



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

# **INFORME FINAL**

**PROYECTO FIPA 2015-20**

**ACTUALIZACION DE PARÁMETROS DE HISTORIA  
DE VIDA DE REINETA (*Brama australis*)  
EN AGUAS NACIONALES**

REQUIRENTE : Fondo de Investigación Pesquera y de  
Acuicultura

OFERENTE : Universidad de Concepción

Concepción, octubre de 2017

**TITULO DEL PROYECTO : FIPA 2015-20**  
**“ACTUALIZACION DE PARÁMETROS DE**  
**HISTORIA DE VIDA DE REINETA (*Brama***  
***australis*) EN AGUAS NACIONALES”**

**REQUIRENTE : Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura**

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

**DIRECTOR PROYECTO : Prof. Dr. Hugo Arancibia**

---

Este documento debe ser citado como:

Arancibia, H., R. Alarcón, M. Barros, S. Neira, L. Cisterna, S. López, C. Sagua, J. F. Gavilán y P. San Martín. 2017. Informe Final. Proyecto FIP N° 2015-20 “Actualización de parámetros de historia de vida de reineta (*Brama australis*) en aguas nacionales”. Universidad de Concepción, 249 p. + anexos.

## TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
<b>UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN</b> .....	<b>i</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS</b> .....	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xix</b>
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	<b>xx</b>
<b>Executive Abstract</b> .....	<b>xxv</b>
<b>1. PRESENTACION</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b> .....	<b>2</b>
<b>3. Objetivos</b> .....	<b>8</b>
3.1. Objetivo General.....	8
3.2. Objetivo Específicos.....	8
<b>4. Metodología</b> .....	<b>10</b>
4.1. Consideraciones sobre el muestreo .....	10
4.2. Objetivo Específico 1 .....	15
4.2.1. Resumen .....	15
4.2.2. Revisión bibliográfica .....	15
4.2.2. Consultas a científicos extranjeros – Construcción de mapa de presencia de reineta .....	21
4.2.3. Revisión de proyectos FIP y MINECOM .....	23
4.2.3.1. Meta-análisis de variables bio-pesqueras de reineta .....	24
4.2.3.2. Meta-análisis de parámetros de crecimiento de reineta .....	29
4.2.3.3. Aspectos reproductivos de reineta en Chile .....	32
4.2.3.4. Mortalidades natural ( $M$ ; año <sup>-1</sup> ) y total ( $Z$ ; año <sup>-1</sup> ) de reineta .....	33
4.2.3.5. Reineta como bycatch en cruceros de merluzas .....	33
4.2.4. Discusión .....	36
4.2.5. Conclusiones .....	38
4.2.5. Referencias Bibliográficas .....	39

4.3. Objetivo Específico 2 .....	41
4.3.1. Resumen .....	41
4.3.2. Metodología de trabajo.....	41
4.3.2.1. Fuentes de información .....	41
4.3.2.2. Análisis espacio-temporal del esfuerzo y rendimiento de pesca.....	42
4.3.2.3. Distribución espacial de la densidad poblacional .....	43
4.3.2.4. Composición de tamaño de la captura .....	44
4.3.2.5. Relación talla-peso .....	47
4.3.3. Resultados .....	49
4.3.3.1. Fuentes de información disponibles.....	49
4.3.3.2. Análisis espacio-temporal del esfuerzo y rendimiento de pesca.....	50
4.3.3.3. Composición de tamaños en las capturas.....	62
4.3.4. Conclusiones .....	70
4.3.5. Referencias bibliográficas .....	71
4.4. Objetivo Específico 3 .....	72
4.4.1. Edad y crecimiento.....	72
4.4.1.1. Resumen.....	72
4.4.1.2. Introducción .....	72
4.4.1.3. Metodología de trabajo .....	73
4.4.1.3.1. Muestras Biológicas.....	73
4.4.1.3.2. Obtención de los otolitos.....	74
4.4.1.3.3. Lectura de anillos anuales en los otolitos.....	74
4.4.1.3.4. Medición de anillos en los otolitos <i>sagittae</i> .....	76
4.4.1.3.5. Análisis de microincrementos de crecimiento en otolitos <i>sagittae</i> seccionados .....	76
4.4.1.4. Resultados .....	78
4.4.1.4.1. Lectura de anillos anuales en otolitos <i>sagittae</i> .....	78
4.4.1.4.2. Estimación de parámetros de crecimiento en longitud de <i>B.</i> <i>australis</i> .....	78
4.4.1.4.3. Estimación de parámetros de crecimiento en longitud de <i>B.</i> <i>australis</i> .....	79

4.4.1.5.	Discusión.....	80
4.4.1.6.	Conclusiones .....	82
4.4.1.7.	Referencias Bibliográficas .....	83
4.4.2.	Mortalidad natural y mortalidad total.....	84
4.4.2.1.	Resumen .....	84
4.4.2.2.	Introducción .....	84
4.4.2.3.	Metodología de trabajo .....	85
4.4.2.3.1.	Mortalidad natural (M).....	85
4.4.2.3.2.	Precisión de la estimación de M.....	88
4.4.2.3.3.	Mortalidad total (Z).....	89
4.4.2.4.	Resultados .....	91
4.4.2.4.1.	Mortalidad Natural .....	91
4.4.2.4.2.	Mortalidad Total (Z) .....	95
4.4.2.5.	Discusión.....	95
4.4.2.6.	Conclusiones .....	99
4.4.2.7.	Referencias bibliográficas.....	100
4.5.	Objetivo Específico 4 .....	102
4.5.1.	Resumen .....	102
4.5.2.	Metodología de trabajo.....	103
4.5.2.1.	Estrategia muestral .....	103
4.5.2.2.	Análisis espacio-temporal del esfuerzo y rendimiento de pesca.....	103
4.5.2.3.	Distribución espacial de la captura y densidad poblacional.....	103
4.5.2.4.	Composición de tamaños en las capturas mensuales .....	104
4.5.2.4.1.	Tamaño mínimo de muestra de la estructura de tallas .....	104
4.5.2.4.2.	Composición de tallas en las capturas.....	105
4.5.2.4.3.	Relación talla-peso .....	105
4.5.3.	Resultados .....	106
4.5.3.1.	Desembarques mensuales.....	106
4.5.3.2.	Análisis espacio-temporal de las capturas, esfuerzo y rendimiento de pesca .....	106
4.5.3.3.	Distribución espacial de la captura y densidad poblacional.....	109

4.5.3.4.	Tamaño mínimo de muestra de la estructura de tallas .....	114
4.5.3.5.	Muestreos biológicos y de tamaños .....	114
4.5.3.6.	Longitud y peso medio de los desembarques.....	116
4.5.3.7.	Composición de tamaños de los desembarques .....	121
4.5.3.8.	Composición de tamaños de los desembarques .....	129
4.5.4.	Conclusiones .....	131
4.5.5.	Referencias Bibliográficas .....	131
4.6.	Objetivo Específico 5 .....	132
4.6.1.	Resumen .....	132
4.6.2.	Introducción .....	133
4.6.3.	Metodología de trabajo.....	134
4.6.3.1.	Generalidades .....	134
4.6.3.2.	Muestreo mensual para índice gónado-somático (IGS).....	134
4.6.3.3.	Muestreo mensual de ovarios para análisis microscópicos.....	135
4.6.3.4.	Índices Fisiológicos/Reproductivos .....	136
4.6.3.5.	Proporción sexual.....	137
4.6.3.6.	Talla media de madurez sexual .....	137
4.6.3.7.	Ajuste de modelo logístico mediante máxima verosimilitud.....	138
4.6.3.8.	Estimación de la fecundidad .....	140
4.6.4.	Resultados .....	141
4.6.4.1.	Índices fisiológico-reproductivos.....	141
4.6.4.2.	Análisis histológico.....	148
4.6.4.2.1.	Descripción de estados de desarrollo oocitario en ovarios de reineta.....	148
4.6.4.2.2.	Análisis histológico de la madurez de hembras de reineta .....	151
4.6.4.3.	Talla media de madurez sexual .....	156
4.6.4.4.	Estimación de la fecundidad .....	157
4.6.5.	Discusión .....	162
4.6.6.	Conclusiones .....	163
4.6.7.	Referencias Bibliográficas .....	164
4.7.	Objetivo Específico 6 .....	165

4.7.1.	Resumen .....	165
4.7.2.	Introducción .....	165
4.7.3.	Metodología de trabajo.....	168
4.7.3.1.	Isótopos estables .....	170
4.7.3.2.	Tasa de evacuación gástrica y ración diaria de alimento .....	174
4.7.4.	Resultados .....	175
4.7.4.1.	Estómagos analizados .....	175
4.7.4.2.	Alimentación general .....	177
4.7.4.3.	Alimentación por tamaños .....	177
4.7.4.5.	Alimentación por zona .....	181
4.7.4.6.	Alimentación periodo de tiempo.....	184
4.7.4.7.	Análisis de isotopos .....	186
4.7.4.8.	Estimación del aporte energético de reinetas .....	189
4.7.4.9.	Consumo de alimento a través de métodos indirectos a través de contenido estomacal .....	189
4.7.5.	Discusión .....	199
4.7.6.	Conclusiones .....	201
4.7.7.	Referencias Bibliográficas .....	202
4.8.	Objetivo Específico 7 .....	208
4.8.1.	Resumen .....	208
4.8.2.	Distribución de <i>B. australis</i> .....	209
4.8.3.	Migraciones .....	210
4.8.4.	Alimentación .....	211
4.8.5.	Reproducción .....	211
4.8.6.	Edad y crecimiento.....	212
4.8.7.	Estructura de longitudes de reineta y actividad de la flota pesquera.....	213
4.8.8.	Síntesis de información y modelo hipotético conceptual de historia de vida.....	214
4.8.9.	Alineamiento de edades ( $t_r$ , $t_c$ , $t^*$ , $t_{max}$ ) de reineta.....	216
4.8.10.	Discusión.....	218
4.8.11.	Conclusión .....	219

4.8.11. Referencias Bibliográficas .....	221
4.9. Objetivo Específico 8 .....	223
4.9.1. Resumen .....	223
4.9.2. Antecedentes generales .....	223
4.9.3. Modelo de manejo y explotación pesquera de reineta .....	225
4.9.4. Modelo de manejo .....	231
4.9.5. Análisis de rendimiento por recluta y estimación de RMS .....	236
4.9.5. Discusión .....	241
4.9.6. Conclusión .....	242
4.9.6. Referencias Bibliográficas .....	243
<b>5. Talleres .....</b>	<b>245</b>
<b>6. Equipo de Trabajo .....</b>	<b>247</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>249</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Captura total y de intención (t) y esfuerzo de pesca (horas de arrastre; h.a.) dirigido a <i>B. australis</i> en 2013, monitoreado por IFOP en las flotas arrastreras hielera y fábrica, total nacional. Modificado de Gálvez <i>et al.</i> (2014). .....	11
Tabla 2.	Tabla de categorización de las publicaciones para especies del género <i>Brama</i> . Los colores corresponden a: rojo, aporte incompleto; amarillo, aporte regular; verde, aporte significativo. ....	18
Tabla 3.	Categorización por macro-tema de las publicaciones para especies del género <i>Brama</i> .....	21
Tabla 4.	Presencia de especies de <i>Brama</i> por región.....	22
Tabla 5.	Mortalidades natural (M) y total (Z) de <i>B. australis</i> según diversos autores en Chile presentados de norte a sur. ....	33
Tabla 6.	Número de lances de pesca con presencia de la especie en los lances de pesca de identificación en las evaluaciones acústicas de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, y las principales especies de la fauna acompañante. Período: 2004 a 2009. ....	49
Tabla 7.	Número de lances de pesca con presencia de <i>B. australis</i> en los lances de pesca de la evaluación directa de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon, y las principales especies de la fauna acompañante. Período: 1993 a 2015.....	50
Tabla 8.	Número de lances de pesca con presencia de reineta en los lances de pesca de arrastre, espinel (artesanal) y palangre (industrial). Período: 1997 a 2014. ....	51
Tabla 9.	Longitud total (cm) promedio (Prom.), desviación estándar (D.E.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de reineta entre 1997 y 2015 en la zona centro sur (ZCS) y en la zona sur-austral (ZSA).....	62
Tabla 10.	Peso total (g) promedio (Prom.), desviación estándar (D.E.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de reineta en 2005, 2009 y 2013-2015 en la zona centro sur (ZCS) y en la zona sur-austral (ZSA).....	64
Tabla 11.	Parámetros de la relación longitud total-peso de <i>B. australis</i> en 2005, 2009, 2013-2015 en la zona centro sur (ZCS) y en la zona sur-austral (ZSA).....	68
Tabla 12.	Parámetros de crecimiento en longitud del modelo von Bertalanffy estimados para machos y hembras de <i>B. australis</i> . ....	80
Tabla 13.	Parámetros de la ecuación de von Bertalanffy ( $L_{\infty}$ , K y $t_0$ ) estimados en este estudio y también por otros autores para esta misma especie y otras del género <i>Brama</i> .....	81

Tabla 14.	Parámetros de crecimiento de la ecuación von Bertalanffy para reineta tomado de literatura y estimados en este proyecto. ....	92
Tabla 15.	Parámetros de crecimiento de <i>B. australis</i> utilizados en la estimación de M y Z, tomados de Paul <i>et al.</i> (2004) para machos y hembras, y de Oyarzún <i>et al.</i> (2013) para sexos combinados. Nota: T <sub>max</sub> = edad máxima teórica y t* = edad crítica son estimados a partir de esos parámetros; desviación estándar en paréntesis.....	93
Tabla 16.	Parámetros de crecimiento de la ecuación von Bertalanffy para <i>B. australis</i> generados en el presente estudio y utilizados en las estimaciones de M y Z. ....	93
Tabla 17.	Estimaciones promedio de mortalidad natural en reineta por sexo para cada modelo utilizando los parámetros de crecimiento reportados en referencias. ....	94
Tabla 18.	Estimaciones promedio de mortalidad natural en <i>B. australis</i> por sexo para cada modelo utilizando los parámetros de crecimiento estimados en el presente estudio. ....	94
Tabla 19.	Estimaciones de mortalidad natural (M; año <sup>-1</sup> ) en <i>B. australis</i> ponderado por el inverso de la varianza de cada modelo, por sexo, utilizando distintas estimaciones de parámetros de crecimiento; I.C. = $M_{prom} \pm 1,96n$ , donde n=1.000 iteraciones; esto es: I.C. = $M_{prom} \pm 0,062$ . ....	94
Tabla 20.	Estimaciones promedio de mortalidad total (Z, año <sup>-1</sup> ) de reineta para ambos sexos y zonas. ....	95
Tabla 21.	Tamaño de muestra para distintos niveles de CV.....	104
Tabla 22.	Desembarques (ton) de reineta de la IV a XIV Regiones por flota (artesanal e industrial) de enero a mayo de 2016. Fuente: SernaPesca.....	107
Tabla 23.	Número de viajes con pesca de <i>B. australis</i> monitoreados de enero a noviembre de 2016 por Región.....	109
Tabla 24.	Desembarque total (kg), promedio (Prom.), mínimo (Mín.) y máximo (Máx) para <i>B. australis</i> monitoreada de enero a noviembre de 2016 por Región.....	110
Tabla 25.	Número de ejemplares de <i>B. australis</i> medidos para caracterizar la composición de tamaños (muestreo de longitudes) de los desembarques de enero a noviembre de 2016 por Región.....	115
Tabla 26.	Número de ejemplares medidos (cm) y pesados (g) para caracterizar la condición biológica (muestreo biológico-específico) de <i>B. australis</i> de enero a noviembre de 2016 por Región.....	115
Tabla 27.	Longitud total promedio (cm) de <i>B. australis</i> (ambos sexos), desviación estándar, longitud mínima y máxima y tamaño de muestra de la composición de tamaños mensual por Región de enero a noviembre de 2016.....	117
Tabla 28.	Longitud total promedio (cm) de <i>B. australis</i> (ambos sexos), desviación estándar, longitud mínima y máxima y tamaño de muestra de la composición de tamaños mensual por Región, mes y sexo de enero a noviembre de 2016. ....	120

Tabla 29.	Peso total promedio (g) de reineta (ambos sexos), desviación estándar, longitud mínima y máxima y tamaño de muestra de la composición de tamaños mensual por Región de enero a noviembre de 2016. ....	123
Tabla 30.	Peso total promedio (g) de reineta, desviación estándar, peso mínimo y máximo y tamaño de muestra (n) por sexo y Región de enero a noviembre de 2016. ....	124
Tabla 31.	Parámetros de la relación longitud-peso de reineta y tamaño de muestra por Región y mes de enero a noviembre de 2016. ....	129
Tabla 32.	IGS promedio (%) mensual de reineta y desviación estándar por sexo. Tomado de Leal & Oyarzún (2003).....	134
Tabla 33.	Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (Cubillos <i>et al.</i> , 1999; adaptada de Holden & Raitt, 1975). ....	135
Tabla 34.	Proporción sexual (%) en el desembarque de reineta de enero a noviembre de 2016, por Región. Nomenclatura: M = machos; H = hembras; n = número de ejemplares totales.....	143
Tabla 35.	Escala de estados de madurez oocitaria para <i>B. australis</i> basado en análisis microscópico.....	149
Tabla 36.	Frecuencia de oocitos por estado de madurez de <i>Brama australis</i> por mes.....	152
Tabla 37.	Frecuencia de oocitos por estado de madurez de <i>Brama australis</i> por localidad.....	152
Tabla 38.	Estómagos analizados según período, zona de pesca y rango de tallas de reineta de enero a agosto de 2016.....	176
Tabla 39.	Espectro trófico general de reineta (toda el área de estudio y tiempo del estudio). Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso. ....	178
Tabla 40.	Alimentación de reineta para rango de talla I ( $\leq 39$ cm) Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.....	179
Tabla 41.	Alimentación de reineta para rango de talla II ( $\geq 40$ cm). Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.....	180
Tabla 42.	Espectro trófico de reineta por localidad de desembarque. Nomenclatura: CEF = Cefalópodos; CRU = Crustáceos; PEC = Peces. ....	181
Tabla 43.	Espectro trófico de reineta desembarcada en Talcahuano. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.....	182
Tabla 44.	Espectro trófico de reineta desembarcada en Lebu. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.....	183
Tabla 45.	Espectro trófico de reineta desembarcada en Puerto Chacabuco. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso. ....	184
Tabla 46.	Espectro trófico de reineta en el período enero-abril de 2016. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso. ....	185

Tabla 47.	Espectro trófico de reineta en el período mayo-agosto de 2016. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso. ....	186
Tabla 48.	Aporte (en porcentaje) por ítem de presa a la dieta de reineta estimado a través de la técnica de isótopos estables. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos. Promedio general corresponde al análisis sin separación por estrato. ....	187
Tabla 49.	Valores promedio de isótopos estables $\pm$ desviación estándar y nivel trófico (NT) de reineta por período, talla y localidad de desembarque. General corresponde al análisis sin separación por estrato .....	188
Tabla 50.	Consumo de alimento de reineta a través de contenidos estomacales, año 2016. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2. ....	191
Tabla 51.	Razón consumo/biomasa a nivel general de reineta, año 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días.....	191
Tabla 52.	Estimación del consumo de alimento de reineta en el primer semestre de 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2. ....	192
Tabla 53.	Razón consumo/biomasa de reineta en el primer semestre de 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica de este estrato. Q calculado solo para 180 días. ....	192
Tabla 54.	Estimación del consumo de alimento de reineta en el segundo semestre de 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2. ....	193

Tabla 55.	Razón consumo/biomasa de reineta en el segundo semestre de 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica de este estrato. Q calculado solo para 180 días. ....	193
Tabla 56.	Estimación del consumo de alimento de reineta desembarcada en Puerto Chacabuco en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2. ....	194
Tabla 57.	Razón consumo/biomasa de reineta en la zona de Puerto Chacabuco en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días. ....	194
Tabla 58.	Estimación del consumo de alimento de reineta desembarcada en Lebu en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2. ....	195
Tabla 59.	Razón consumo/biomasa de reineta en la zona de Lebu en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días. ....	195
Tabla 60.	Estimación del consumo de alimento de reineta desembarcada en Talcahuano en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2. ....	196
Tabla 61.	Razón consumo/biomasa de reineta en la zona de Talcahuano en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días. ....	196
Tabla 62.	Estimación del consumo de alimento de individuos inmaduros de reineta desembarcada en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio	

	del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.....	197
Tabla 63.	Razón consumo/biomasa de individuos inmaduros reineta en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días.....	197
Tabla 64.	Estimación del consumo de alimento de individuos maduros de reineta desembarcada en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustaceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.....	198
Tabla 65.	Razón consumo/biomasa de individuos maduros reineta en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días.....	198
Tabla 66.	Resumen de medidas administrativas que aplican la pesquería de reineta.....	228
Tabla 67.	Matriz del conocimiento actualizado del recurso reineta utilizando información de aspectos biológicos, ecológicos, pesqueros y sociales. ....	230
Tabla 68.	Brechas en el conocimiento de la pesquería de reineta en Chile e investigación necesaria para generar conocimiento que las cierre. ....	231
Tabla 69.	Tipos de modelos de manejo propuestos por Geromont & Butterworth (2015) para pesquerías data pobre. ....	235
Tabla 70.	Ejemplos de estrategias de manejo que podrían ser probados mediante simulación en un contexto de enfoque de procedimientos de manejo.....	236
Tabla 71.	Parámetros de historia de vida de <i>B. australis</i> utilizados en la estimación de RMS y mortalidad por pesca asociada ( $F_{RMS}$ ). ....	237
Tabla 72.	Parámetros de historia de vida de <i>B. australis</i> utilizados en la estimación de RMS y mortalidad por pesca asociada ( $F_{RMS}$ ). ....	238

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de una reineta ( <i>Brama australis</i> ). Fuente: www.fishbase.org.....	2
Figura 2. Desembarques anuales oficiales de reineta en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca. ....	3
Figura 3. Desembarques anuales de reineta por Región. Fuente: SernaPesca. ....	4
Figura 4. Distribución espacial de lances de pesca con capturas de reineta (A, panel izquierdo) y lances con intencionalidad o mayor proporción de reineta en la captura total (B, panel derecho). Flota industrial de arrastre de las zonas centro sur (cruces azules) y sur austral (cruces verdes), año 2013. Fuente: Gálvez <i>et al.</i> (2014). ....	12
Figura 5. Desembarque artesanal de reineta de la IV a XI Regiones, año 2013. Fuente: Anuarios Estadísticos del Servicio Nacional de Pesca. ....	12
Figura 6. Desembarque artesanal de reineta por región desde 1993 hasta 2013. Fuente: Gálvez <i>et al.</i> (2014). ....	13
Figura 7. Desembarque artesanal mensual de reineta en los puertos monitoreados por IFOP en las zonas norte y centro-sur desde 2001 hasta 2013. Fuente: Gálvez <i>et al.</i> (2014). ....	14
Figura 8. Distribución a nivel mundial del género <i>Brama</i> . Fuente: <a href="https://www.google.cl/intl/es/earth">https://www.google.cl/intl/es/earth</a> modificado. Puntos amarillos indican la presencia del género <i>Brama</i> .....	22
Figura 9. Desembarque total anual oficial de reineta en Chile, Período: 2004 – 2014. Fuente: SernaPesca. ....	24
Figura 10. Esfuerzo mensual (número de viajes) de la flota en la IV Región aplicado a la pesca de reineta. Período: diciembre 1996 a noviembre 1997. Tomado de Acuña <i>et al.</i> (1998). ....	25
Figura 11. Esfuerzo mensual (número de anzuelos) de la flota en la V Región aplicado a la pesca de reineta. Período: enero a septiembre 1997. Adaptado de Pavez <i>et al.</i> (1998). ....	25
Figura 12. Captura por unidad de esfuerzo promedio anual de botes (CPUE; kg/100 anzuelos) en las flotas de Valparaíso (línea continua), San Antonio (línea con puntos) y Lebu (línea discontinua). Período: 1997 a 2002. Adaptado de Pavez <i>et al.</i> (2004). ....	26
Figura 13. Captura por unidad de esfuerzo promedio anual de lanchas (CPUE; kg/100 anzuelos) en las flotas de Valparaíso (línea negra), San Antonio (puntos) y Lebu (línea discontinua). Período: 1997 a 2002. Adaptado de Pavez <i>et al.</i> (2004). ....	27

