacional Pesca V-VII	acarrilloboezam@gmail.com	
7	JAMMEVERA M.	Frustr	JVERA@frustra.cl	
8	IRABE ROSAS	Frustr	IRASAS@frustra.cl	
9	Patricio Galvez	IPOP	patricio.galvez@ipop.cl	
10	Claudia Bruno	INPESCA	cbruno@inpesc.cl	

Taller de Difusión de Resultados

Proyecto FIP 2013-18

"Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales"

Universidad de Concepción, enero 6 de 2015

ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	Libardo Gómez	Respuera Enmar S.A.	ngomez@fioser.cl	
2	Ramón Muñoz	Respuera Enmar S.A.	vmunoz@lunoes.cl	
3	Daniel Córdova	Marfood	dcordova@marfood.cl	
4	Luis MORALES F.	TESTRACH.	luis.morales.f@Gmail.com	
5	Alexander Grotelina	IMPESCA	agrotelina@impesca.cl	
6	Alfredo Jiménez	PYMES A.G.	alfredo@PYMES.COM	
7	Enrique González	PYMES A.G.	egonzalez@GALAICO CL	
8	Cristian Castro	Pap Zuluza Comercial S.A.	ccastro@impesca.cl	
9	Ana Areizaga	UDEC	anaareizaga@udec.cl	
10	Esteban Jorjic	Pyke Pat.	esjorjic@jalisco.cl	

Taller de Difusión de Resultados

Proyecto FIP 2013-18

"Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales"

Universidad de Concepción, enero 6 de 2015

ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	Xilicob, Alejandra	IMPESCA	xilicob.alejandra@gmail.com	
2	Carolina Alarcón	UDEC	calarcon@gmail.com	
3	Luis Cubillos	UDEC	lucubillos@udec.cl	
4	Reinundo Pellegrin	ORFZ ON	rei.munib.pellegrin@orizon.cl	
5	SERGIO MORA	IFOP	sergio.mora@ifop.cl	
6	RUBEN ALARCÓN	UDEC	RUBEN.ALARCON.MUNOZ@gmail.com	
7	AQUILES SEPULVEDA	IMPESCA	asepulveda@impesca.cl	
8	MÓNICA BARRIOS J.	UDEC	mobarros@udec.cl	
9	Eliza Acaña S.	UCN	eaana@ucn.cl	
10	Lilian Cisterna	IMPESCA	lcisterna@impesca.cl	

Taller de Difusión de Resultados

Proyecto FIP 2013-18

“Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales”

Universidad de Concepción, enero 6 de 2015

ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	<i>Claudia B. Silva P.</i>	<i>Impresa</i>	<i>claudia@impresora.com</i>	
2	<i>Sebastián A. Silva A.</i>	<i>UdeC</i>	<i>sebastian@udec.cl</i>	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Anexo 8. Programa y presentaciones de Taller Expertos Extranjeros



Universidad de Concepción



PROGRAM and LECTURERS - (from January 12nd (Monday) to 16th (Friday), 2015 Room IB-105, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Monday 12	Tuesday 13	Wednesday 14	Thursday 15	Friday 16
09:00 – 10:00hrs. Tagging studies of jumbo squid: migrations and habitat use in relation to OMZ (Dr. W. Gilly) 10:00 – 11:00 hrs. Growth-registered structures and life cycle of <i>Dosidicus gigas</i> (Dr. A. Arkhipkin) 11:00 – 11:30 hrs Pausa de café 11:30 – 12:30 hrs Mesa redonda	09:00 – 10:00 hrs. Impact of El Niño on jumbo squid (<i>Dosidicus gigas</i>) life history and fishery in the Gulf of California (Dr. W. Gilly) 10:00 – 11:00 hrs. Fishery resources & management of two squid species in the Patagonian Shelf (Dr. A. Arkhipkin) 11:00 – 11:30 hrs Pausa de café 11:30 – 12:30 hrs Mesa redonda	08:45 – 13:30 hrs. Workshop FIP 2013-18 (ver programa). Auditorio "Jaime Baeza", Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo (VRID)	09:00 – 11:00 hrs. Working Groups (rooms IB-105 and IB-123) <ul style="list-style-type: none"> • Growth • Feeding • Maturity • TS 11:00 – 11:30 hrs Pausa de café 11:30 – 12:30 hrs • Reports	09:00 – 11:00 hrs. Working Groups (rooms IB-105 and IB-123) <ul style="list-style-type: none"> • Fishing indicators • Dynamic Models • Stock assessment • Life history of jumbo squid 11:00 – 11:30 hrs Pausa de café 11:30 – 12:30 hrs • Reports
Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch
15:00 – 16:00 hrs Determinación de la madurez en la jibia <i>Dosidicus gigas</i> (Dr. U. Markaida) 16:00 – 17:00 hrs Alimentación en la jibia <i>Dosidicus gigas</i> (Dr. U. Markaida) 17:00 – 17:30 hrs Pausa de café 17:30 – 18:30 hrs Mesa redonda	15:00 – 16:00 hrs Pesquerías de cefalópodos en México (Dr. U. Markaida) 16:00 – 17:00 hrs Nektonic squid as biological pumps linking marine ecosystems (Dr. A. Arkhipkin) 17:00 – 17:30 hrs Pausa de café 17:30 – 18:30 hrs Mesa redonda	15:00 – 18:00 hrs Revisión de resultados del proyecto (todos los co-investigadores y expertos)	15:00 – 18:00 hrs Time for discussions (growth, feeding, maturity and TS) (rooms IB-105 and IB-123)	15:00 – 18:00 hrs Time for discussions (fishing indicators, dynamic models, stock asses., life history) (rooms IB-105 and IB-123)