Figura 14. Moda y rango de tamaños en los desembarques mensuales de reineta de julio 1996 a septiembre 1997 en la V Región. Adaptado de Pavez <i>et al.</i> (1998). .....	28
Figura 15. Moda y rango de tamaños por sexo en los desembarques de reineta en 1996/1997 en la IV Región, en negro (Acuña <i>et al.</i> , 1998), y en la V Región, en gris (Pavez <i>et al.</i> , 1998). .....	28
Figura 16. Moda y rango de tamaños en los desembarques anuales de reineta en la V Región. Período: 1999 a 2002. Adaptado de Pavez <i>et al.</i> (1998). .....	29
Figura 17. Tasa instantánea de crecimiento individual ( $K$ ; año <sup>-1</sup> ) de reineta frente a Chile central y sur. Nota: resultados de Acuña <i>et al.</i> , 1998; Pavez <i>et al.</i> , 1998; Pavez <i>et al.</i> , 2004; Oyarzún <i>et al.</i> , 2013; Galleguillos <i>et al.</i> , 2015. ....	30
Figura 18. Longitud máxima teórica ( $L_{\infty}$ ; cm) de reineta frente a Chile central y sur. Nota: resultados de Acuña <i>et al.</i> (1998), Pavez <i>et al.</i> (1998), Pavez <i>et al.</i> (2004), Oyarzún <i>et al.</i> (2013) y Galleguillos <i>et al.</i> (2015). .....	30
Figura 19. Relación entre la longitud máxima teórica ( $L_{\infty}$ ; cm) y la tasa instantánea de crecimiento individual en reineta ( <i>Brama australis</i> ) frente a Chile central y sur. Nota: resultados de Acuña <i>et al.</i> (1998), Pavez <i>et al.</i> (1998), Pavez <i>et al.</i> (2004), Oyarzún <i>et al.</i> (2013) y Galleguillos <i>et al.</i> (2015). .....	31
Figura 20. Talla media de madurez ( $L_{50\%}$ ) en hembras de reineta en Chile. Período: 1991 a 2015. Para el último año, “2015a” corresponde a la zona norte y “2015b” a la zona sur. ....	32
Figura 21. Índice gónado-somático mensual en hembras de reineta. Tomado de Leal & Oyarzún (2003). .....	33
Figura 22. Captura relativa (%) de reineta respecto de las capturas totales en lances arrastreros de identificación en cruceros de merluza común (barra roja), merluza del sur (barra blanca), merluza de tres aletas (barra negra) y merluza del sur y cola (barra gris). .....	34
Figura 23. Captura relativa (%) de reineta respecto de las capturas totales en lances arrastreros de media agua de identificación en cruceros de merluza de cola. ....	35
Figura 24. Distribución espacial de la densidad poblacional promedio (ton/mn <sup>2</sup> ) de merluza del sur ( <i>Merluccius australis</i> ) en el verano de 2003. Tomado de informe final del proyecto “Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral” (ver Neira <i>et al.</i> , 2015). .....	44
Figura 25. Número de lances de pesca con captura de reineta según arte de pesca/flota. Período: 1997 a 2015. ....	52
Figura 26. Distribución espacial de la captura de <i>B. australis</i> acumulada por celda (t). Período: 1997 a 2015. ....	53
Figura 27. Distribución espacial de la captura de <i>B. australis</i> acumulada por celda (t). Período: 1997 a 2000. ....	54
Figura 28. Distribución espacial de la captura de <i>B. australis</i> acumulada por celda (t). Período: 2001 a 2004. ....	55

Figura 29. Distribución espacial de la captura de <i>B. australis</i> acumulada por celda (t). Período: 2005 a 2008. ....	56
Figura 30. Distribución espacial de la captura de <i>B. australis</i> acumulada por celda (t). Período: 2009 a 2012. ....	57
Figura 31. Distribución espacial de la captura de <i>B. australis</i> acumulada por celda (t) Período: 2013 a 2015. ....	58
Figura 32. Desembarque total de <i>B. australis</i> de 2000 a 2014. Fuente: Fuente: SernaPesca. ....	59
Figura 33. Desembarque total de reineta ( <i>B. australis</i> ) entre 2000 y 2014 según arte de pesca. Gillnet = enmalle, Longline = espinel y/o palangre, Trawl = arrastre, Others = otros artes de pesca. Fuente: Fuente: SernaPesca. ....	60
Figura 34. Desembarque acumulado (arriba) y desembarque promedio (abajo) por Región de 2000 a 2014. Fuente: SernaPesca. ....	61
Figura 35. Box-plot de la longitud total (cm) de reineta de 1997 a 2015 en la zona centro-sur (ZCS) y la zona sur-austral (PDA). El punto representa la longitud modal. ....	63
Figura 36. Composición de tamaños en las capturas de <i>B. australis</i> de 1997 a 2015 en la zona centro-sur (ZCS). ....	65
Figura 37. Composición de tamaños en las capturas de <i>B. australis</i> de 1997 a 2015 en la zona sur-austral (ZSA). ....	66
Figura 38. Box-plot del peso total (g) de <i>B. australis</i> de 1997 a 2015 en la zona centro- sur (ZCS) y la zona sur-austral (PDA). El punto representa el peso modal. ....	67
Figura 39. Relación longitud total (cm) - peso total (g) de <i>B. australis</i> en la zona centro- sur (ZCS, arriba) y la zona sur-austral (PDA, abajo) ....	69
Figura 40. Disección de la cabeza de un ejemplar de <i>B. australis</i> para extracción de otolitos. ....	75
Figura 41. Procedimiento de hidratación de los otolitos en tubos eppendorf. ....	75
Figura 42. Estéreo microscopio Zeiss Stemi DV4 y cápsula de Petri con un otolito en su interior. ....	75
Figura 43. Esquema de otolito izquierdo de <i>B. australis</i> (cara interna). Nótese el radio total (R0) y los anillos anuales hialinos (R1 a R5, en este caso). ....	76
Figura 44. Moldes de plastilina con otolitos de <i>B. australis</i> en su interior otolitos y fijados en resina de poliéster. ....	77
Figura 45. Corte longitudinal de otolito de fijado en resina de poliéster y luego adherido al portaobjeto con medio de montaje Crystal Bond™ 509. ....	77
Figura 46. Ajuste de la curva de crecimiento de von Bertalanffy en longitud para machos de <i>B. australis</i> (n=282). Los puntos grises corresponden a observaciones en individuos capturados durante el primer semestre de 2016, y la línea roja al modelo ajustado. ....	78

Figura 47. Ajuste de la curva de crecimiento de von Bertalanffy en longitud para hembras de <i>B. australis</i> (n=177). Los puntos grises corresponden a observaciones en individuos capturados durante el primer semestre de 2016, y la línea roja al modelo ajustado. ....	79
Figura 48. Desembarque (toneladas) mensual de reineta por flota (artesanal e industrial) de enero a noviembre de 2016. ....	108
Figura 49. Distribución espacial de los viajes de pesca con capturas de <i>B. australis</i> monitoreados de enero a noviembre de 2016. ....	111
Figura 50. Distribución espacial del rendimiento (ton/vcp) en viajes con pesca de <i>B. australis</i> monitoreados de enero a junio de 2016. ....	112
Figura 51. Distribución espacial del rendimiento (ton/vcp) en viajes con pesca de <i>B. australis</i> monitoreados de julio a noviembre de 2016. ....	113
Figura 52. Box-plot de la longitud total (cm) de <i>B. australis</i> (ambos sexos) por Región de enero a noviembre de 2016. ....	118
Figura 53. Box-plot de la longitud total (cm) de <i>B. australis</i> (ambos sexos) por Región en 2016. ....	119
Figura 54. Box-plot del peso total (g) de <i>B. australis</i> (ambos sexos) por Región de enero a noviembre de 2016. ....	122
Figura 55. Box-plot del peso total (g) de <i>B. australis</i> (ambos sexos) por Región en 2016. ....	125
Figura 56. Composición de tamaños (sexos combinados) de reineta en el desembarque de la VIII Región de enero a noviembre 2016. ....	126
Figura 57. Composición de tamaños (sexos combinados) de <i>B. australis</i> en el desembarque de la X Región de marzo a noviembre de 2016. ....	127
Figura 58. Composición de tamaños (sexos combinados) de reineta en el desembarque de la XI Región de febrero a octubre de 2016. ....	128
Figura 59. Relación longitud total-peso total de <i>B. australis</i> (sexos combinados) en los desembarques mensuales de la VIII Región (arriba, izquierda), X Región (arriba, derecha) y XI Región (abajo). ....	130
Figura 60. IGS mensual promedio de <i>B. australis</i> por sexo. Las barras indican una desviación estándar. Tomado de Leal y Oyarzún (2003). ....	133
Figura 61. Proporción (%) de sexos en los desembarques de <i>B. australis</i> de enero a noviembre de 2016, por Región. Meses en números (1 = enero; 2 = febrero; ...); machos = barras azules; hembras = barras rosadas. ....	144
Figura 62. Proporción (%) de estados de madurez sexual (EMS) en los desembarques de <i>B. australis</i> de enero a noviembre de 2016, por Región. Meses en números (1 = enero; 2 = febrero; ...). ....	146
Figura 63. Índice Gónado-Somático (%) promedio en hembras de <i>B. australis</i> de enero a noviembre de 2016 por Región. Las líneas verticales representan el intervalo de confianza de la media. ....	147

Figura 64. Factor de condición (K, g/cm <sup>3</sup> ) promedio de hembras de <i>B. australis</i> de enero a noviembre de 2016 por Región. ....	147
Figura 65. Microfotografía de corte transversal de ovario de <i>B. australis</i> . Oocitos en Estado I y II. N = núcleo, n = nucléolo, ct = citoplasma. ....	148
Figura 66. Microfotografía de corte transversal de ovario de <i>B. australis</i> . Oocitos en Estado III. N = núcleo, n = nucléolo, ct = citoplasma, gv = gránulos de vitelo, zf = zona folicular. ....	149
Figura 67. Microfotografía de corte transversal de ovario de <i>B. australis</i> . Oocitos en Estado IV. N = núcleo, n = nucléolo, ct = citoplasma, gv = gránulos de vitelo, zf = zona folicular, zpi= zona pelúcida interna, zpe = zona pelúcida externa, cte = células tecales, cg = células de la granulosa. ....	150
Figura 68. Microfotografías de distintos estados de madurez oocitaria en corte transversal de ovario de <i>B. australis</i> . A y B = Estados I y II (Primario); C y D = Estado III (Previtelogénico); E y F = Estado IV (Vitelogénico). ....	151
Figura 69. Frecuencia de oocitos de <i>B. australis</i> por mes. ....	153
Figura 70. Frecuencia de oocitos de <i>B. australis</i> por localidad de muestreo. Estados de madurez: I y II = rojo; III = naranja; y IV =verde. ....	153
Figura 71. Diámetro de oocitos de <i>B. australis</i> por mes. Estados de madurez: I y II = rojo; III = naranja; IV = verde. ....	154
Figura 72. Diámetro de oocitos de <i>B. australis</i> por localidad de muestreo. ....	154
Figura 73. Diámetros nucleares de oocitos de <i>B. australis</i> por mes. ....	155
Figura 74. Diámetros nucleares de oocitos de <i>B. australis</i> por localidad de muestreo. ....	155
Figura 75. Razón entre el diámetro nuclear y el diámetro celular por estado de madurez del oocito de <i>B. australis</i> (todas las muestras). ....	156
Figura 76. Función de madurez (línea roja) ajustada a la proporción de hembras maduras (puntos negros) de <i>B. australis</i> de la VIII a XI Regiones, año 2016. Las barras horizontales representan el intervalo de confianza de la talla a distintos niveles de madurez. Arriba: longitud horquilla (LH); abajo: longitud total (LT). ....	158
Figura 77. Talla media de madurez sexual (e intervalos de confianza) de <i>B. australis</i> por Región y total en el año 2016. Arriba: longitud horquilla (LH); abajo: longitud total (LT). ....	159
Figura 78. Relación entre la fecundidad total (número de ovocitos) y la longitud total (LT, cm) de reineta ( <i>B. australis</i> ) en Chile central y sur en el año 2016. Línea roja = ajuste lineal. ....	160
Figura 79. Relación entre la fecundidad total (número de ovocitos) y el peso total (PT, gr) de reineta ( <i>B. australis</i> ) en Chile central y sur en el año 2016. Línea roja = ajuste lineal. ....	161
Figura 80. Curva de diversidad trófica para los individuos de <i>B. australis</i> para el área y tiempo estudiado. ....	176

Figura 81. Distribución de lances de pesca con presencia de <i>B. australis</i> a partir de registros provenientes de los cruceros de evaluación hidroacústica y seguimientos a las pesquerías arrastreras industrial centro sur y e industrial sur austral. Fuente: base de datos de IFOP, Pavlov (1991a), Pavlov, (1994) y Sistema de Información de la Biodiversidad Acuática de Nueva Zelanda ( <a href="http://www.nabis.govt.nz/map.aspx?topic=Fish#">http://www.nabis.govt.nz/map.aspx?topic=Fish#</a> ).....	210
Figura 82. Fracción de madurez en longitud de machos y hembras de <i>B. australis</i> capturados frente la costa de Chile central. La ecuación describe la ojiva de madurez ajustada para hembras (línea continua). Las líneas segmentadas corresponden al intervalo de confianza (95%) del modelo ajustado. Extraído de Leal <i>et al.</i> (enviado).....	212
Figura 83. Curva de crecimiento de <i>B. australis</i> (sexos combinados) para muestras obtenidas enfrente de la costa central de Chile. Período: noviembre de 1994 a diciembre de 1996 (modificado de Oyarzún <i>et al.</i> , 2013).....	213
Figura 84. Distribución espacial de las zonas de desove y crianza ubicadas en la zona oceánica (círculo A), zonas de reclutamiento a la pesquería (círculo B) y zona de alimentación (círculo C). Las flechas que conectan B-C y A-C indican migraciones. La flecha gruesa de A-B representa migración de juveniles de la zona oceánica a la zona costera asociada a la Corriente de Deriva del Oeste. ....	215
Figura 85. Modelo de alineamiento de edades para el stock de reineta ( <i>B. australis</i> ) capturado frente a las costas de Chile. Clave: $t_0$ = nacimiento; $t_r$ =edad de reclutamiento; $t_c$ =edad de primera captura; $t_m$ =longevidad máxima; $Z$ =tasa de mortalidad total; $M$ = tasa de mortalidad natural; $F$ =tasa de mortalidad por pesca. ....	217
Figura 86. Captura de pomfrets desde de información base pesquera de la FAO (tomado de Maguire <i>et al.</i> , 2006).....	225
Figura 87. Biomasa desovante por recluta (arriba) y rendimiento por recluta (abajo) de <i>B. australis</i> en 2016. ....	239
Figura 88. Curva de rendimiento por recluta de Beverton y Holt para <i>B. australis</i> en Chile central y sur en 2016. La línea de puntos indica (en el eje x) el valor de la mortalidad por pesca en RMS.....	240

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Dossier Bibliográfico.....	1
Anexo 2. Composición de tamaños de reineta en el desembarque por sexo, mes y Región .....	2
Anexo 3. Acta Taller de Coordinación FIPA 2015-20.....	12
Anexo 4. Taller de Difusión de Resultados.....	20
Anexo 5. PPT del Taller de Difusión de Resultados.....	30

## Resumen Ejecutivo

En relación al objetivo específico 1 se recopiló antecedentes bibliográficos de la historia de vida de reineta (*Brama australis*) y de otras especies del género *Brama* a nivel nacional e internacional. Se confeccionó un dossier electrónico en ENDNOTE con las publicaciones encontradas. Las publicaciones e investigaciones realizadas en Chile fueron identificadas cualitativamente por macro-tema y tópico/ubicación, las que fueron categorizadas con el Método del Semáforo, indicando que la información disponible de historia de vida y distribución del género *Brama* en Chile es incompleta debido a que los estudios están limitados en la distribución geográfica, esto es, abarcan áreas con escaso rango geográfico o sus límites están difusos.

En relación al objetivo específico 2 (información pesquera generada en estudios previos), se analiza antecedentes del recurso reineta proveniente de bases de datos de proyectos del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA), particularmente de evaluación directa de merluza del sur (*Merluccius australis*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), donde la reineta apareció como fauna acompañante en cruceros efectuados desde 2004 hasta 2009, estando presente en 22% de los lances de pesca de arrastre (lances de identificación). Se consolidó una base de datos de lances de pesca georreferenciados (n = 13.302 lances) con captura de reineta desde 1997 hasta 2015 a partir de diversas bases de datos solicitadas a la Subsecretaría de Pesca con motivo de este estudio. Se analizó la distribución espacial de la captura por lance de pesca acumulada en celdas de 10 mn de longitud por 15 mn de latitud, desde 31°53'S hasta 56°58'S, y hasta 70 mn de la costa hacia el Oeste. Latitudinalmente las mayores capturas acumuladas de reineta, para todo el periodo analizado, se concentraron entre 35° y 47° S. También se analizó la composición de tamaños anuales para los períodos 2000-2003, 2005-2008, 2010 y 2013-2015 en la zona centro-sur; y los años 1997-1998, 2000, 2002, 2005-2006, 2009-2010 y 2013-2015 en la zona sur-austral.

En relación al objetivo específico 3 (generar indicadores del stock), se estimó el crecimiento en longitud de reineta mediante lectura de incrementos de crecimiento anual en 459 otolitos (282 machos y 177 hembras). El rango de longitud horquilla (LH) fue de 25 a 57 cm. Los

parámetros de crecimiento estimados para machos son: longitud asintótica,  $L_{\infty} = 59,5$  cm de LH; coeficiente instantáneo de crecimiento individual,  $K = 0,2$  año<sup>-1</sup>; edad teórica a la cual la longitud es cero,  $t_0 = -1,96$  años. Los parámetros de crecimiento estimados para hembras son:  $L_{\infty} = 59,6$  cm de LH;  $K = 0,22$  año<sup>-1</sup>;  $t_0 = -2,23$  años. El parámetro  $t_0$  para machos y hembras no debería ser considerado debido a que presenta sesgo por la falta de ejemplares pequeños. Se sugiere usar  $t_0 = 0$ .

También se estimó la mortalidad natural ( $M$ , año<sup>-1</sup>) y la mortalidad total ( $Z$ , año<sup>-1</sup>) de reineta capturada en Chile central y sur (VIII a XI Regiones) en 2016 mediante métodos bioanalógicos, esto es, aquellos que se basan en parámetros de la historia de vida. Los principales resultados señalan que la mejor estimación de la mortalidad natural puede fijarse en  $M = 0,33$  año<sup>-1</sup> para machos y  $M = 0,36$  año<sup>-1</sup> para hembras, considerando ponderadamente varios métodos. Por otro lado, la mejor estimación de la mortalidad total puede fijarse en  $Z = 0,51$  año<sup>-1</sup> para machos y  $Z = 0,56$  año<sup>-1</sup> para hembras.

En relación al objetivo específico 4 (generar indicadores de la pesquería de reineta), se estimó indicadores desde los principales puertos de desembarque de enero a noviembre de 2016, los que corresponden a desembarques (ton), longitud total (LT, cm), peso total (PT, g), composición de tamaños y relación talla-peso. Los desembarques de reineta se concentraron en la VIII Región (76,9% del total), seguidos de la X Región (9,8%) y la XI Región (6,0%). La flota artesanal fue el principal proveedor de reineta (93,9% del desembarque); el desembarque industrial (6,1%) ocurrió casi exclusivamente en la XI Región (Puerto Chacabuco).

El rango de longitud total (LT, cm) de reineta fue de 41 cm a 56 cm en la VIII Región, mientras que en la X Región fue de 44 a 50 cm LT, y en la XI Región de 44 a 48 cm LT. En la VIII Región se observa una tendencia decreciente de LT promedio de ejemplares de reineta de enero a agosto. Se destaca un gradiente latitudinal decreciente de la longitud modal (y la longitud media) de reineta de la VIII a la XI Regiones. El peso total (g) promedio de reinetas en el desembarque fue: VIII Región entre 795 g y 1.980 g; X Región entre 1.024 g y 1.537 g; XI Región entre 997 y 1.249 g.

En relación al objetivo específico 5 (proceso reproductivo de reineta), se muestreó 3.849 hembras de manera completamente aleatoria de enero a noviembre de 2016 desde desembarques en las principales localidades donde hubo disponibilidad de materia prima en la VIII, X Región y XI Regiones. Se describió histológicamente el desarrollo gonadal y se determinó que la época principal de desove ocurre en invierno (junio a agosto). El desove de reineta es parcial y el desarrollo ovárico es asincrónico. La talla media de madurez se estimó en 38,3 cm de longitud horquilla (IC: 36,4 - 40,1 cm), equivalente a 43,6 cm de longitud total (IC: 41,4 - 46,1 cm). La fecundidad total fluctuó entre 12.825 y 89.888 ovocitos, mientras que la fecundidad relativa fluctuó entre 14,4 y 79,0 ovocitos por gramo de peso de pez (ovocito/gr; sin gónada).

En relación al objetivo específico 6 (composición de la dieta y tasa de consumo de alimento mediante modelos indirectos usando los contenidos estomacales y la estabilidad isotópica). Se analizó 1.448 individuos de reineta provenientes de la pesca comercial en Chile central y sur en 2016. Su alimentación está basada principalmente en crustáceos (52% en peso de los que 24% corresponden a eufáusidos), seguidos de peces (42%) y cefalópodos (6%). Los ejemplares de reineta de menor tamaño se alimentan preferentemente de eufáusidos y los de mayor tamaño de pequeños pelágicos (sardina común), confirmándose cambios tróficos con la ontogenia. La estabilidad isotópica posiciona a la reineta como especie pelágica que se alimenta en zonas costeras con patrón de consumo frecuente y tasa de evacuación gástrica de 0,3 gr/hora, lo que equivale a consumir individualmente 1% de su peso corporal en promedio por día, lo que está en el rango de consumo relativo al peso corporal en peces carnívoros.

En relación al objetivo específico 7 (modelo conceptual de la historia de vida del stock de reineta que incluya un alineamiento de edades, postulando un posible patrón de distribución espacial de las fracciones adulta y juvenil, y migraciones), se revisó la escasa literatura existente a nivel nacional e internacional. La síntesis de la información disponible indica que *B. australis* presenta amplia distribución en el Océano Pacífico Sur (desde Nueva Zelanda hasta Chile), y a lo largo de Chile desde 27°S hasta 57°S. La ausencia de hembras con indicios de desove reciente en la captura de las flotas artesanal e industrial en Chile no permite

identificar zonas de desove en el sector costero del océano enfrente de Chile centro-sur. La alimentación de reineta es oportunista y se basa principalmente en eufáusidos. Los ejemplares más grandes de reineta son capturados por la flota de la VIII Región y los de menor tamaño por la flota de la X Región. Se propone la siguiente hipótesis de la historia de vida para reineta: i) luego de alcanzada la talla de madurez (~37 cm de LH, equivalente a ~2-3 años), los individuos migran estacionalmente con propósitos reproductivos, probablemente hacia aguas oceánicas donde ocurriría el desove principal en el invierno y en la primavera temprana; ii) luego del desove los individuos de reineta presentarían migración alimentaria estival hacia aguas costeras más productivas. En cuanto al alineamiento de edades, el ciclo de vida comenzaría con el desove oceánico, aunque desconocemos la distribución y biología de los primeros estadios de vida de reineta (huevos, larvas y juveniles menores a 2 años). El reclutamiento a las zonas de pesca en Chile centro-sur ocurriría cuando individuos de 20 a 30 cm de LH (1 a 2 años) se hacen disponibles a los artes de pesca. Entonces, la edad de reclutamiento ( $t_r$ ) se superpone con la edad de primera captura ( $t_c$ ). Esta cohorte se mantendría en la zona de pesca por 1 año hasta alcanzar la edad media de madurez ( $t_{50\%}$ ), iniciando luego la migración reproductiva invernal hacia aguas oceánicas para desovar y comenzar un nuevo el ciclo. Después del desove los individuos de reineta comenzarían una nueva migración alimentaria hacia zonas costeras más productivas. Este ciclo se repetiría hasta que los individuos alcanzan la edad máxima ( $t_m$ ) o de longevidad, la que podría corresponder de 12 a 14 años.

En relación al objetivo específico 8 (modelo conceptual de explotación pesquera), la reineta presenta dinámica de población abierta por lo que no es posible determinar su estatus y fijar una captura biológicamente aceptable (CBA). Además, no existe ninguna estimación indirecta de la biomasa total, desovante y vulnerable de este recurso pesquero en Chile o en el Océano Pacífico. Considerando la dinámica de población abierta de reineta, entonces no parece adecuado establecer medidas administrativas tal como vedas biológicas (reclutamiento o desove) o vedas extractivas. Se presenta dos tipos de modelos de manejo que se ha propuesto para pesquerías data pobre, como es el caso de la pesquería de reineta.

Un análisis de rendimiento por recluta basado en el modelo de Beverton y Holt muestra que el rendimiento máximo sostenible (RMS) se alcanza con el valor de mortalidad pesca ( $F_{RMS}$ ) de  $0,78 \text{ año}^{-1}$ , mientras que los puntos de referencia de  $45\%S_0$  y  $22,5\%S_0$  corresponden  $F_{45\%}$  de  $0,331 \text{ año}^{-1}$  y  $F_{22,5\%}$  de  $0,857 \text{ año}^{-1}$ . Por último, se estimó que RMS es de 29.635 ton anuales.

## Executive Abstract

In relation to objective 1 (biological information from literature), antecedents of the life history of Pacific pomfret *Brama australis* were obtained from national and international literature (scientific papers and grey literature), and also of the genus *Brama*. An electronic dossier in ENDNOTE was built with the selected literatura. For Chilean literature of *B. australis*, topics of interest were categorized using the “Traffic Light Method”. In any case, the available information in Chile for *B. australis* (life history and distribution) is scarce.

In relation to the objective 2 (to review and analyze fishing information available), antecedents of Pacific pomfret were reviewed from data in projects of the Fishery and Aquaculture Research Fund (Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura, FIPA), like assessment of austral hake (*Merluccius australis*), hoki (*Macruronus magellanicus*) and Southern blue withing (*Micromesistius australis*), where *B. australis* was bycatch in 22% of hauls during research surveys in central and south Chile from 2004 to 2009. A new data base was built with geo-references from 13,302 hauls obtained from the Secretary of Fisheries (Subsecretaría de Pesca, SubPesca). *B. australis* is distributed from 31°53'S to 56°58'S, and from the coast to 70 nm westwards. The main fishing areas in the analyzed period were concentrated from 35° S to 47° S. The size length compositions by year were also analyzed for the periods 2000-2003, 2005-2008, 2010 y 2013-2015 in the central-south area; and the years 1997-1998, 2000, 2002, 2005-2006, 2009-2010 a 2013-2015 austral area.

In relation to the objective 3 (indicators of the Pacific pomfret stock), growth parameters were estimated using annual rings in the otholits (n = 459 otholits; 282 males and 177 females). The fork length (FL) range was from 25 to 57 cm. The growth parameters in males of Pacific pomfret are:  $FL_{\infty} = 59.5$  cm; instantaneous coefficient of individual growth,  $K = 0.2$  year<sup>-1</sup>; theoretical age when length is zero,  $t_0 = -1.96$  years. And in females they are:  $FL_{\infty} = 59.6$  cm;  $K = 0.22$  year<sup>-1</sup>;  $t_0 = -2.23$  years. The parameter  $t_0$  should not be used due to bias (smallest individuals of Pacific pomfret are not available to the Chilean fishery). We suggest to used  $t_0 = 0$ .

Natural mortality ( $M$ , year<sup>-1</sup>) and total mortality ( $Z$ , year<sup>-1</sup>) of Pacific pomfret harvested in central-south Chile, in 2016, were also estimated with methods that use parameters of the life history, especially growth parameters. So, the main results are:  $M = 0.33$  in males and  $M = 0.36$  in females. The total mortality was estimated as  $Z = 0.51$  in males and  $Z = 0.56$  in females.

In relation to the objective 4, stock indicators of the fishery were obtained from landings in the main ports from January to November, 2016. The indicators are landings (tonnes), total length (cm), total weight (g), size distributions (cm) and length-weight relationship. Landings of Pacific pomfret were concentrated in the 8th Region of Biobío (76.9%), and then in the 10th Region of Los Lagos (9.8%) and in the 11st Region of Aysen (6.0%). Landings of the artisanal fleet reached 93.9% of total landings and that of the industrial fleet were 6.1% (mainly in Puerto Chacabuco in the 11st Region).

Total length of Pacific pomfret at landings, in 2016, was from 41 cm to 56 cm in the 8th Region, from 44 to 50 cm in the 10th Region, and from 44 to 48 cm in the 11st Region. A latitudinal (north-south) gradient in the mean length of Pacific pomfret is evident, with smaller fish in the south area (11st Region) and the larger fish in the north (8th Region). The weight range of Pacific pomfret at landings were from 795 g to 1,980 g in the 8th Region; from 1,024 g to 1,537 g in the 10th Region; and from 997 to 1,249 g in the 11st Region.

In relation to the objective 5 (reproduction) 3,849 females were sampled from January to November, 2016, from the landings in the main ports of Regions 8th, 10th and 11st. The ovaric development was histologically described. The main spawning season of Pacific pomfret is in winter (June to August). Unfortunately, few mature females were found using the histological method and, consequently, in this study was not possible to estimate the mean length at maturity of Pacific pomfret.

In relation to the objective 6 (diet composition and consumption rate using indirect methods of stomach contents and isotopic stability) 1,448 individuals of Pacific pomfret were sampled from landings in central and south Chile, in 2016. The feeding is mainly based on crustacean

(52% in weight, with 24% of euphausiids), fish (42%) and squids (6%). Differences in diet composition of Pacific pomfret were found in relation with predator size. According with the isotopic stability, Pacific pomfret is a pelagic fish feeding in “coastal” areas, frequent consumption and evacuation rate of 0.3 gr/hour, which is equivalent to 1% of the body weight of predator as relative consumption, similar to other carnivorous marine fish.

In relation to the objective 7 (conceptual model of life history, including the lined up of ages, likely distribution pattern and migrations), the scarce national and international literature was reviewed. According with the available literature, the Pacific pomfret population has wide distribution in the South Pacific Ocean (from New Zealand to Chile), and along the Chilean coast from 27°S to 57° S. Spawning areas in coastal zones were not identified in this study. In Chile, larger individuals of Pacific pomfret are harvested by the artisanal fleet of the 8th Region and smaller individuals are harvested by the artisan fleet of the 10th Region. So, the following hypothesis is postulated: i) after the mean size at maturity (~37 cm of fork length, which is equivalent to ~2-3 years-old), individuals of Pacific pomfret migrate in winter and early spring to oceanic areas to spawn; ii) after spawning, individuals of Pacific pomfret migrate in summer to more productive coastal areas to feed.

Related to the objective 8 (line up of Pacific pomfret ages), the life cycle should begin with the spawn in the open ocean, but the knowledge of distribution and biology in the first stages (eggs, larvae and juveniles younger than 2 years-old) is scarce. Recruitment to fishing grounds in central-south Chile should be when individuals of Pacific pomfret reach from 20 to 30 cm of fork length (1 to 2 years-old), and they become available to the fishing gears. So, the recruitment age ( $t_r$ ) overlaps with the age at first capture ( $t_c$ ). The cohort remains in the fishing grounds along 1 year, when individuals of Pacific pomfret mature ( $t_r$ ). Fish migrate in winter to spawn in oceanic areas and then a new life cycle begins. After spawn, individuals of Pacific pomfret migrate to coastal, more productive zones to feed. This life cycle is year by year until fish reach the maximum age ( $t_m$ ) or longevity at 12 to 14 years-old.

## 1. PRESENTACION

Este documento constituye el Informe Pre-Final (corregido) del proyecto FIPA N° 2015-20 “Actualización de parámetros de historia de vida de reineta (*Brama australis*) en aguas nacionales” que ejecuta la Universidad de Concepción (UdeC). El enfoque del proyecto se ha apoyado en dos vertientes, a saber: (1) la experiencia que tuvimos recientemente con la ejecución del proyecto análogo FIP N° 2015-18 “Parámetros de historia de vida de jibia (*Dosidicus gigas*) en aguas nacionales” (Arancibia *et al.* 2015); y, (2) la visión amplia que tenemos por la experiencia acumulada de miembros del equipo de trabajo en diferentes recursos pesqueros y sus pesquerías. Además, participa en nuestro equipo el Dr. Peter Horn del New Zealand Institute of Water and Atmosphere (NIWA).

Operacionalmente los muestreos de reineta cubrieron desde Lebu y San Vicente (VIII Región del Biobío) hasta Puerto Chacabuco (XI Región de Aysén), incluyendo también Anahuac en Puerto Montt y Dalcahue en el archipiélago de Chiloé (X Región de los Lagos). La mayor parte de los muestreos ocurrieron desde desembarques de la flota artesanal espinelera, excepto en Puerto Chacabuco, donde se muestreó del desembarque de una nave industrial en la planta de procesos de la empresa FRIOSUR. Sin embargo, las dificultades en la obtención de muestras de reineta fue recurrente en el desarrollo del proyecto, debiendo destinar esfuerzos personales cotidianos, acudiendo a redes propias, para comprometer a armadores artesanales que nos permitieran muestrear en la recalada antes que los remitentes se hicieran cargo de la materia prima, pues luego ese momento no quedaba materia prima disponible. Se comenta todo esto porque, aunque en 2016 ocurrió semi-regularmente desembarques de reineta en caletas de la VIII, X y XI Regiones, en la práctica muchas naves habrían estado operando ilegalmente en regiones administrativas contiguas a la propia o aún más lejos, lo que no habría quedado en registros. Toda esta situación se deriva de la incompetencia por llegar a acuerdos entre armadores del sector artesanal de distintas regiones y con el ente administrador para permitir formalmente la pesca de reineta en otras regiones de aquella en que una nave está registrada. Dicho de otra manera, una parte indeterminada del desembarque artesanal de reineta en 2016 pudiere no tener registros certeros. Nosotros hemos tratado de eliminar este sesgo acudiendo a armadores conocidos de investigadores o técnicos que apoyan el presente

proyecto, quienes nos han permitido muestrear reineta desde sus naves. Sin embargo, no es posible certificar exactamente el área donde ocurrió la pesca, pues no tenemos la posibilidad de trabajar a bordo por nula habitabilidad. Aun así consideramos que hemos cubierto los objetivos específicos en el período que corresponde informar (enero a mayo de 2016).

## 2. Antecedentes

La reineta *Brama australis* Valenciennes 1837 (Bramidae: Perciformes) (Fig. 1) tiene hábitos pelágicos y meso-pelágicos con distribución circum-subpolar global en el Océano Pacífico Sur. En Chile se le conoce también como pez hacha o palometa del sur, e internacionalmente como Southern rays bream ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)) o Pacific pomfret, y se distribuye desde Coquimbo (29°57'S) hasta el extremo sur (Pavlov, 1991a; Santa Cruz *et al.*, 2014). Un estudio de su variabilidad genética con la técnica de electroforesis de proteínas en gel de almidón, con muestras provenientes de Valparaíso (33°05'S; 71°40'W) y Lebu (37°37'S; 73°40'W), mostró ausencia de diferencias significativas entre ambas zonas (Espinoza *et al.*, 2002), constituyendo un único stock de reineta en Chile centro-sur, lo que recientemente confirmaron Galleguillos *et al.* (2015).

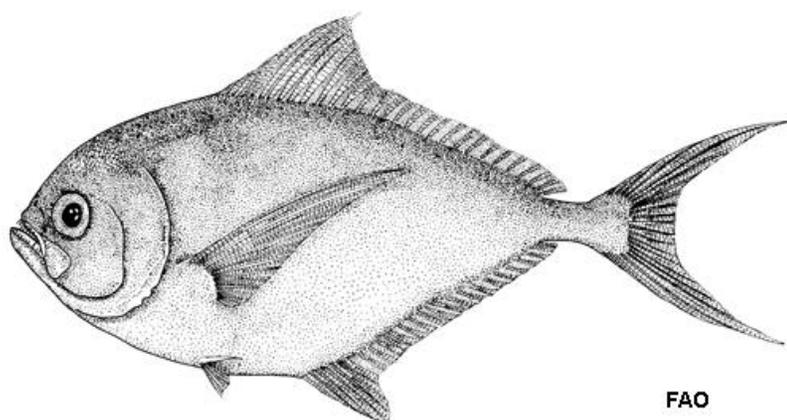


Figura 1. Esquema de una reineta (*Brama australis*). Fuente: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).

El recurso reineta es capturado preferentemente por pescadores artesanales que operan con espineles en aguas abiertas del océano, entre 10 y 30 mn de la costa. La reineta es fauna acompañante en la pesquería industrial de cerco de Chile centro-sur (Leal & Oyarzún, 2002), en la pesquería industrial arrastrera de merluza común (*Merluccius gayi*) (Cancino *et al.*, 1999), en la pesquería industrial arrastrera merluza del sur (*Merluccius australis*) (Santa Cruz *et al.*, 2014) y en la pesquería de jibia (Arancibia *et al.*, 2015). En los años 2000s el desembarque oficial de reineta prácticamente se cuadruplicó cuando se compara el año 2000 (8.160 t) con el 2014 (28.814 t). Sin embargo, al comparar con el año 2013 (11.955 t) la merma en los desembarques es evidentemente reveladora (Fig. 2). Sin embargo, el desembarque artesanal del año 2014 podría estar sobre-reportado para incrementar artificialmente la participación de algunas naves en el total, siendo el propósito exhibir “mejor historia de desembarques”. El desembarque nacional promedio anual del período 2000 a 2014 es 35.975 t.

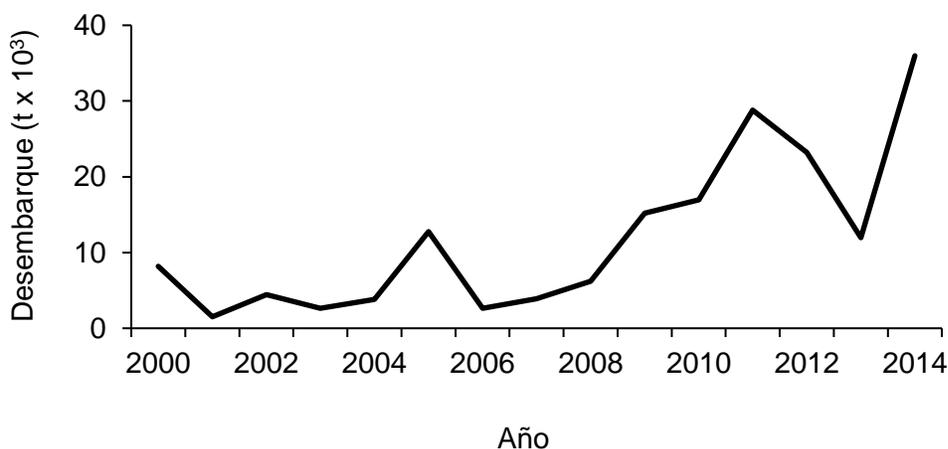


Figura 2. Desembarques anuales oficiales de reineta en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca.

Para el mismo período 2000-2014, por Región Administrativa se destaca largamente los desembarques acumulados de la VIII Región del Biobío (119.348 t, representando 78% del total nacional), seguido muy de lejos por la X Región de los Lagos (36.187 t, representando 23% del total) y la V Región de Valparaíso (6% del total) (Fig. 3). Desde 2007 hasta 2012 los

desembarques de la VIII Región fueron notoriamente crecientes, probablemente como reemplazo a la fuerte disminución de los desembarques de merluza común en Chile central. La V Región prácticamente no registra desembarques importantes en más de 10 años, sino solo hasta el año 2001, cuando alcanzó casi 6.000 t.

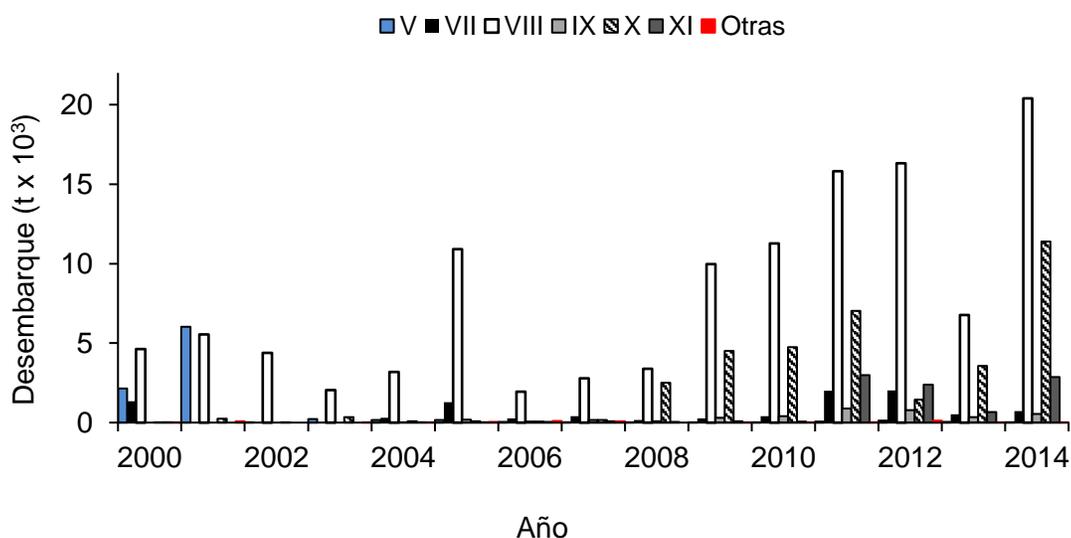


Figura 3. Desembarques anuales de reineta por Región. Fuente: SernaPesca.

Los desembarques de reineta ocurridos en la X Región (período 2008 a 2014) se debieron parcialmente a la reducida flota local de Calbuco, aunque mayormente a la flota espinelera de Lebu (VIII Región) que se desplazaba a operar al sur del Canal de Chacao por fuera de la Isla de Chiloé y más al sur. Análogamente, los desembarques de la XI Región de Aysén (años 2011 a 2014) se debieron exclusivamente a la flota de Lebu que operó irregularmente en la XI Región y más frecuentemente en la X Región. Por lo tanto, en términos de desembarques de reineta (período 2000 a 2014) se concluye que:

- la principal Región es la VIII con la participación casi exclusiva de la flota de Lebu;

- los desembarques de las Regiones X y XI son moderados a bajos, respectivamente, aunque debido casi exclusivamente a la flota de Lebu que se desplazaba a esas Regiones a operar; y,
- la V Región ha aportado marginalmente a los desembarques totales nacionales de reineta desde 2002.

La distribución de reineta sería circum-subpolar por todo el Océano Pacífico Sur ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)), aunque la información biológica, ecológica y pesquera disponible es extraordinariamente escasa tanto en Chile como en el extranjero, desconociéndose exactamente su distribución, en particular de los ejemplares inmaduros tardíos y juveniles tempranos, por un lado, y de los maduros longevos, por el otro. Por ejemplo, no se registra la presencia ni menos capturas de *B. australis* en Perú (comunicaciones personales de Pepe Espinosa, [pespinosa@imarpe.gob.pe](mailto:pespinosa@imarpe.gob.pe); y de Raúl Castillo, [rcastillo@imarpe.gob.pe](mailto:rcastillo@imarpe.gob.pe)). La presencia de *B. australis* como bycatch en la pesquería de jurel (*Trachurus murphyi*) por flotas extranjeras que operan fuera de la Zona Económica Exclusiva de Chile no ha sido documentada, sino solo oralmente. Tampoco se dispone de antecedentes formales de capturas de reineta a nivel de la Organización Regional de Pesca (ORP) del Océano Pacífico Sur.

Existen registros de presencia esporádica de *B. australis* como bycatch en la pesca de arrastre de naves que operan en la plataforma continental alrededor de las Islas Malvinas/Falklands (comunicación personal del Dr. Alexander Arkhipkin, Fisheries Institute, Falkland Islands; email: [aarkhipkin@fisheries.gov.fk](mailto:aarkhipkin@fisheries.gov.fk)). En Argentina *B. australis* aparece esporádicamente en pescas de investigación, pesca de arrastre y de media agua; en Uruguay suele aparecer esporádica e incidentalmente como bycatch en la pesquería palangrera de atunes (comunicación personal del Dr. Andrés Milessi, uruguayo, quien trabaja en el Instituto de Investigación y Desarrollo Pesquero, INIDEP, Mar del Plata, Argentina; email: [acmm@inidep.edu.ar](mailto:acmm@inidep.edu.ar)).

En el sector occidental del Océano Pacífico Sur se registra a *B. australis* y *B. brama* como fauna acompañante de pesquerías industriales de arrastre (comunicación personal del Dr. Peter Horn del NIWA; email: [peter.horn@niwa.co.nz](mailto:peter.horn@niwa.co.nz)). En Australia también se registra estas dos

especies, más otras cuatro del género *Brama*, aunque como bycatch en pesquerías de pequeña escala de longlines artesanales (comunicación personal del Dr. Doug Hoese, Australian Museum of Sydney, Australia; email: Doug.Hoese@austmus.gov.au). En el Océano Atlántico Sur (Sudáfrica) se registra principalmente Atlantic pomfret (*Brama brama*) y se le denomina “angel fish”, encontrándose tanto en el Océano Índico Suroccidental como en el Océano Atlántico Suroriental, extendiéndose hasta Walvis Bay en Namibia. También se registra Southern pomfret (*B. australis*) en el sector sur de Sudáfrica. *B. brama* es capturado en Sudáfrica como bycatch de las pesquerías industriales merlucera arrastrera, en la pesquería merlucera de longline y en la pesquería arrastrera de media agua de jurel *Trachurus capensis* (comunicación personal del Dr. Deon Durholz, Fisheries Research Institute, Cape Town, Sudáfrica; email: DeonD@daff.gov.za).