Por el desarrollo libre del espíritu
 Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Departamento de Oceanografía, P.O. Box (56-41) 2205316 y 2663008 Fax: (56-41) 2205400
 Casilla 160-C, Concepción-Chile email: unitep@udec.cl http://www.unitep.cl

Anexo 9. Registro Fotográfico de Talleres



Foto 1. Taller con Expertos. Grupo de Co-Investigadores participantes del Proyecto.

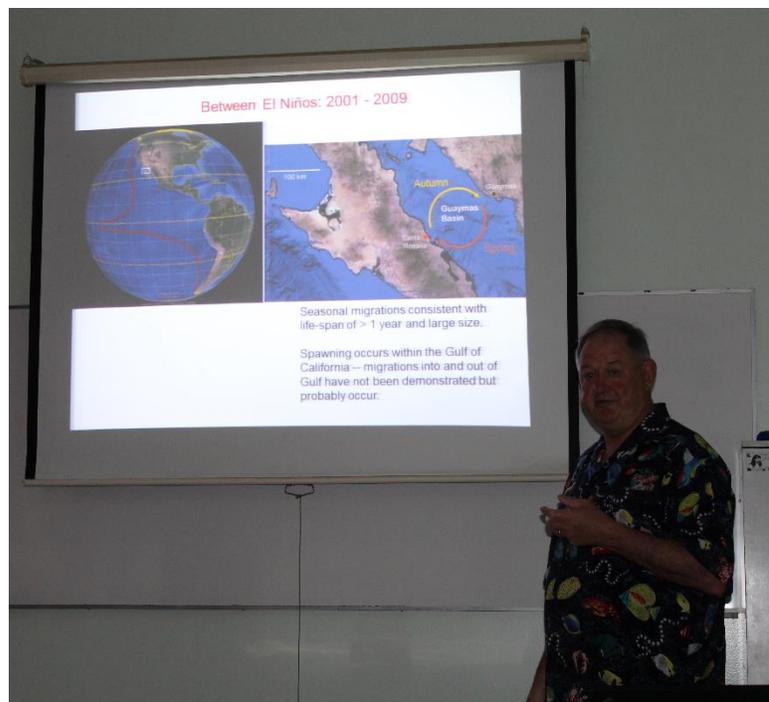


Foto 2. Dr. William Gilly. Hopkins Marine Station, Stanford University.



Foto 3. Dr. Alexander Arkhipkin Fisheries, Department Falkland Islands Government Stanley.

Fotos. Taller Expertos en Universidad de Concepción



Foto 2. Sra. Lilian Troncoso. Directora Zonal de Pesca Región Biobío; Taller Difusión Resultados.



Foto 3. Dr. Hugo Arancibia F. Jefe Proyecto. Taller Difusión Resultados



Foto 4. Drs. William Gilly, Unai Markaida y Alexander Arkhipkin. Taller Difusión Resultados.



Foto 5. Alexandre Gretchina



Foto 6. Claudio Gatica



Foto 7. Lilian Cisterna



Foto 8. Claudia Bruno

Fotos. Co-Investigadores expositores en Taller Difusión de Resultados.



Foto 9. Ruben Alarcon



Foto 10. Nicolás Alegría

Fotos. Co-Investigadores expositores en Taller Difusión de Resultados.



Foto 11. Dr. Unai Markaida. ECOSUR, Campeche. Fuente: Inpesca.