En Chile Acuña *et al.* (1998) informaron que *B. australis* en la IV Región presentó desembarques en verano-otoño (principalmente abril y mayo), que el 97% de los ejemplares muestreados se presentaron en tallas de 35 a 45 cm de longitud horquilla (LH). Algunos parámetros poblacionales de reineta que comunicaron Acuña *et al.* (1998) para Chile centro-norte son los siguientes: talla media de madurez  $LH_{50\%} = 40$  cm; tasa instantánea de crecimiento individual  $K = 0,363$  año<sup>-1</sup>; longitud máxima teórica  $LH_{\infty} = 55,3$  cm; y mortalidad natural  $M = 0,697$  año<sup>-1</sup>. En la misma época, Pavez *et al.* (1998) comunicaron para reineta de la zona de San Antonio los siguientes parámetros:  $K = 0,20$  a  $0,24$  año<sup>-1</sup>;  $M = 0,46$  año<sup>-1</sup>. Posteriormente, Leal & Oyarzún (2002) informaron para reineta de Chile centro-sur que  $L_{50\%} = 36,9$  cm y  $M = 0,53$  año<sup>-1</sup>, deduciéndose que el período reproductivo principal ocurriría de junio a agosto (Fig. 1 en la pág. 234 de la publicación de esos autores). Recientemente, Oyarzún *et al.* (2013) informaron para reineta desembarcada en Lebu que  $L_{\infty} = 59$  cm,  $K = 0,277$  año<sup>-1</sup> y  $M = 0,45$  año<sup>-1</sup>.

El único trabajo publicado recientemente en Chile de alimentación de *B. australis* es el de Santa Cruz *et al.* (2014), quienes comunicaron que esta especie presenta reducido espectro trófico en verano, siendo las presas principales (porcentaje en peso) *Euphausia mucronata* (64%) y sardina común *Strangomera bentincki* (13%). Previamente, García & Chong (2002) informaron para *B. australis* que su dieta en el otoño de 2000 estaba compuesta principalmente por anchoveta *Engraulis ringens* (70%) y *Euphausia* sp. (25%), confirmándose

el muy reducido espectro trófico. Los trabajos señalados para Chile –como publicaciones nacionales y reportes de proyectos FIP– son prácticamente los únicos pocos antecedentes disponibles para *B. australis*, excepto el más reciente de Espíndola *et al.* (2016), quienes informan del estado del stock y posibilidades de explotación biológicamente sustentables.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Actualizar parámetros de la historia de vida de reineta, poblacionales y de la pesquería, en aguas nacionales.

#### **3.2. Objetivo Específicos**

- 3.2.1. Revisar y analizar información biológica generada en estudios previos de reineta a nivel nacional e internacional, si existieren, en particular de parámetros de crecimiento individual en longitud y peso, ojiva de madurez, talla media de madurez y ciclo reproductivo, mortalidad natural, mortalidad total, parámetros de la relación longitud-peso u otros.
- 3.2.2. Revisar y analizar información pesquera generada en estudios previos de reineta, en particular distribución de tamaños en las capturas, tallas medias, capturas totales (toneladas), esfuerzo de pesca, cpue u otros, si existieren.
- 3.2.3. Generar indicadores del stock de reineta (en particular parámetros de crecimiento individual en longitud y peso, mortalidad natural, mortalidad total, parámetros de la relación longitud-peso u otros) y compararlos con información previa existente.
- 3.2.4. Generar indicadores de la pesquería de reineta en aguas nacionales durante la ejecución del presente proyecto (capturas totales en peso, capturas en número a la edad o a la talla, cpue u otros).
- 3.2.5. Describir el proceso reproductivo de reineta basado en la temporalidad de estadios de madurez, generar una ojiva de madurez en hembras de reineta para su principal período, y determinar la talla media de madurez en hembras con índices macro y microscópicos en el período de máximo reproductivo.

- 3.2.6. Determinar la composición de la dieta y tasa de consumo de alimento ( $Q$ ) de reineta mediante modelos indirectos.
- 3.2.7. Formular un modelo conceptual de la historia de vida del stock de reineta que incluya el alineamiento de edades ( $t_r$ ,  $t_c$ ,  $t^*$ ,  $t_{max}$ ), postulando un posible patrón de distribución espacial de las fracciones adulta y juvenil, y migraciones.
- 3.2.8. Formular un modelo conceptual de explotación pesquera de reineta con sustento biológico que incluya, eventualmente, vedas y de qué tipo se trataría (de reclutamiento y/o reproductiva).

## 4. Metodología

### 4.1. Consideraciones sobre el muestreo

En 2013 y 2014 el principal aporte a los desembarques de reineta fue de la flota artesanal espinelera de lanchas de Lebu, las que operaron tanto frente al litoral de la VIII Región del Biobío como frente al litoral de la X de Los Lagos (en Puerto Montt–Anahuac, Calbuco y Carelmapu). En la XI Región prácticamente no ocurren desembarques artesanales debido a que no existen embarcaciones (lanchas) espineleras que capturen este recurso como especie objetivo (comunicación personal de Javier Valencia de Fundación Chinquihue; email: jvalencia@fundacionchinquihue.cl). Además, en la V Región de Valparaíso los desembarques de reineta en 2013 fueron prácticamente inexistentes; más al sur, solo en Constitución (VII Región del Maule) se registró irregularmente desembarques artesanales de este recurso pesquero. Por lo tanto, los desembarques artesanales de reineta han estado focalizados mayormente en Lebu y secundariamente en Puerto Montt–Anahuac, Calbuco y Carelmapu (más del 91% en conjunto). En las otras localidades los desembarques de reineta han sido despreciables respecto del total artesanal.

El año 2013 la captura industrial de reineta correspondió principalmente a fauna acompañante en las pesquerías industriales arrastreras de merluza común (*Merluccius gayi*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), merluza del sur (*Merluccius australis*) y merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), mostrando amplia distribución latitudinal en Chile (Fig. 4). En 2012 y 2013 los barcos hieleros industriales de Chacabuco dirigieron su esfuerzo a la pesca de reineta, operando temporalmente desde la Isla de Chiloé hasta Isla Guambelín (Fig. 4; Tabla 1) (Gálvez *et al.*, 2014).

Tabla 1. Captura total y de intención (t) y esfuerzo de pesca (horas de arrastre; h.a.) dirigido a *B. australis* en 2013, monitoreado por IFOP en las flotas arrastreras hielera y fábrica, total nacional. Modificado de Gálvez *et al.* (2014).

Mes	Captura (t)		Esfuerzo (h.a.)
	Total	Intención	
Ene.	130,4	114,0	84,25
Feb.	44,4	29,5	42,75
Mar.	5,1		
Abr.	9,4		
May.	2,1		
Jun.	2,1		
Jul.	3,9		
Ago.	37,2	34,3	52,08
Sep.	62,1	58,1	40,67
Oct.	12,4		
Nov.	1,4		
Dic.	8,4	0,2	1,50
Total	318,8	236,1	221,25

El desembarque artesanal disminuyó fuertemente desde 2011 (26 mil t) hasta 2013 (poco más de 11 mil t), concentrándose en la VIII Región (principalmente en Lebu) y en la X Región, representando conjuntamente 91,6% de los desembarques artesanales totales a nivel nacional. No se registró desembarques de pesca artesanal de reineta en la IV y XI Regiones, en tanto que las Regiones V, VI y XIV aportaron solo 0,6%. Las Regiones VII y IX representaron conjuntamente 7,8% del desembarque total (Fig. 5).

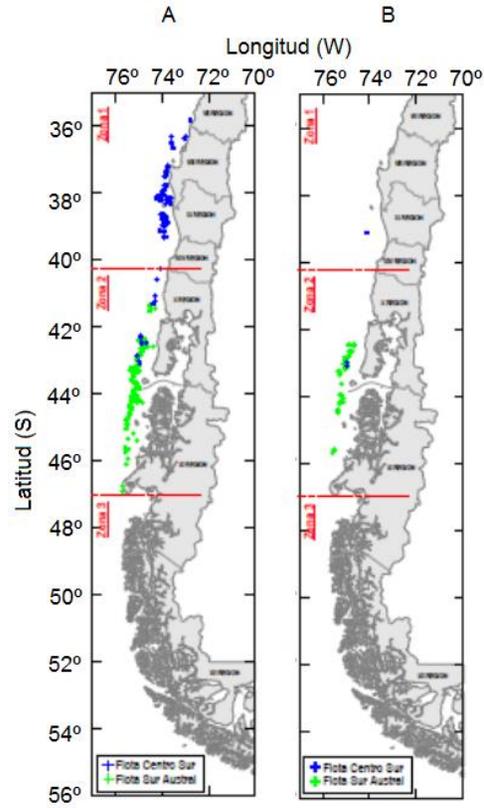


Figura 4. Distribución espacial de lances de pesca con capturas de reineta (A, panel izquierdo) y lances con intencionalidad o mayor proporción de reineta en la captura total (B, panel derecho). Flota industrial de arrastre de las zonas centro sur (cruces azules) y sur austral (cruces verdes), año 2013. Fuente: Gálvez *et al.* (2014).

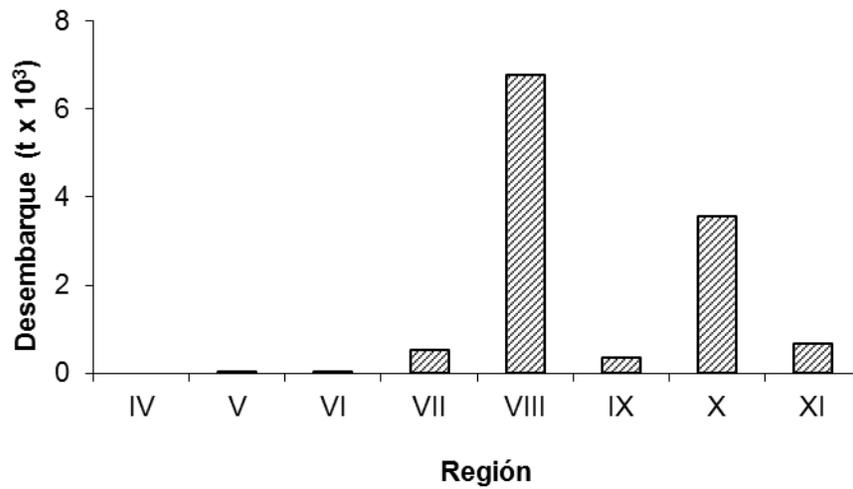


Figura 5. Desembarque artesanal de reineta de la IV a XI Regiones, año 2013. Fuente: Anuarios Estadísticos del Servicio Nacional de Pesca.

Los desembarques de reineta prácticamente han desaparecido en las Regiones IV y V, en tanto que en las Regiones VII, VIII y X se incrementaron desde 2008 hasta 2012 (Fig. 6). En la zona centro sur de Chile los desembarques de reineta presentan fuerte estacionalidad, concentrándose de octubre a abril en los años 2007 y 2013 (Fig. 7).

Entonces, la definición del diseño de muestreo consideró los desembarques recientes de reineta (caladeros donde han operado las flotas pesqueras artesanal e industrial), concentrándose en Lebu y San Vicente (VIII Región), en Puerto Montt y Dalcahue (X Región) y en Puerto Chacabuco (XI Región). La actividad en la V Región (San Antonio) es baja, lo que no permite destinar esfuerzos de muestreos allí. Algo similar ocurre en Constitución y otras localidades de la VII Región, Coquimbo (IV Región) y Valdivia (XIV Región). Los muestreos de tamaños de reineta en los desembarques se han realizado sobre la base de tiempo mensual, ejecutándose siempre y cuando hubiere habido desembarques disponibles, obviamente. Los muestreos biológico-específicos han sido realizados sobre la base de tiempo trimestral. Más adelante se presenta detalles de ambos tipos de muestreos.

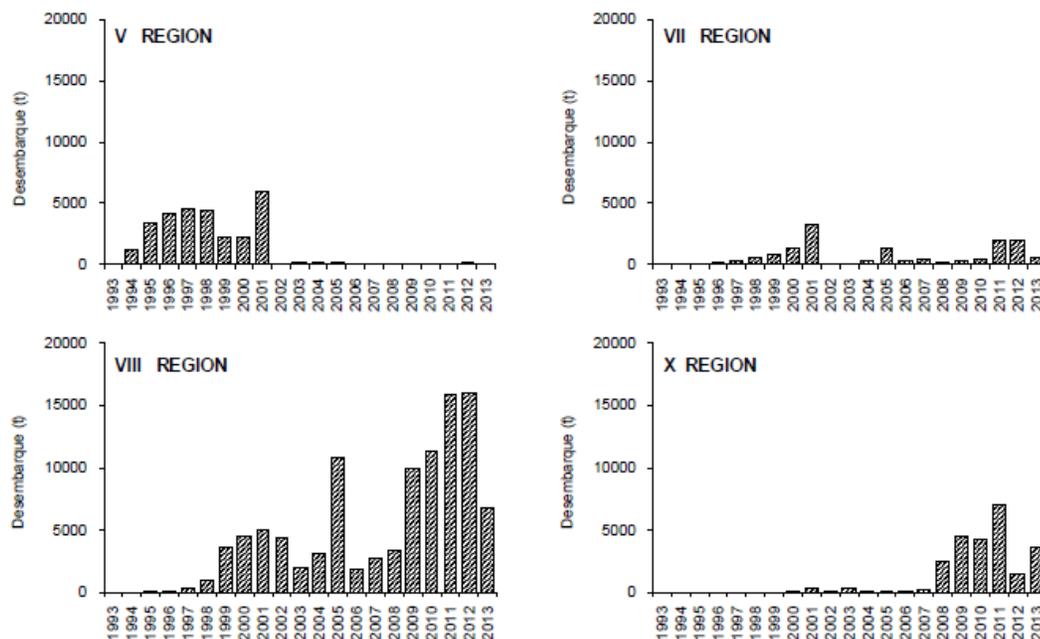


Figura 6. Desembarque artesanal de reineta por región desde 1993 hasta 2013. Fuente: Gálvez *et al.* (2014).

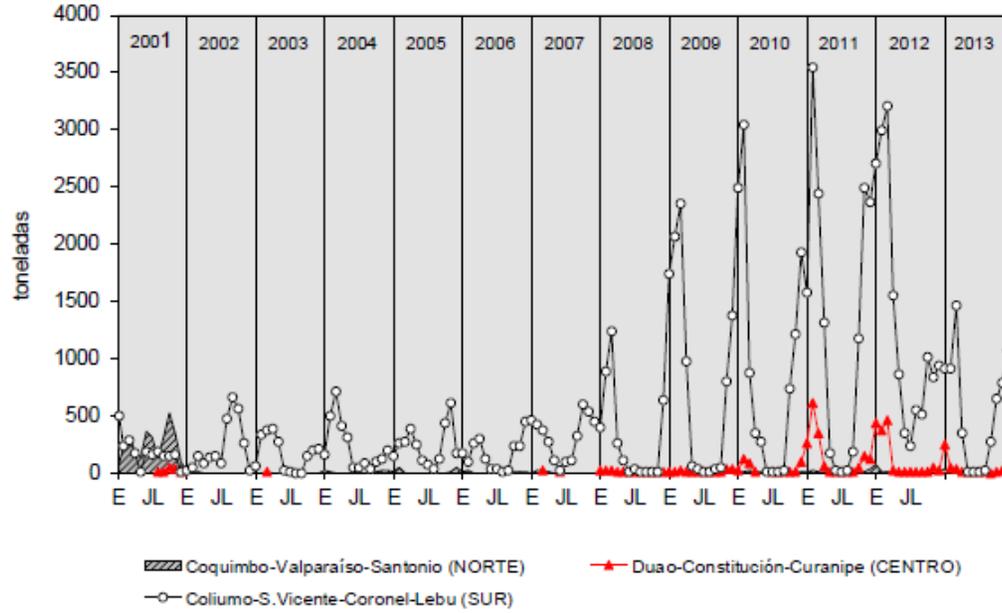


Figura 7. Desembarque artesanal mensual de reineta en los puertos monitoreados por IFOP en las zonas norte y centro-sur desde 2001 hasta 2013. Fuente: Gálvez *et al.* (2014).

## 4.2. Objetivo Específico 1

Revisar y analizar información biológica generada en estudios previos de reineta a nivel nacional e internacional, si existieren, en particular de parámetros de crecimiento individual en longitud y peso, ojiva de madurez, talla media de madurez y ciclo reproductivo, mortalidad natural, mortalidad total, parámetros de la relación longitud-peso u otros.

### 4.2.1. Resumen

Se recopiló antecedentes bibliográficos de la historia de vida de reineta (*Brama australis*) y de otras especies del género *Brama* a nivel nacional e internacional. Se confeccionó un dossier electrónico en ENDNOTE con las publicaciones encontradas. Las publicaciones o investigaciones realizadas en Chile se identificaron cualitativamente por macro-tema y tópico/ubicación, las que se categorizaron con el Método del Semáforo o “Traffic Light Method”, indicando que la información disponible de historia de vida y distribución del género *Brama* en Chile es incompleta para ambos casos, debido a que los estudios realizados de la reineta están limitados en la distribución geográfica, esto es, abarcan áreas con pocos grados de latitud o sus límites están poco definidos (difusos), y no a la distribución completa que tiene esta especie en el Océano Pacífico Sur.

### 4.2.2. Revisión bibliográfica

Para la recopilación de antecedentes bibliográficos de investigaciones previas de reineta a nivel nacional (*Brama australis*) e internacional (la misma especie u otras especies del género *Brama*) de parámetros de crecimiento individual en longitud y peso, ojiva de madurez, mortalidades u otros, se ha consultado bibliotecas de la Universidad de Concepción y del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), y resultados generados por proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIP), en particular tales como: proyecto FIP 1996-26 “Análisis y evaluación de la pesquería de reineta (*Brama australis*) en el litoral de la V Región” (Pavez *et*

*al.*, 1998); proyecto FIP 1996-06 “Caracterización de las pesquerías de palometa, reineta, cojinoba y dorado en la III y IV Regiones” (Acuña *et al.*, 1998); proyecto FIP 2002-25 “Ordenamiento de la pesquería de reineta” (Pavez *et al.*, 2004); y, proyecto FIP 2013-21 “Origen natal y distribución geográfica de reineta en Chile” (Galleguillos *et al.*, 2015). Además, se revisó resultados de proyectos FIP de evaluaciones directas de merluza común (*Merluccius gayi*), merluza del sur (*Merluccius australis*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), pues la reineta aparece registrada como fauna acompañante en algunos cruceros. También se realizó extensa búsqueda de papers científicos a través de ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts; <http://www.csa.com/>), Oceanic Abstracts (<http://www.csa.com/factsheets/oceanic-setc.php>), Science Direct (<http://www.science-direct.com/>), Springer link (<http://www.springer.com>) y Scholar Google (<http://scholar.google.cl/>).

Con la información colectada se confeccionó un dossier electrónico de publicaciones, aunque se comentó solo aquellas relacionadas a reineta en Chile debido a que los temas de publicaciones de otras especies de *Brama* se apartaban de los intereses del presente proyecto. Para la confección del dossier se organizó las referencias alfabéticamente por autor, año, título, revista y tipo de referencia, y se utilizó el software de base de datos bibliográficos ENDNOTE (Anexo 1. Dossier Bibliográfico). Además del dossier la información se ordenó por especie y tópico numérico para identificar y categorizar cualitativamente la información publicada del género *Brama* utilizando el “Traffic Light Method” (Halliday *et al.*, 2001). Para la categorización de la información recopilada se valoró cada publicación basado en su aporte al cumplimiento del objetivo general de la publicación. Este método permitió valorar el contenido de la publicación y su cumplimiento con el propósito de la misma, no así en cuanto a importancia y/o cantidad de las publicaciones. Por lo tanto, los colores del semáforo utilizados por nosotros son asignados atendiendo el contenido de la publicación.

En la Tabla 2 se lista la información publicada del género *Brama*, ordenada por especie, macro-tema, tópico/ubicación y categorización. La categorización fue representada por colores, donde rojo indica aporte incompleto; amarillo, aporte regular; y, verde, aporte significativo. De acuerdo con esto, la información disponible de historia de vida y distribución

del género *Brama* en Chile es incompleta. En ambos casos esto ocurre debido a que el estudio se limita sólo a la reducida distribución geográfica (pocos grados de latitud) y no a la distribución completa de la reineta en el Océano Pacífico Sur o los límites están poco definidos (difusos). En resumen, se dispone de información fragmentada de alimentación de *M. australis* (4 publicaciones) y más escasamente de reproducción (1 publicación para la costa central de Chile). Nota: la revisión de información previa de alimentación de reineta se presenta en el objetivo específico 6 y de distribución en el objetivo específico 7.

Al categorizar la información general de las especies de *Brama* por macro-tema se consideró que la información existente para la distribución, historia de vida y reproducción genera un aporte regular, los que necesariamente deben ser reforzados en futuros trabajos (Tabla 3); estos macro-temas son abordados en los objetivos específicos del proyecto.

Tabla 2. Tabla de categorización de las publicaciones para especies del género *Brama*. Los colores corresponden a: rojo, aporte incompleto; amarillo, aporte regular; verde, aporte significativo.

Especie	Referencia	Macro-tema	Tópico/ubicación	Categorización	Observaciones	
<i>Brama australis</i>	1	Oliva <i>et al.</i> , 2016	Parásitos	Parásitos metazoos de <i>B. australis</i> en el sur de Chile.		
	2	Santa Cruz <i>et al.</i> , 2014	Dieta	Hábitos tróficos de <i>B. australis</i> en el periodo estival frente a Chile central.		Se indica que la fase lunar influye en la dieta, pero cómo.
	3	Horn <i>et al.</i> , 2013	Dieta	Influencia de la fase lunar y cambios ontogenéticos en la dieta de <i>B. australis</i> en la elevación de Chatham.		Se acota solo a unos pocos grados de latitud y no al Océano Pacífico Sur.
	4	Oyarzún <i>et al.</i> , 2013	Historia de vida	Edad, crecimiento y mortalidad natural de <i>B. australis</i> en la costa este del Pacífico Sur.		Límites de distribución poco definidos, se comenta de probables límites. Falta información.
	5	San Martín <i>et al.</i> , 2011	Distribución	Antecedente sobre distribución y batimetría de la <i>B. australis</i> en la costa de Chile.		
	6	Paul <i>et al.</i> , 2004	Historia de vida	Crecimiento, madurez, mortalidad natural y longevidad de la reineta en Nueva Zelanda		Incertidumbre que los ejemplares muestreados pertenezcan a <i>B. australis</i> . Resultados incompletos del estudio.
	7	Leal y Oyarzún, 2002	Reproducción	Talla de madurez y época de desove de <i>B. australis</i> en la costa central de Chile.		
	8	Espinoza <i>et al.</i> , 2002	Genética	Análisis isoenzimático en la reineta en la zona centro-sur de Chile.		
	9	García y Chong, 2002	Dieta	Composición en la dieta <i>B. australis</i> en la zona centro-sur de Chile en otoño y verano.		
	10	George-Nascimento <i>et al.</i> , 2002	Parásitos	Volumen corporal de los parásitos y patrones infracomunitarios de la <i>B. australis</i> en Talcahuano.		
	11	Cancino <i>et al.</i> , 1999	Morfología	Caracterización morfológica de <i>B. australis</i> de la bahía de Valparaíso, Chile.		

Especie	Referencia	Macro-tema	Tópico/ubicación	Categorización	Observaciones
	12 Muñoz <i>et al.</i> , 1995	Dieta	Alimentación de reineta en la costa centro-sur de Chile.		
	13 Pavlov 1991	Distribución	Reineta como especie del Océano Pacífico Sudeste.		
<i>Brama brama</i>	14 Lobo & Erzini, 2001	Historia de vida	Edad y crecimiento de la palometa negra del sur de Portugal.		No todos los ejemplares fueron sexados y faltaron ejemplares de menor talla (<32 cm LT).
	15 Dulcic, 1999	Distribución	Primer registro de larvas de la palometa negra en el Mar Adriático		
	16 Paulin, 1981	Distribución	Peces de la familia Bramidae registrados en Nueva Zelanda.		
	17 Nijssen <i>et al.</i> , 1978	Distribución	Registro de la palometa negra a lo largo de la costa de Holanda en 1976.		
	18 Nijssen & De Groot, 1976	Distribución	Registro de la palometa negra a lo largo de la costa de Holanda en 1974 y 1975.		
<i>Brama caribbea</i>	19 Vaske-Junior <i>et al.</i> , 2007	Dieta	Contenido estomacal encontrado en el contenido estomacal de grandes depredadores pelágicos del Suroeste del Atlántico ecuatorial.		
	20 Gutiérrez <i>et al.</i> , 2005	Distribución	Un nuevo registro de <i>B. caribbea</i> para las aguas cubanas.		Escaso contenido. No tiene tablas de medidas morfométricas ni una discusión que respalde el hallazgo.
<i>Brama dussumieri</i>	21 Lee & Kim 2015	Distribución	Nuevo registro de <i>B. dussumieri</i> en Corea, análisis morfológicos y moleculares.		
	22 Omori <i>et al.</i> , 1997	Reproducción	Madurez y desove de <i>B. dussumieri</i> en el sudeste de Japón.		Tamaño de la muestra muy bajo.

Especie	Referencia	Macro-tema	Tópico/ubicación	Categorización	Observaciones
<i>Brama japonica</i>	23 Cheng <i>et al.</i> , 2016	Genética	Secuenciación y caracterización del genoma ADN mitocondrial de la reineta del Océano Pacífico en China.		
	24 Iannacone & Alvarino, 2013	Parásitos	Índices parasitológicos de la reineta del Océano Pacífico de Perú.		
	25 Watanabe <i>et al.</i> , 2006	Dieta	Hábitos alimenticios de reineta en el Océano Pacífico Norte Central.		Se reduce sólo a ejemplares que van desde los 30 a 40 cm LS.
	26 Watanabe <i>et al.</i> , 2003	Dieta	Hábitos alimenticios de reineta en la zona de transición del Océano Pacífico Norte Central.		
	27 Bigelow <i>et al.</i> , 1995	Historia de vida	Crecimiento de reineta en el Pacífico Norte Central y Occidental.		
	28 Pearcy <i>et al.</i> , 1993	Biología	Biología de la reineta en el Océano Pacífico Norte.		
	29 Seki & Bigelow, 1993	Historia de vida	Aspectos de la historia de vida y ecología de reineta del Océano Pacífico al norte de las Islas Hawaianas.		
	30 Seki & Mundy, 1991	Historia de vida	Historia de vida de reineta en el Océano Pacífico norte central.		
	31 Manzer, 1972	Historia de vida	Relación longitud-peso de reineta del Océano Pacífico.		

Tabla 3. Categorización por macro-tema de las publicaciones para especies del género *Brama*.

Macro-tema	Categorización
Biología	
Dieta	
Distribución	
Genética	
Historia de vida	
Morfología	
Parásitos	
Reproducción	

#### 4.2.2. Consultas a científicos extranjeros – Construcción de mapa de presencia de reineta

La información científico-pesquera nacional e internacional del recurso *B. australis* es escasa. En la website de Fish Base ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)) se encuentra un mapa con la distribución circum-subpolar de esta especie, y también como habitando el Océano Pacífico Oriental norte y sur, al menos. Las averiguaciones que nosotros hemos realizado con colegas extranjeros parecen confirmar nuestras dudas en el sentido que habría más de una especie de *Brama* habitando el sector oriental del Océano Pacífico, tanto norte como sur. Sin embargo, las consultas no permiten construir una matriz cuantitativa de conocimiento pues, por ejemplo, *Brama australis* prácticamente no es capturada en Perú (se importa desde Chile) ni en Ecuador. En el Océano Pacífico colombiano se ha registrado esporádicamente el género *Taractes* (Puentes *et al.*, 2001) en las capturas con espinel de profundidad, pero en ningún caso el género *Brama* ni menos la especie *B. australis*. Consecuentemente, lo que ha sido posible construir es una tabla de presencia de especies de *Brama* en diferentes zonas de los océanos (Tabla 4, Fig. 8).

Tabla 4. Presencia de especies de *Brama* por región

<b>Especie de <i>Brama</i></b>	<b>Región (océano y/o país)</b>
<i>B. australis</i>	Pacífico S-E (Chile)
<i>B. japonica</i>	Pacífico S-E (Perú)
<i>B. japonica</i>	Pacífico N-E (México, USA)
<i>B. japonica</i>	Pacífico central (Hawaii)
<i>B. brama</i>	Pacífico S-W (Nueva Zelanda)
<i>B. australis</i>	Pacífico S-W (Nueva Zelanda)
<i>B. brama</i>	Pacífico S-W (Australia)
<i>B. dussumieri</i>	Atlántico N (Japón)
<i>B. brama</i>	Atlántico S-E (Namibia, Sudáfrica)
<i>B. brama</i>	Atlántico N-E (Marruecos, España)
<i>B. caribbea</i>	Atlántico N-W (USA, Canadá)
<i>B. australis</i>	Atlántico S-W (Argentina)
<i>B. australis</i>	Atlántico S-W (Falkland Islands)

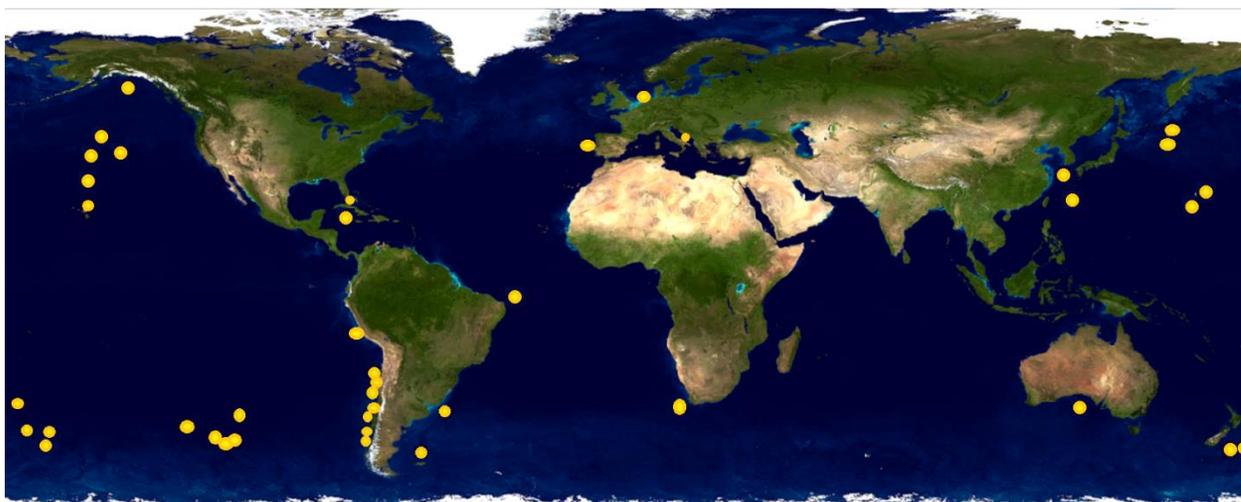


Figura 8. Distribución a nivel mundial del género *Brama*. Fuente: <https://www.google.cl/intl/es/earth> modificado. Puntos amarillos indican la presencia del género *Brama*.

### 4.2.3. Revisión de proyectos FIP y MINECOM

Se revisó informes finales de proyectos disponibles en la website del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA; [www.fip.cl](http://www.fip.cl)) y del Ministerio de Economía (MINECOM), destacando:

- FIP 1996-06 “Caracterización de las pesquerías de palometa, reineta, cojinoba y dorado en la III y IV Regiones”, el que fue ejecutado por la Universidad Católica del Norte y la Universidad de Concepción (Acuña *et al.*, 1998);
- FIP 1996-26 “Análisis y evaluación de la pesquería de reineta (*Brama australis*) en el litoral de la V Región”, el que fue ejecutado por la Universidad Católica de Valparaíso (Pavez *et al.*, 1998);
- FIP 2002-25 “Ordenamiento de la pesquería de reineta”, el que fue ejecutado por la Universidad Católica de Valparaíso (Pavez *et al.*, 2004);
- FIP 2013-21 “Origen natal y distribución geográfica de reineta en Chile”, ejecutado por la Universidad de Concepción (Galleguillos *et al.*, 2015); e,
- “Informe de Estatus. Convenio de Desempeño 2016. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2016: Reineta, 2017. Subsecretaría de Economía y EMT” (Espíndola *et al.*, 2016).
- “Informe de Estatus. Convenio de Desempeño 2016. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2017: Reineta, 2018. Subsecretaría de Economía y EMT” (Leal *et al.*, 2017).

Se seleccionó los principales resultados de aquellos proyectos con los que se realiza a continuación meta-análisis, esto es, una re-interpretación propia de los resultados.

#### 4.2.3.1. Meta-análisis de variables bio-pesqueras de reineta

- **Desembarques anuales**

En 20 años (1994 a 2014) los desembarques anuales totales oficiales muestran máximos en 2001 (14,5 mil ton), 2005 (12,5 mil ton), 2011 (casi 29 mil ton) y 2014 (36 mil ton), esto es, el incremento de los desembarques anuales ha sido casi exponencial en el largo plazo (Fig. 9). El aporte del sector artesanal ha sido casi absoluto hasta 2011; solo a partir de 2011 el desembarque industrial pasa a representar en algunos años hasta cerca de 10% del total.

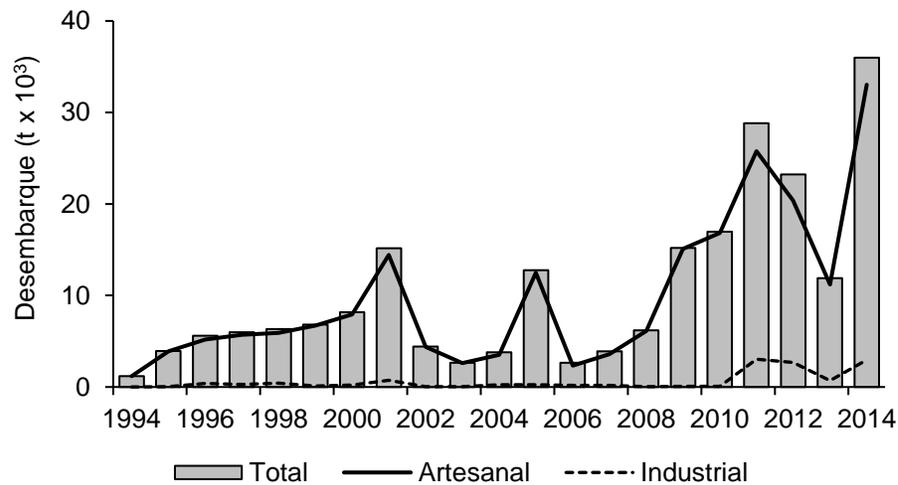


Figura 9. Desembarque total anual oficial de reineta en Chile, Período: 2004 – 2014. Fuente: SernaPesca.

- **Esfuerzo de pesca**

Acuña *et al.* (1998) revisan el esfuerzo de pesca mensual (número de viajes) aplicado a la pesca de reineta por la flota artesanal de la IV Región de diciembre 1996 a noviembre 1997 (Fig. 10), revelándose un marcado máximo en abril y luego otro secundario en noviembre, probablemente asociados a capturas para Semana Santa en Chile y exportaciones de fin de año a España.

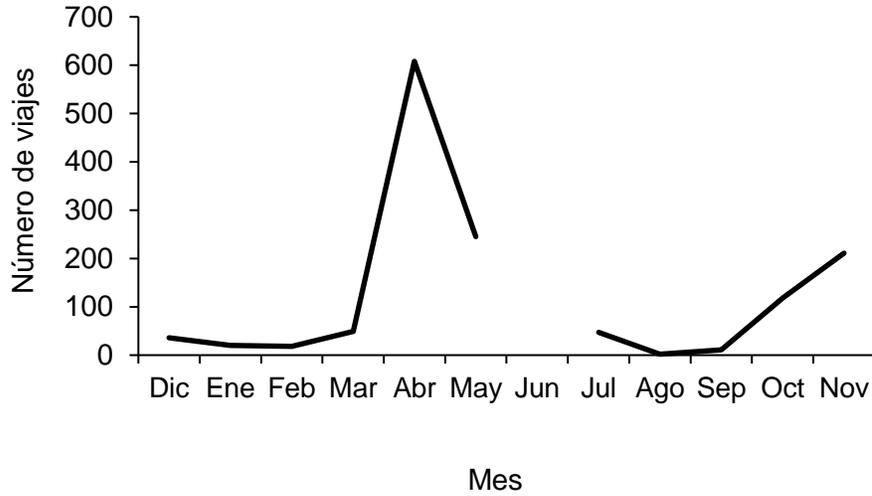


Figura 10. Esfuerzo mensual (número de viajes) de la flota en la IV Región aplicado a la pesca de reineta. Período: diciembre 1996 a noviembre 1997. Tomado de Acuña *et al.* (1998).

Paralelamente, Pavez *et al.* (1998) cuantifican el esfuerzo de pesca (en miles de anzuelos) aplicado a la pesca de reineta por la flota artesanal de la V Región en 1997 (Fig. 11), revelándose una leve tendencia al aumento de enero a septiembre, aunque con un solo máximo en julio. Se desconoce la causa de ese máximo, lo que podría asociarse simplemente a mayor poder de compra puntual por mal tiempo en el sur de Chile, por ejemplo.

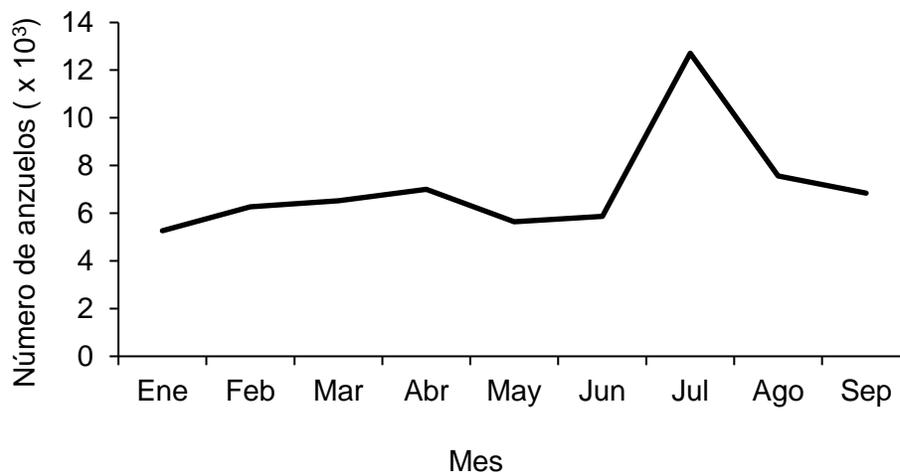


Figura 11. Esfuerzo mensual (número de anzuelos) de la flota en la V Región aplicado a la pesca de reineta. Período: enero a septiembre 1997. Adaptado de Pavez *et al.* (1998).

- **Captura por unidad de esfuerzo (cpue)**

En general la tendencia de la cpue de las flotas artesanales (botes) de Valparaíso y San Antonio en la captura de reineta fue fuertemente decreciente de 1997 a 2001, aunque la flota de Lebu exhibe una leve tendencia al alza, pero con máximo claro en 2000 (Fig. 12), los que podrían haber estado asociados a la menor disponibilidad en la V Región y mayor disponibilidad en la VIII Región o más al sur.

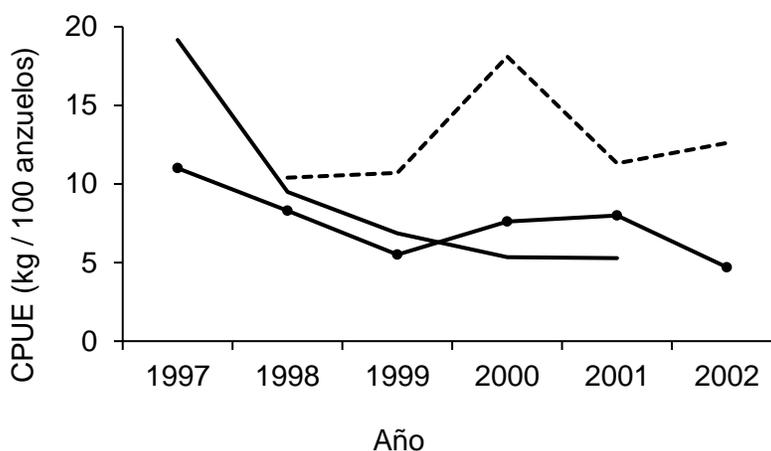


Figura 12. Captura por unidad de esfuerzo promedio anual de botes (CPUE; kg/100 anzuelos) en las flotas de Valparaíso (línea continua), San Antonio (línea con puntos) y Lebu (línea discontinua). Período: 1997 a 2002. Adaptado de Pavez *et al.* (2004).

En general la tendencia de la cpue de las flotas artesanales (botes) de Valparaíso y San Antonio en la captura de reineta fue fuertemente decreciente de 1997 a 2001, aunque la flota de Lebu exhibe una leve tendencia al alza, pero con máximo claro en 2000 (Fig. 12), los que podrían haber estado asociados a la menor disponibilidad en la V Región y mayor disponibilidad en la VIII Región o más al sur. Sin embargo, la fracción de lanchas de las mismas localidades exhibe que la tendencia general de la cpue es al alza, casi duplicándose en el mismo período (Fig. 13).

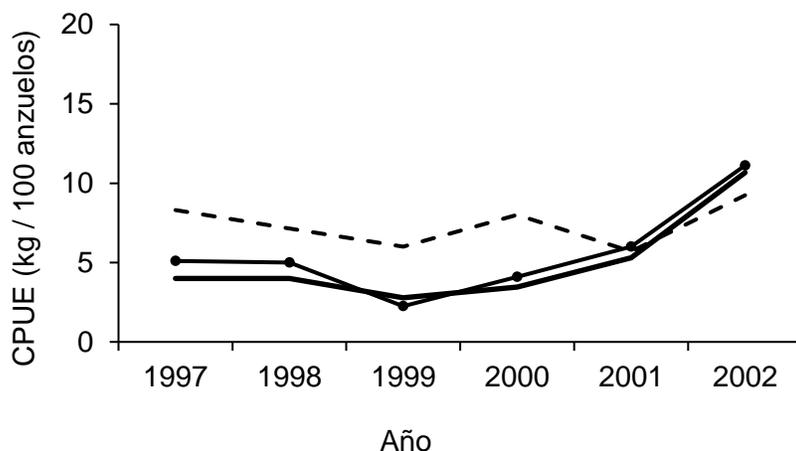


Figura 13. Captura por unidad de esfuerzo promedio anual de lanchas (CPUE; kg/100 anzuelos) en las flotas de Valparaíso (línea negra), San Antonio (puntos) y Lebu (línea discontinua). Período: 1997 a 2002. Adaptado de Pavez *et al.* (2004).

- **Longitud horquilla modal**

La longitud horquilla (LH; cm) modal en los desembarques de reineta de la V Región ocurrió con leve variación de 40 a 43 cm, solamente, de julio 1997 a septiembre 1998, con el mayor rango en otoño-invierno (Fig. 14). Por lo tanto, se podría inferir que esos peces pertenecían a una misma fracción del stock al haberse presentado la talla modal mensual con mínimas variaciones en los desembarques, lo que se confirma cuando se compara las tallas modales de dos estudios realizados casi simultáneamente en 1996/1997 en la IV Región (Acuña *et al.*, 1998) y en la V Región (Pavez *et al.*, 1998). En efecto, las tallas modales son similares para machos y hembras, y también los rangos de tamaños de reineta en los desembarques (Fig. 15). Posteriormente, Pavez *et al.* (2004) presentan las distribuciones de tallas anuales de reineta del período 1999 a 2002. De allí nosotros tomamos la talla modal de cada distribución para un análisis sinóptico (Fig. 16), revelándose que prácticamente no ocurrieron cambios, los que solo fueron entre 39 cm de LH (en 1999) y 40,5 cm de LH (en 2002). Esto permite inferir que los ejemplares de reineta capturados en Chile central y centro sur de fines de 1996 a 2002 pertenecerían a un mismo stock, habiéndose presentándose con regularidad en cuanto a modas.

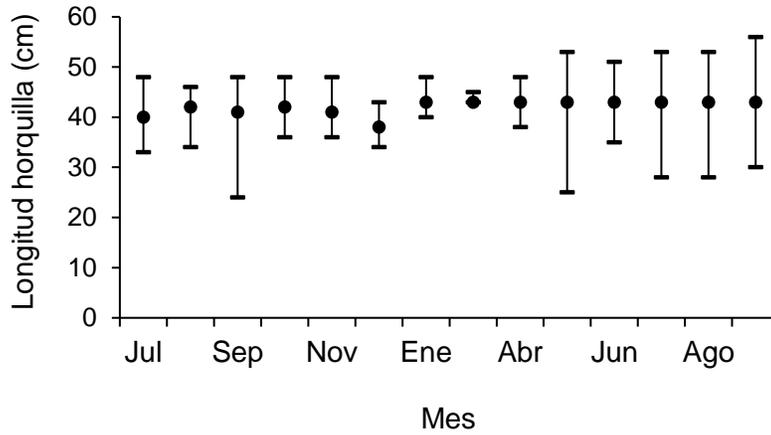


Figura 14. Moda y rango de tamaños en los desembarques mensuales de reineta de julio 1996 a septiembre 1997 en la V Región. Adaptado de Pavez *et al.* (1998).

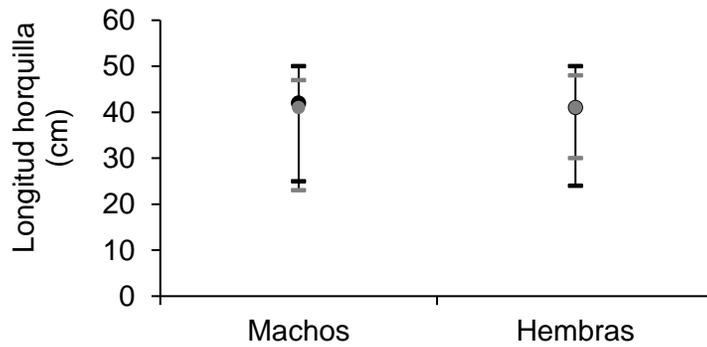


Figura 15. Moda y rango de tamaños por sexo en los desembarques de reineta en 1996/1997 en la IV Región, en negro (Acuña *et al.*, 1998), y en la V Región, en gris (Pavez *et al.*, 1998).

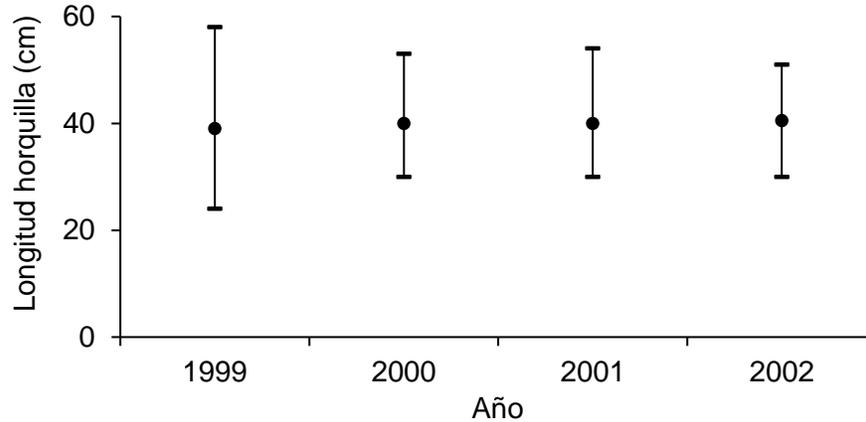


Figura 16. Moda y rango de tamaños en los desembarques anuales de reineta en la V Región. Período: 1999 a 2002. Adaptado de Pavez *et al.* (1998).

#### 4.2.3.2. Meta-análisis de parámetros de crecimiento de reineta

Los principales parámetros de crecimiento individual en longitud son la tasa instantánea de crecimiento individual ( $K$ ; año<sup>-1</sup>) y la longitud máxima teórica ( $L_{\infty}$ ; cm). El rango de  $K$  que ha sido informado para reineta en Chile es desde 0,129 (Galleguillos *et al.*, 2015) hasta 0,363 (Acuña *et al.*, 1998), con aparente disminución en el crecimiento individual promedio al aumentar la latitud (Fig. 17). Sin embargo, ello se debería a que  $L_{\infty}$  se presenta mayor hacia el sur (Fig. 18), pues estos dos parámetros están altamente correlacionados (Arancibia *et al.*, 2015). Dicho de otra manera, al presentarse los ejemplares de reineta de mayor tamaño absoluto (mayor  $L_{\infty}$ ) hacia el sur, entonces ello condiciona  $K$ , que será menor, pues ambas variables están directa e inversamente correlacionadas (Fig. 19) a través de la siguiente expresión:

$$K = 0,90 - 0,0115 * L_{\infty} \quad (r^2 = 0,40; n = 6)$$

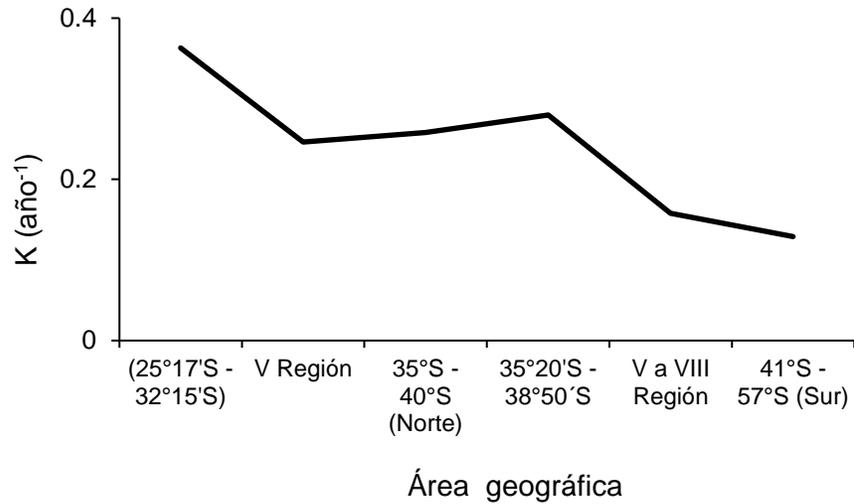


Figura 17. Tasa instantánea de crecimiento individual ( $K$ ; año<sup>-1</sup>) de reineta frente a Chile central y sur. Nota: resultados de Acuña *et al.*, 1998; Pavez *et al.*, 1998; Pavez *et al.*, 2004; Oyarzún *et al.*, 2013; Galleguillos *et al.*, 2015.

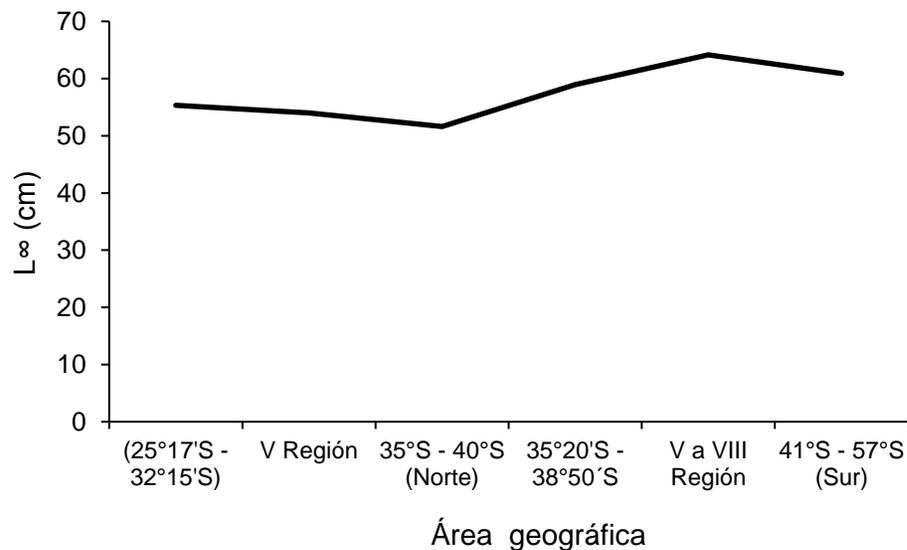


Figura 18. Longitud máxima teórica ( $L_{\infty}$ ; cm) de reineta frente a Chile central y sur. Nota: resultados de Acuña *et al.* (1998), Pavez *et al.* (1998), Pavez *et al.* (2004), Oyarzún *et al.* (2013) y Galleguillos *et al.* (2015).

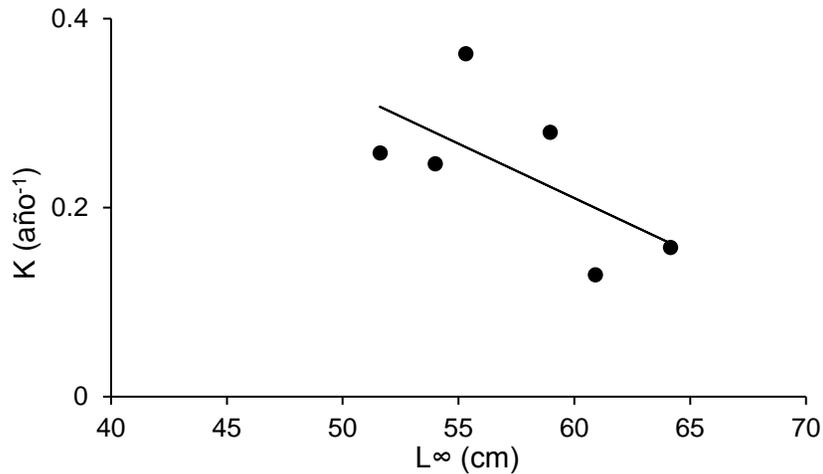


Figura 19. Relación entre la longitud máxima teórica ( $L_{\infty}$ ; cm) y la tasa instantánea de crecimiento individual en reineta (*Brama australis*) frente a Chile central y sur. Nota: resultados de Acuña *et al.* (1998), Pavez *et al.* (1998), Pavez *et al.* (2004), Oyarzún *et al.* (2013) y Galleguillos *et al.* (2015).

- **Tercera Invariante de Beverton & Holt (*sensu* Charnov, 1993; Jensen, 1996)**

Para avanzar un poco más en este meta-análisis a partir de resultados previos en reineta, se somete a prueba la tercera invariante ( $C_3$ ) de Beverton & Holt (Charnov, 1993; Jensen, 1996), cuya expresión es la siguiente:

$$C_3 = L_{50\%} / L_{\infty}$$

donde:  $L_{50\%}$  es la talla media (cm) de madurez de las hembras, que para reineta ha sido estimada en 39 cm de LH (Acuña *et al.*, 1998; Pavez *et al.*, 1998);  $L_{\infty}$  es la longitud máxima teórica (cm), que para reineta ha sido estimada en 59 cm de LH (Oyarzún *et al.*, 2013). Consecuentemente, para reineta se tiene que  $C_3$  es 0,68 (s.d.=0,04; C.V.=0,06; n=5), lo que es muy similar a lo que predice la teoría (Charnov, 1993), esto es, que  $C_3$  es 0,66. Dicho de otra manera, el potencial reproductivo de reineta ocurre justo o muy cerca de 2/3 de  $L_{\infty}$ .

#### 4.2.3.3. Aspectos reproductivos de reineta en Chile

- **Talla media de madurez ( $L_{50\%}$ )**

Diversos estudios en Chile, en un período de 15 años, revelan que el rango de  $L_{50\%}$  en hembras de reineta ha ocurrido de 35 cm hasta 44 cm de LH con tendencia creciente (Fig. 20). La moda (valor que más se repite) es 37 cm de LH. El período reproductivo se extiende desde junio hasta septiembre, con el máximo en julio y agosto (Fig. 21).

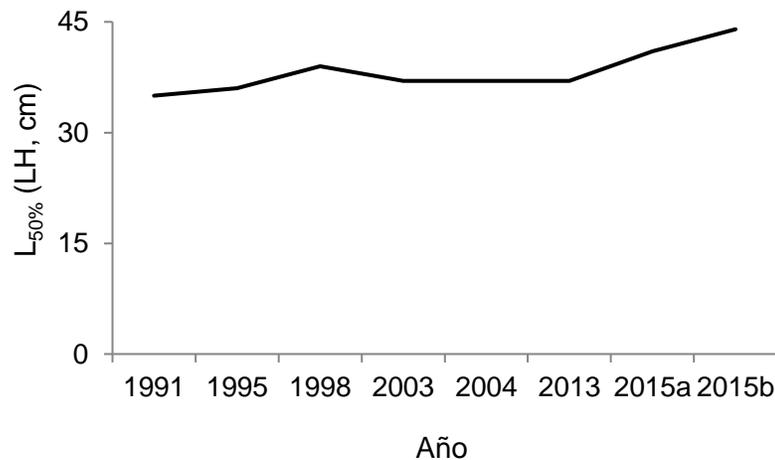


Figura 20. Talla media de madurez ( $L_{50\%}$ ) en hembras de reineta en Chile. Período: 1991 a 2015. Para el último año, “2015a” corresponde a la zona norte y “2015b” a la zona sur.

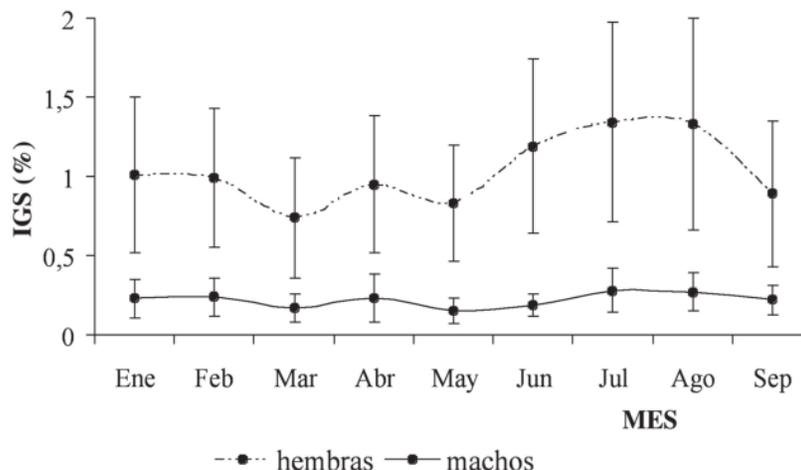


Figura 21. Índice gónado-somático mensual en hembras de reineta. Tomado de Leal & Oyarzún (2003).

#### 4.2.3.4. Mortalidades natural (M; año<sup>-1</sup>) y total (Z; año<sup>-1</sup>) de reineta

Para la reineta capturada en Chile se ha informado que M es entre 0,46 y 0,607 año<sup>-1</sup> (promedio de M: 0,50) y que Z es entre 0,82 y 0,90 año<sup>-1</sup> (promedio de Z: 0,86) (Tabla 5).

Tabla 5. Mortalidades natural (M) y total (Z) de *B. australis* según diversos autores en Chile presentados de norte a sur.

Localidad	M (año <sup>-1</sup> )	Z (año <sup>-1</sup> )	Referencia
25°17'S - 32°15'S	0,607		Acuña <i>et al.</i> (1998)
V Región	0,46	0,82	Pavez <i>et al.</i> (1998)
35°20'S - 38°50'S	0,46	0,9	Oyarzún <i>et al.</i> (2013)
V a VIII Región	0,47		Pavez <i>et al.</i> (2004)
<b>Promedio</b>	0,50	0,86	

#### 4.2.3.5. Reineta como bycatch en cruceros de merluzas

Normalmente la captura de reineta como bycatch en lances de arrastre en cruceros acústicos de merluza común, merluza del sur y merluza de tres aletas es menor o cercana a 1% de las

capturas totales. Sin embargo, particularmente en algunos cruceros de merluza del sur, la reineta ha aportado con más de 3% a las capturas totales, como en 2004, 2005 y 2007 (Fig. 22). Se debe probar si estos cambios son significativos, aunque podrían deberse a mayor disponibilidad del recurso reineta en lances de arrastre realizados para capturar merluzas con artes de pesca arrastreros. Esta información se presenta referencialmente.

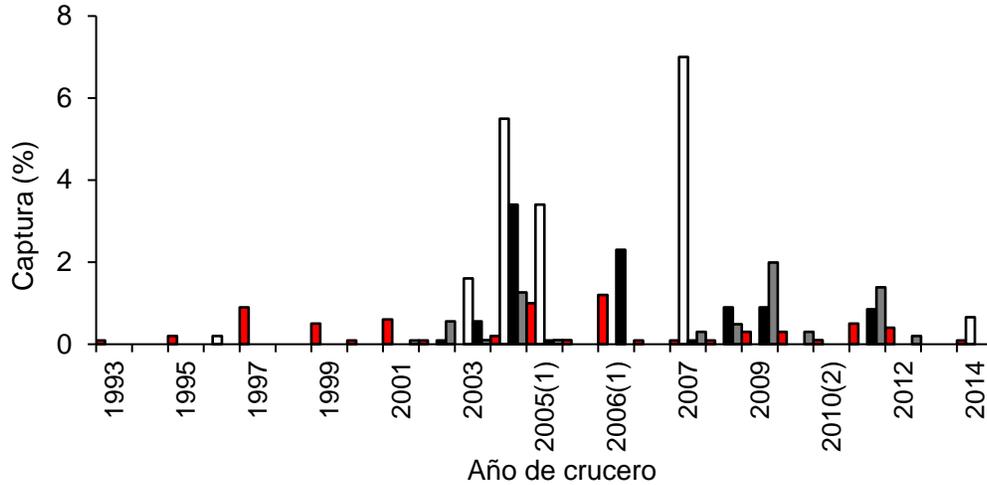


Figura 22. Captura relativa (%) de reineta respecto de las capturas totales en lances arrastreros de identificación en cruceros de merluza común (barra roja), merluza del sur (barra blanca), merluza de tres aletas (barra negra) y merluza del sur y cola (barra gris).

Sin embargo, la situación es distinta cuando se analiza el aporte relativo de reineta a las capturas totales en cruceros de evaluación de merluza de cola (Fig. 23). En efecto, cuando se captura reineta –que no es usualmente–, allí su aporte relativo ha sido de 4% (mínimo, año 2004) a 40% (máximo, año 2007), lo que se debería a que el arte de pesca arrastrero es de media agua, no de arrastre de fondo (propriadamente tal o levantado del fondo).

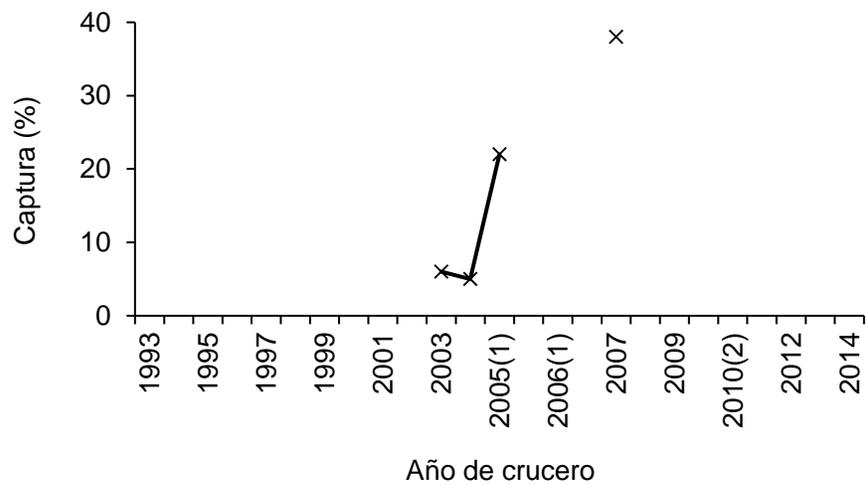


Figura 23. Captura relativa (%) de reineta respecto de las capturas totales en lances arrastreros de media agua de identificación en cruceros de merluza de cola.

#### 4.2.4. Discusión

La literatura gris disponible de reineta para el presente proyecto se refiere a estudios de “Seguimientos” y “Estatus” que se ejecuta en exclusividad por ley e informa el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), ambos financiados directamente por el Ministerio de Economía (MINECOM) a través de la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. Esos estudios se enmarcan en convenios anuales de desempeño institucional de IFOP con el MINECOM, y se realizan desde 2013. El propósito es generar información de primera fuente para evaluaciones de stock y estimación de capturas biológicamente aceptables (CBA), las que son revisadas por los respectivos Comité Científico-Técnicos de la Subsecretaría de Pesca (SubPesca), y es utilizada como referencia para fijar la cuota total permisible (CTP), cuyo máximo es  $\pm 20\%$  de la CBA acordada. Entonces, los estudios de “Seguimientos” y “Estatus” (e.g. Espíndola *et al.*, 2016; Leal *et al.*, 2017) son documentos técnicos rutinarios sin el escrutinio de un comité editor, esto es, no corresponden *sensu stricto* a publicaciones científicas, aunque son de uso por investigadores y funcionarios de la institucionalidad, y tomadores de decisiones (stakeholders). Cuando los informes finales de ese tipo de estudios son aprobados y las CTP's acordadas (hasta el 31 de diciembre de cada año), entonces los informes finales quedan liberados y pueden ser requeridos a IFOP o al MINECOM por cualquier persona natural o jurídica directamente o a través de la Ley de Transparencia. Afortunadamente esta forma de obtener información (resultados de proyectos a través de informes finales sancionados) es ahora una práctica regular en Chile, pues cotidianamente se la requiere a las instituciones señaladas. Y, ciertamente, algunos pocos documentos han quedado disponibles para el presente proyecto. Además, desde aquellos un investigador puede realizar meta-análisis, esto es, aplicar una metodología de investigación para revisar, ordenar y sintetizar resultados de una pregunta de investigación, lo que surge de la necesidad de realizar revisiones más rigurosas y sistemáticas de la literatura científica y técnica disponible; revisiones capaces de establecer conclusiones más precisas (Botella & Gambará, 2006). Este tipo de literatura gris (documentos técnicos) en instituciones de investigación del Estado es la forma en que aquellas comunican sus resultados a quienes corresponda.

Además de los Seguimientos y Estatus, también existe literatura gris disponible en Chile a través de informes finales de proyectos de investigación financiados por el Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA), los que pueden ser obtenidos directamente de [www.fip.cl](http://www.fip.cl), excepto para aquellos recursos pesqueros considerados estratégicos, como el jurel (*Trachurus murphyi*) y el pez espada (*Xiphias gladius*). Para el caso específico de reineta (ver numeral 4.2.3) existe escasa información, y se refiere a tópicos considerados prácticamente locales tal como caracterización de la pesquería, evaluación de pesquerías, ordenamiento de la pesquería, origen y distribución (basado en genética).

La otra fuente de información de resultados científicos de reineta (Tabla 2, Anexo 1. Dossier bibliográfico) corresponde a publicaciones científicas en revistas con comité editor, más frecuentemente revistas de corriente principal ISI, incluso chilenas, siendo los temas variados en reproducción, genética, alimentación, parasitismo, edad y crecimiento, mortalidad y distribución. Dado que los trabajos científicos (papers) han sido publicados en revistas ISI, se asume que la calidad de aquellos cumple con estándares científicos que el editor y el comité editor de cada revista establecen para sus publicaciones. Consecuentemente, la confección del dossier bibliográfico en este proyecto no contempló la evaluación o jerarquización de la calidad de las publicaciones; haberlo hecho habría sido pecar de presumido. La tasa de publicaciones en reineta del año 2000 al 2010 fue de cuatro publicaciones, disminuyendo a tres en los años 1990. Sin embargo, la tasa de publicación en los últimos 7 años (2011 a 2017) se observa un incremento de casi una publicación ISI anual. Las publicaciones científicas de reineta en Chile se deben a investigadores de universidades o como consecuencia de trabajos de investigación derivados de tesis de pre y postgrados en universidades, que posteriormente se incorporaron a IFOP o SubPesca.

#### 4.2.5. Conclusiones

- Se construyó un dossier electrónico en ENDNOTE con informes técnicos y publicaciones científicas indexadas de la historia de vida de reineta (*Brama australis*) y de otras especies del género *Brama* a nivel nacional e internacional.
- La información disponible de historia de vida y distribución del género *Brama* en Chile es escasa.
- La tasa de publicaciones científicas indexadas es extraordinariamente baja para reineta, encontrándose menos de 2 publicaciones en la década de los 2000, lo que aumentó a poco menos de 1 publicación por año desde el 2011. Por lo tanto, una tarea ineludible de corto plazo (próximo 3 años) y mediano plazo (próximos 5 años) es incentivar y premiar que investigadores chilenos de IFOP y SubPesca destinen esfuerzos a publicar en revistas ISI de corriente principal. Una alternativa es que ellos se asocien con investigadores de universidades, quienes tienen experiencia en publicar en las principales revistas ISI en áreas de interés en investigaciones marinas y pesqueras.

#### 4.2.6. Referencias Bibliográficas

- Arancibia H., Barros M., Neira S., Alarcón R., Gretchina A., Yáñez A., Ibáñez C., Cisterna L., Zúñiga A., Bruno C., Núñez S., Alegría N., Acuña E., Cortés A. 2016. Informe Final (corregido) Proyecto FIP 2013-18. Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales. Universidad de Concepción / INPESCA / UCN, 381 p.
- Arancibia, H. 2015 (editor). Hakes: Biology and Exploitation. Fish and Aquatic Resources Series 17, John Wiley and Sons Ltd, UK, 348 p.
- Acuña E., Arancibia H., Flores H., Cid L., Moraga J., Meléndez R. 1998. Informes Técnicos FIP. FIP – IT / 96-06. Informe Final Proyecto FIP 96-06. Caracterización de las pesquerías de palometa, reineta, cojinoba y dorado en la III y IV Regiones. Universidad Católica del Norte y Universidad de Concepción, 158 p.
- Cancino C., Peña A., Garviso P. 1999. Caracterización morfológica de *Brama australis* (Valenciennes, 1837) (Perciformes; Bramidae) de la bahía de Valparaíso, Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 34(2): 181-195.
- Charnov E. 1993. Life history invariants. Oxford University Press, New York. xv + 167 pp. DOI: 10.1046/j.1420-9101.1994.7030399.x
- Espíndola F., Gálvez P., Sateler J. 2016. Informe de Estatus. Convenio de desempeño 2015. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2016: Reineta, 2017. Subsecretaría de Economía y EMT. 55 p. Valparaíso, Chile.
- Espinoza P., Galleguillos R., Astete S. 2002. Análisis isoenzimático en *Brama australis* Valenciennes 1837 (Pisces, Perciformes, Bramidae) en la zona centro-sur de Chile. Gayana 66(2): 237-242.
- Galleguillos R., Ferrada S., Canales C., Herrera V., Oliva M., Niklitschek E., Toledo P., Leal E., Carrasco C., Pedraza M. 2015. Origen natal y distribución geográfica de reineta en Chile. Informe Final Proyecto FIP 2013-21.
- Gálvez P., Sateler J., Belmar K., Young Z., Garcés E., San Juan R., Olivares J., Riquelme K., González J. 2014. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas, 2013. Sección II: Demersales Centro Sur, 2013. Informe Final, 205 p. García C. & J. Chong. 2002. Composición de la dieta de *Brama australis* Valenciennes 1837 en la zona centro-sur de Chile (VIII Región) en otoño 2000 y verano 2001. Gayana (Concepción) 66(2): 225-230.

- Jensen A. L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 820–822.
- Leal E., Oyarzún C. 2002. Parámetros biológico-pesqueros de reineta *Brama australis* Valenciennes 1837 en la zona de pesca de Lebu (37°37'S-73°40'W), Chile. *Gayana* 66(2): 231-235.
- Oyarzún C., Cortés N., Leal E. 2013. Age, growth and mortality of southern rays bream *Brama australis* (Bramidae) off the southeastern Pacific coast. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48(3): 585-590.
- Pavez P., Cerisola H., González C., Hurtado C. 1998. Análisis y evaluación de la pesquería de la reineta (*Brama australis*) en el litoral de la V Región. Informe Final Proyecto FIP 96-26, 125 pp.
- Pavez P., Cerda R., Melo T., Hurtado C., Queirolo D., Martínez A., Montenegro I. 2004. Ordenamiento de la pesquería de reineta. FIP 2002-25. 196+anexos.
- Pavlov Yu. P. 1991a. *Brama australis* Valenciennes- A valid species of Sea Bream (Bramidae) from Southeastern Pacific Ocean. *J. Ichthyol*, 31 (5): 6-9.
- Pavlov Yu. P. 1991b. Information on morphometric and ecology of pomfret of the genus *Brama* inhabiting the southeastern Pacific Ocean. *J. Ichthyol.*, 31(2): 120-124.
- Puentes V., Rubio E. A., Zapata L. A. 2001. Primer registro del género *Taractes* (Pisces: Bramidae) en el océano Pacífico colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* (30): 207-212

### **4.3. Objetivo Específico 2**

Revisar y analizar información pesquera generada en estudios previos de reineta, en particular distribución de tamaños en las capturas, tallas medias, capturas totales (toneladas), esfuerzo de pesca, cpue u otros, si existieren.

#### **4.3.1. Resumen**

Se analiza antecedentes del recurso reineta *B. australis* provenientes de bases de datos de proyectos del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA), particularmente de evaluación directa de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, donde la reineta aparece como fauna acompañante en cruceros efectuados desde 2004 hasta 2009. La reineta estuvo presente en 22% de los lances de arrastre (lances de identificación). Se consolidó una base de datos de lances de pesca georreferenciados (n = 13.302 lances) con captura de reineta desde 1997 hasta 2015 a partir de diversas bases de datos solicitadas a la Subsecretaría de Pesca con motivo de este estudio. Con la información disponible se analizó la distribución espacial de la captura por lance de pesca acumulada en celdas de 10 mn de longitud por 15 mn de latitud, desde 31°53'S hasta 56°58'S, y hasta 70 mn de la costa hacia el oeste. Latitudinalmente las mayores capturas acumuladas de reineta, para todo el periodo analizado, se concentraron entre 35° y 47° S. También se analizó la composición de tamaños anuales para los períodos 2000-2003, 2005-2008, 2010 y 2013-2015 en la zona centro-sur; y los años 1997-1998, 2000, 2002, 2005-2006, 2009-2010 y 2013-2015 en la zona sur-austral.

#### **4.3.2. Metodología de trabajo**

##### **4.3.2.1. Fuentes de información**

Para el análisis de la información pesquera generada en estudios previos se solicitó las bases de datos de proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) de evaluaciones directas de merluza común, merluza del sur y merluza de cola, independientemente, siendo el propósito

indagar si el recurso reineta aparece como fauna acompañante. También se solicitó las bases de datos de proyectos de evaluación directa de langostino amarillo (*Cervimunida johni*), langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), pues también podría haber sido posible la aparición de reineta como fauna acompañante, aunque más esporádica.

Respecto de la información biológica, se dispone de bases de datos (período 2000 a 2015) del “Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Zona Centro-Sur” y “Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Zona Sur-Austral”, los que son ejecutados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Estas bases fueron solicitadas anteriormente con motivo de otros proyectos de investigación FIP ya ejecutados por nosotros.

#### **4.3.2.2. Análisis espacio-temporal del esfuerzo y rendimiento de pesca**

Cada especie ocupa un determinado lugar en el espacio; algunas presentan amplio rango de distribución geográfico, aunque con distintos niveles de abundancia y/o densidad, normalmente con un núcleo de mayor densidad desde donde se irradia la población biológica, caracterizándose también porque la densidad es menor hacia la periferia de la distribución. En el caso de especies que son recursos pesqueros, esto es, presentan interés comercial actual o potencial, es necesario delimitar aquellas áreas donde la densidad poblacional es atractiva desde el punto de vista del pescador, esto es, de las flotas extractivas comerciales, las que son denominadas caladeros o zonas de pesca (Rothschild & Suda, 1977). De aquí que la actividad pesquera extractiva ocurra regular y sistemáticamente en caladeros, reconocidos por la propia actividad histórica, transmitiéndose y manteniéndose la información entre generaciones de pescadores.

En el presente proyecto la identificación de caladeros de pesca de reineta se realiza integrando globalmente información de lances de pesca positivos y negativos de la data existente en bitácoras de pesca que recibe regularmente SernaPesca y el Programa de Observadores Científicos de la Subsecretaría de Pesca, y que son incorporadas al sistema de información georreferenciado (SIG) que sostiene SernaPesca. La identificación de caladeros de pesca de

reineta se realiza en cartas náuticas oficiales del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) para cada área de estudio, que puede ser desde la IV o V Regiones hasta la X o XI Regiones, dependiendo de la información histórica disponible, calidad y confiabilidad, lo que se verifica en un proceso previo de validación, esto es, se elimina datos “fuera de rango”, lo que es común en bitácoras de pesca.

#### **4.3.2.3. Distribución espacial de la densidad poblacional**

Con información del rendimiento de pesca de reineta como especie objetivo en la pesquería artesanal de la VII, VIII y X Regiones, o como fauna acompañante en la pesquería de merluza común (más información adicional que pudiere haber en lances de pesca de identificación de cruceros de evaluación acústica de merluza común que se realiza en julio/agosto de cada año casi regularmente), de la pesquería de merluza del sur y merluza de cola, se construye cartas de distribución espacial de la densidad poblacional. Se usa celdas de tamaño 10 mn de longitud por 15 mn de latitud, calculándose luego la densidad media por celda, análogamente a lo que se realizó, por ejemplo, con la densidad poblacional de merluza del sur (*Merluccius australis*) en el mar interior de Chiloé en el proyecto “Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral” (Fig. 24). Las cartas de distribución son construidas para datos agregados anualmente.

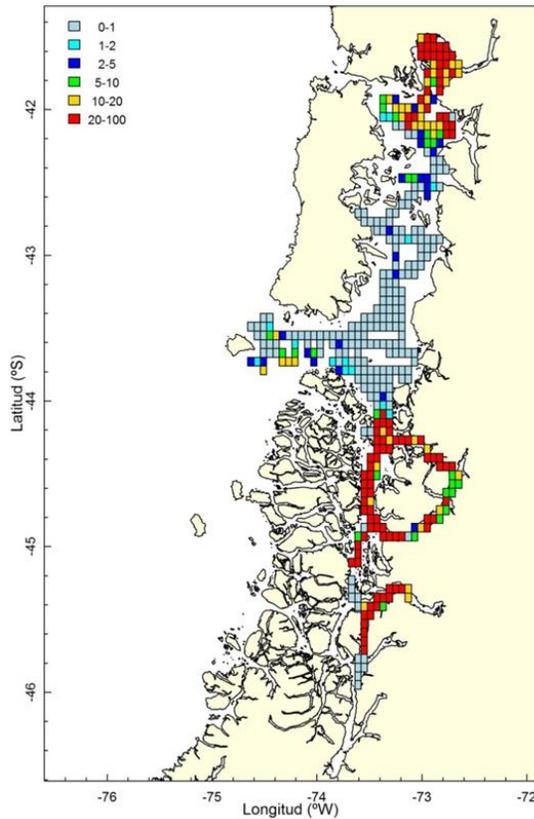


Figura 24. Distribución espacial de la densidad poblacional promedio ( $\text{ton}/\text{mn}^2$ ) de merluza del sur (*Merluccius australis*) en el verano de 2003. Tomado de informe final del proyecto “Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral” (ver Neira *et al.*, 2015).

#### 4.3.2.4. Composición de tamaño de la captura

La composición por tallas mensuales en las capturas históricas (en número) se determina de acuerdo a la suma de las frecuencias de tallas obtenidas de cada embarcación muestreada en el mes respectivo. Sin embargo, debido a que algunas embarcaciones pueden operar en áreas en que la estructura de tallas sea distinta a la estructura de tallas de otras embarcaciones operando en otras áreas, entonces a la frecuencia de tallas de cada embarcación muestreada se le asigna

un ponderador, el 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  $WM_i$  es el peso de la muestra obtenida de la embarcación  $i$ .

Por lo tanto, la frecuencia mensual 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:  $f_{i,j}$  es la frecuencia de la longitud  $j$  en el mes  $t$ ;  $f_{i,t,j}$  es la frecuencia de la longitud  $j$  en el mes  $t$  del barco  $i$ ;  $FP_i$  es el factor ponderador para el barco  $i$ ;  $n$  es el número total de frecuencias de tallas obtenidas en el mes  $t$ .

El procedimiento descrito genera distribuciones de frecuencia de tallas insesgadas con respecto a la magnitud de las capturas de las embarcaciones muestreadas. Luego de obtenida la distribución de frecuencias de tallas para el mes  $t$ , entonces la 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 mes  $t$ ;  $C_t$  es la captura (o desembarque) en el mes  $t$  (toneladas);  $w_{j,t}$  es el peso promedio de los ejemplares de la clase de longitud  $j$  en el mes  $t$  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 mes  $t$ .

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 son aplicados para los desembarques obtenidos por la flota artesanal y por la flota industrial, así como por regiones, o caladeros.

Las frecuencias de tallas provienen de muestras aleatorias con probabilidad que se ajusta a un modelo multinomial. En este caso, si  $P_j$  es la probabilidad de encontrar un ejemplar de la clase de tamaño  $j$ , muestreado al azar en la población, entonces la probabilidad de observar una longitud de frecuencia  $f_j$  es igual a una constante dada por la siguiente expresión:

$$\prod_{j=1}^k P_j^{f_j}$$

donde  $k$  es el número total de clases de longitud. Los estimadores de máxima verosimilitud se encuentran maximizando la expresión anterior, o bien maximizando la siguiente probabilidad logarítmica:

$$\sum_{j=1}^k f_j \ln(P_j)$$

No obstante, el estadístico  $A$  introducido por Schnute & Fournier (1980) es más conveniente que la función de probabilidad logarítmica (Fournier *et al.*, 1990; Fournier *et al.*, 1991), i.e.

$$A = 2 \sum_{j=1}^k f_j \ln(Q_j / Q_j^*)$$

donde:  $Q_j$  es la proporción de peces observada a la longitud  $j$ ;  $Q_j^*$  es la probabilidad esperada de que un pez sea de la longitud  $j$ . La ventaja de la última expresión es que el estadístico  $A$  se distribuye asintóticamente como una variable  $X^2$ .

#### 4.3.2.5. Relación talla-peso

Unos de los aspectos básicos registrados 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 estudiado, como es el caso de la estructura de tamaños (o peso) o determinar la relación longitud-peso específica, en el presente caso para reineta. 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.

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

$$w = aL^b + \varepsilon$$

donde:  $w$  es el peso (g),  $L$  es la longitud (cm o mm);  $a$  y  $b$  son constantes;  $\varepsilon$  es la medida de error.

El método de estimación de los parámetros de la relación longitud-peso consiste en Mínimos Cuadrados No Lineales (MCNL), el que se basa en minimizar la suma de los errores cuadráticos ( $S(\theta)$ ) partiendo de la Ecuación General para Modelos No Lineales, cuya forma es:

$$y = f(\mathbf{X}_u; \Theta) + \varepsilon$$

Sea

$$S(\Theta) = \sum_{u=1}^n [y_u - f(X_u; \Theta)]^2$$

La solución a tal ecuación se obtiene por la derivación del término dentro de la sumatoria respecto de cada parámetro, que considera el vector de parámetros  $\theta$ , de la forma siguiente:

$$S(\Theta) = \sum_{u=1}^n \left[ y_u - f(X_u; \Theta) \left( \frac{\partial f(X_u; \Theta)}{\partial \Theta} \right)_{\theta=\hat{\theta}} \right]$$

En el caso de la ecuación que describe la relación longitud horquilla (LH) vs. peso total  $w = aLH^b + \varepsilon$ ,  $S(\theta)$ , tiene la siguiente forma:

$$S(a, b) = \sum_{i=1}^n \varepsilon^2 \qquad S(a, b) = \sum_{u=1}^n (w_u - aLH^b)$$

ya que  $f(w) = aLH^b$

$$\frac{\partial f}{\partial a} = LH^b \qquad \text{y} \qquad \frac{\partial f}{\partial b} = abLH^{b-1}$$

si  $a = a_j$  y  $b = b_j$  en la iteración  $j$ , entonces se tiene que

$$w_u - f_u^j = [LH_u^b] \cdot [a_{ju} - a_j] + [abLH_u^{b-1}] \cdot [b_{j+1} - b_j]$$

Debido a que el resultado de esta ecuación no puede ser encontrado mediante álgebra tradicional, entonces se debe utilizar un método iterativo para estimar los parámetros  $a$  y  $b$ , lo que se realiza tanto para machos como para hembras, independientemente de la condición reproductiva de los ejemplares estudiados, como para ambos sexos en conjunto.

### 4.3.3. Resultados

#### 4.3.3.1. Fuentes de información disponibles

Para el análisis de la información pesquera generada en estudios previos se solicitó las bases de datos de proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) de evaluación directa de merluza común, merluza del sur y merluza de cola donde el recurso reineta aparece como fauna acompañante. Al respecto, dada la diversidad de formatos en las que se encuentran las bases de datos, su procesamiento ha sido lento. La base de datos analizada contempla 250 lances de pesca; la reineta estuvo presente en 22% de ellos (Tabla 6).

Tabla 6. Número de lances de pesca con presencia de la especie en los lances de pesca de identificación en las evaluaciones acústicas de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, y las principales especies de la fauna acompañante. Período: 2004 a 2009.

Año	Nombre vernacular de las especies					
	Merluza austral	Merluza de cola	Merluza tres aletas	Congrio dorado	Reineta	Otras
2004	33	35	12	3	21	19
2005	7	20	23		9	6
2007	36	60	17	5	21	30
2008	23	22		12	3	23
2009	28	36			1	8
Total	127	173	52	20	55	86

También se solicitó las bases de datos de proyectos de evaluación directa de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon. Al respecto, se colectó las bases de datos de los estudios realizados desde 1993 hasta 2015 (30.549 lances de pesca de arrastre), encontrándose reineta sólo en uno de ellos (crucero del año 2000; Tabla 7), correspondiendo a un ejemplar pequeño de 600 gr, aprox. (Arana *et al.*, 2000).

Tabla 7. Número de lances de pesca con presencia de *B. australis* en los lances de pesca de la evaluación directa de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon, y las principales especies de la fauna acompañante. Período: 1993 a 2015.

Año	Nombre vernacular de las especies						
	Langostino amarillo	Langostino colorado	Camarón nailon	Merluza común	Reineta	Lenguado ojos gran.	Otras
1993	63	159	57	98		72	110
1995	1.397	1.327	515	1.116		88	355
1996	1.832	1.800	784	1.313		323	618
1997	2.379	38	66	129		104	138
1998	50	37	129	207		136	235
1999	371	218	408	699		498	771
2000	298	186	431	606	1	415	675
2001	32	19	144				
2002	738	378	1.241	1.725		1.240	1.953
2003	456	269	705	864		629	944
2004	541	293	660	893		539	784
2005	436	219	577	877		575	943
2006	482	323	463	1.122		545	925
2007	323	219	318	644		532	591
2008	546	407	624	958		864	950
2009	513	388	777	292		198	288
2010	97	44	115				
2011	302	424	550	736		569	558
2012	315	451	562	896		633	650
2013	370	407	593	778		480	566
2014	102	54	271	250		134	211
2015	133	117	362	369		174	326
Total	11.676	7.777	10.352	14.572	1	8.748	12.591

#### 4.3.3.2. Análisis espacio-temporal del esfuerzo y rendimiento de pesca

A partir de diversas bases de datos solicitadas con motivo de otros proyectos de investigación desarrollados por profesionales del equipo de trabajo, junto con las bases de datos solicitadas a SubPesca con motivo de este estudio, se consolidó una base de datos de lances de pesca georeferenciados con captura de reineta de 1997 a 2014 con 13.302 lances de pesca de arrastre, espinel y palangre. El mayor aporte de información provino de lances de pesca de arrastre (84,4%), tanto de la flota de la zona centro-sur como de la flota arrastrera sur-austral (Tabla 8). No obstante que en los años recientes (2010 a 2014) se observa mayor esfuerzo de pesca (número de lances) debida a la flota palangrera (Fig. 25).

Tabla 8. Número de lances de pesca con presencia de reineta en los lances de pesca de arrastre, espinel (artesanal) y palangre (industrial). Período: 1997 a 2014.

Año	Arte de pesca			Total
	Arrastre	Espinel	Palangre	
1997	579			579
1998	1.452			1.452
1999	533			533
2000	828			828
2001	948			948
2002	651			651
2003	155			155
2004	1.059	569		1.628
2005	717	260		977
2006	1.318	177		1.495
2007	988	1		989
2008	665			665
2009	584	3		587
2010	615	3	108	726
2011			274	274
2012			418	418
2013	245		167	412
2014	358		101	459
2015	153			153
Total	11.848	1.013	1.068	618

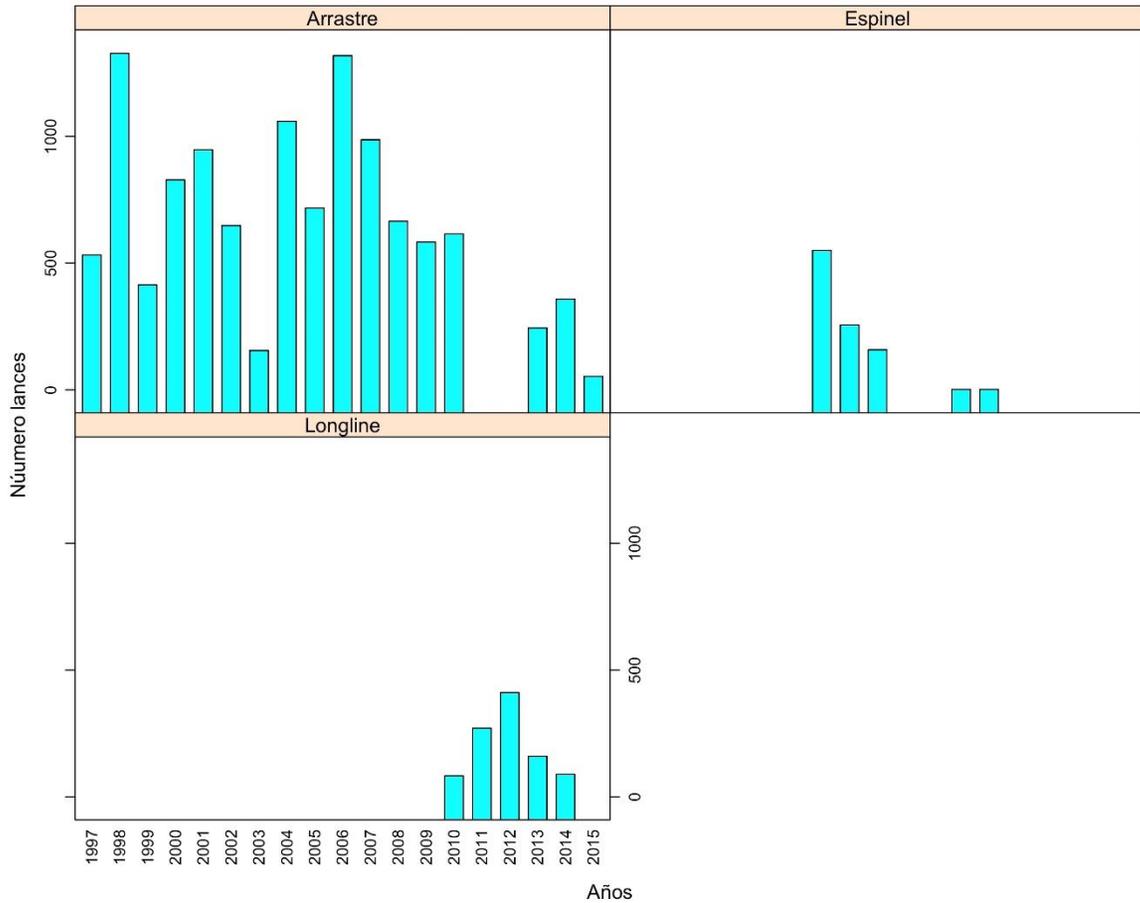


Figura 25. Número de lances de pesca con captura de reineta según arte de pesca/flota. Período: 1997 a 2015.

Se analizó la distribución de la captura por lance de pesca acumulada en celdas de 10 mn de longitud por 15 mn de latitud. La distribución espacial de las capturas de reineta se extiende desde 31°53'S hasta 56°58'S, y hasta 70 mn de la costa en su extensión más oceánica. Las mayores capturas acumuladas se concentran de 35° a 47° S (Fig. 26). En la escala anual se observa dos grandes zonas de concentración de capturas, a saber: una de 37°S a 40°S y otra de 41°30'S a 47°S. Las capturas de reineta al sur de 47°S fueron escasas en todos los años considerados (Figs. 27, 28, 29, 30 y 31). La información disponible para el año 2015 es preliminar y fue obtenida de algunos proyectos de investigación finalizados, existiendo otros en ejecución que probablemente podrán aportar más información y sus bases de datos estén disponibles.

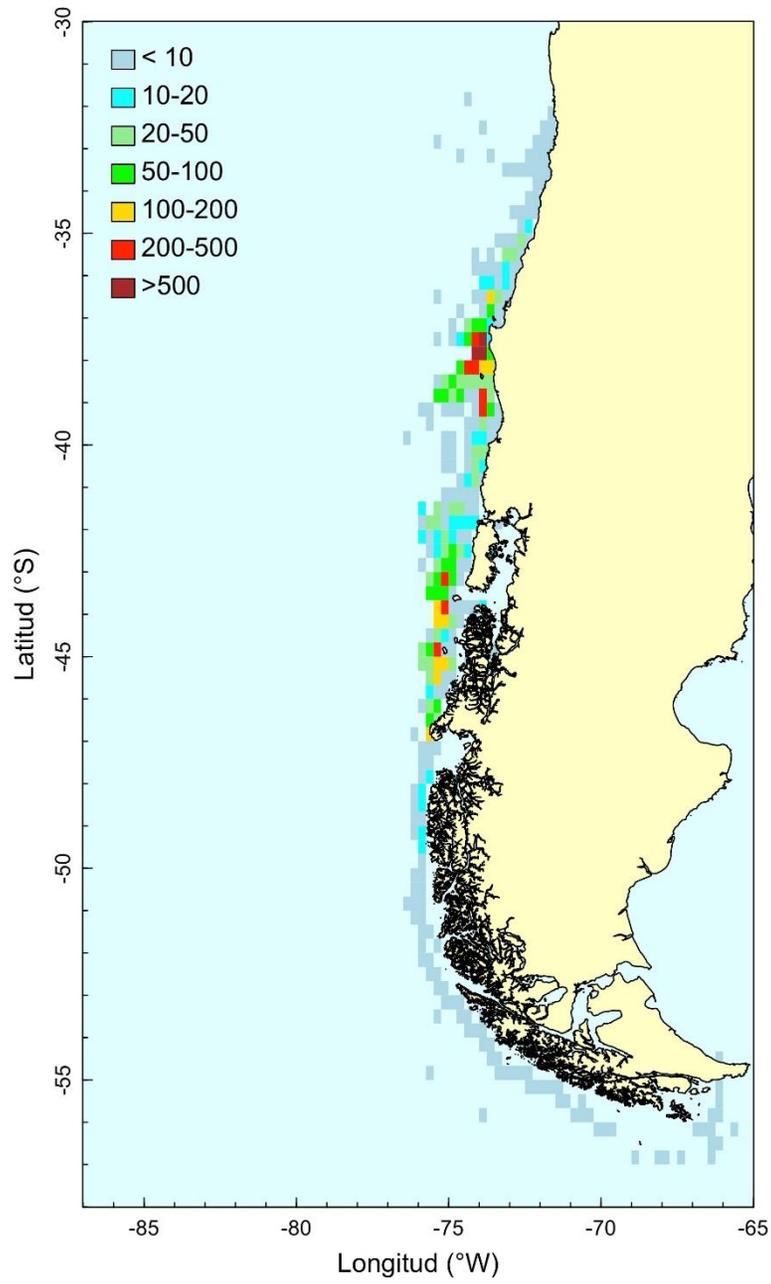


Figura 26. Distribución espacial de la captura de *B. australis* acumulada por celda (t). Período: 1997 a 2015.

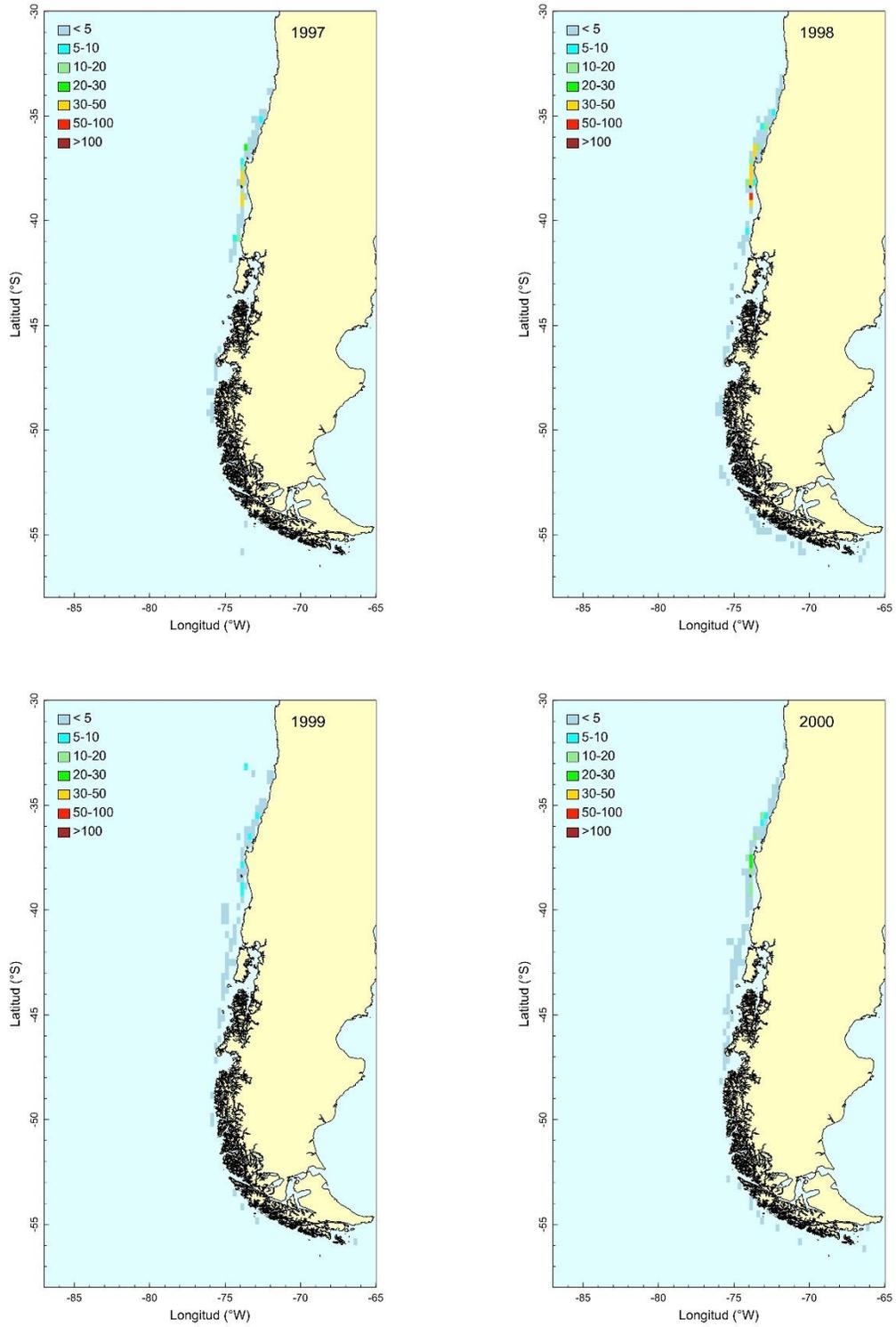


Figura 27. Distribución espacial de la captura de *B. australis* acumulada por celda (t). Período: 1997 a 2000.

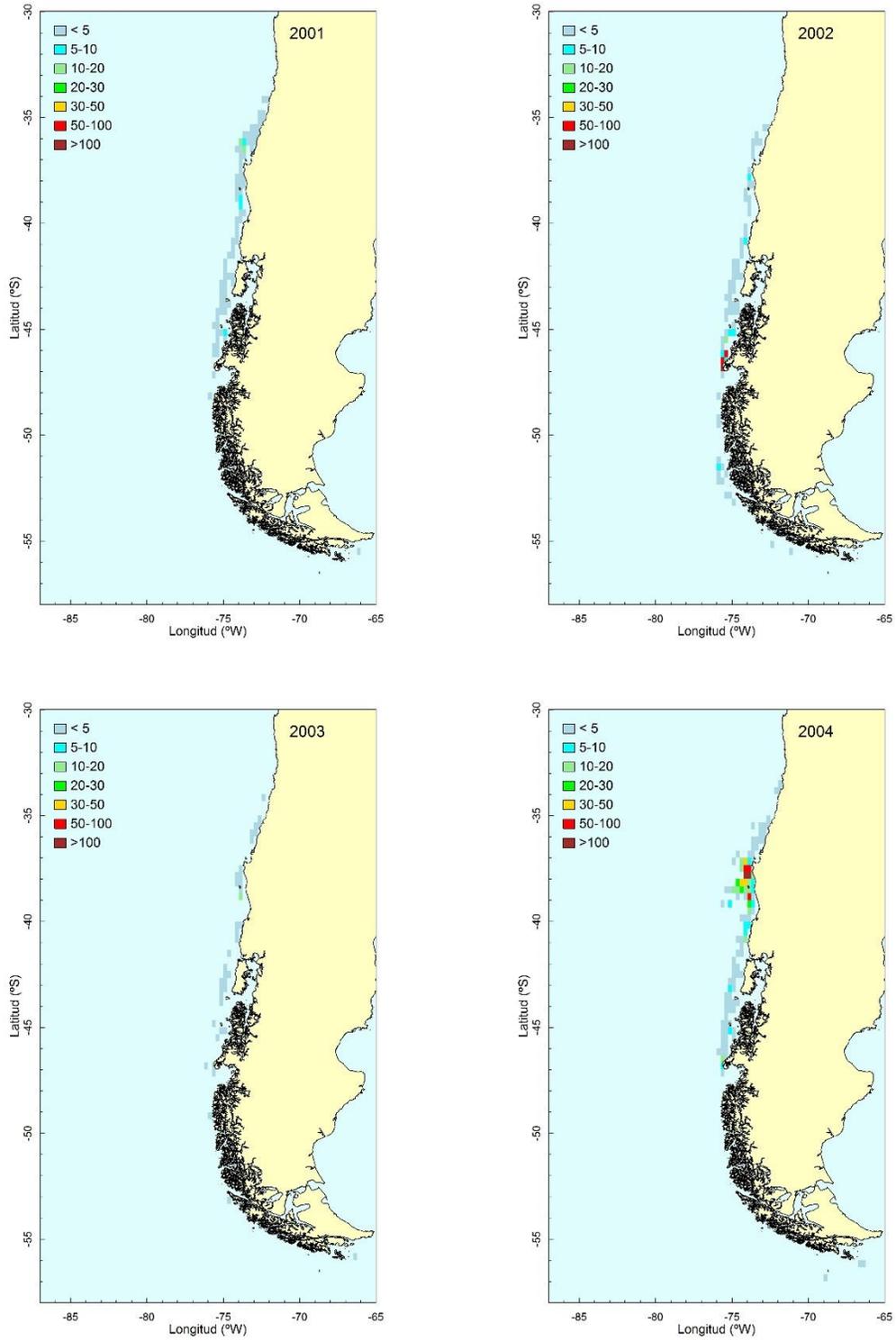


Figura 28. Distribución espacial de la captura de *B. australis* acumulada por celda (t). Período: 2001 a 2004.

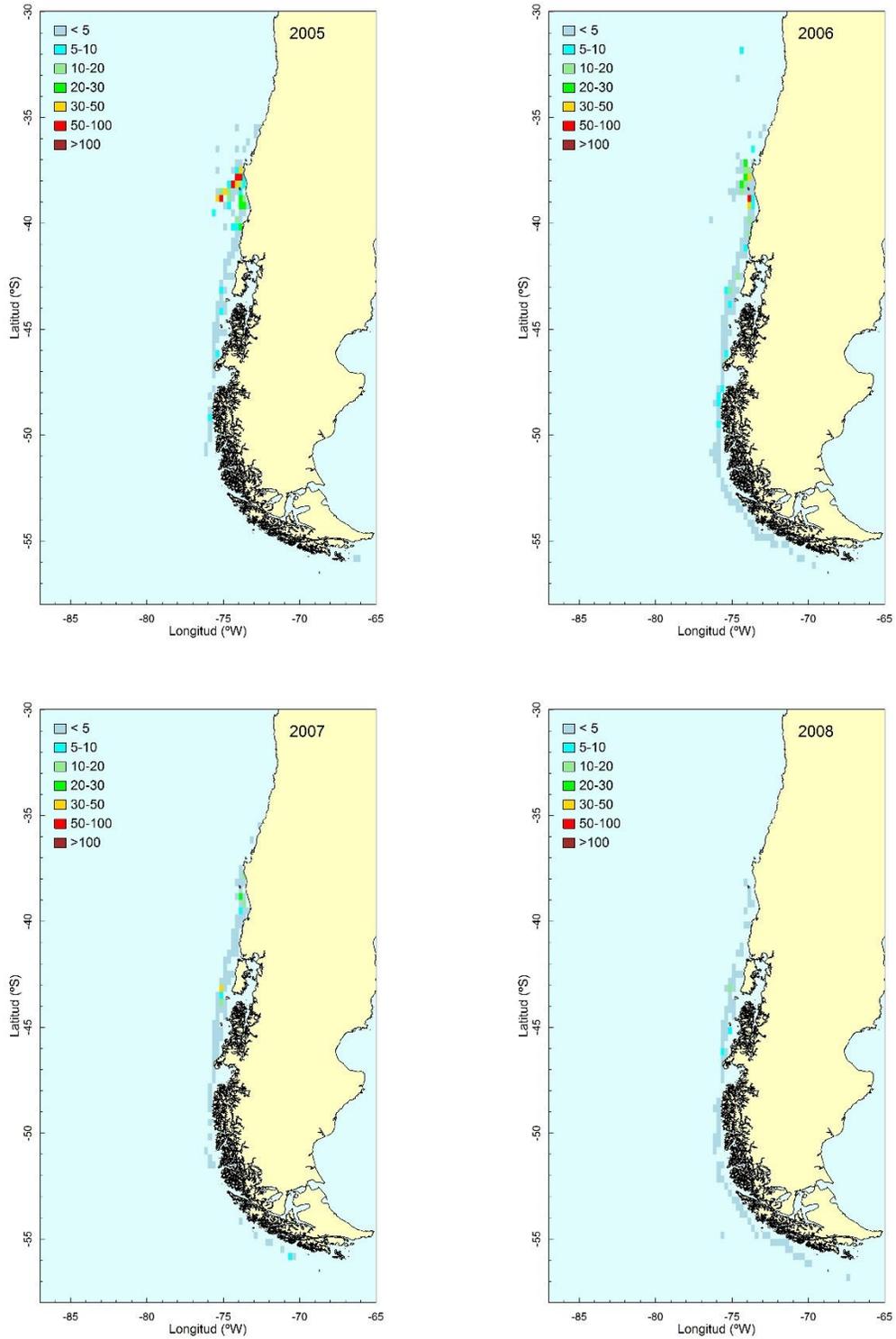


Figura 29. Distribución espacial de la captura de *B. australis* acumulada por celda (t). Período: 2005 a 2008.

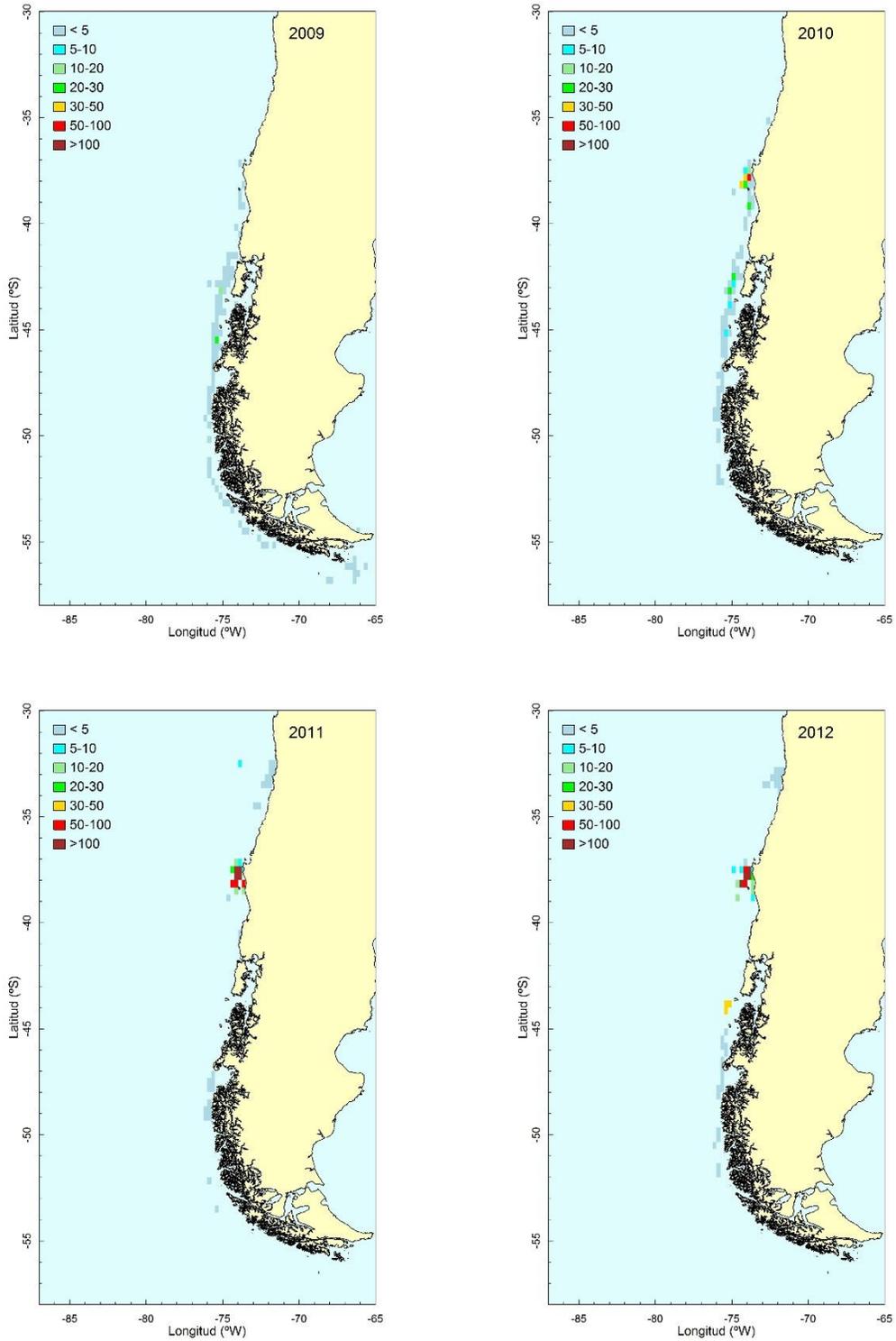


Figura 30. Distribución espacial de la captura de *B. australis* acumulada por celda (t). Período: 2009 a 2012.

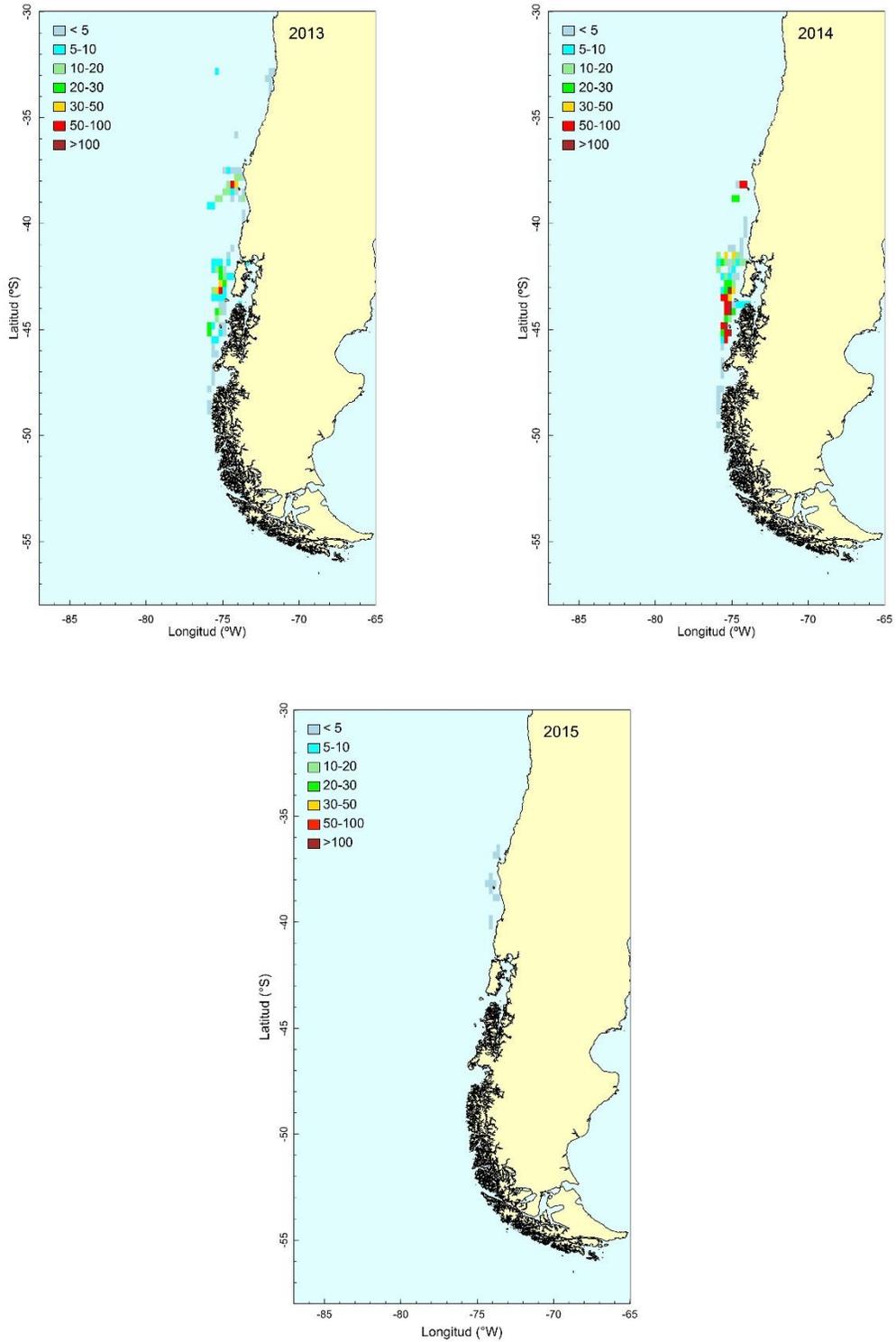


Figura 31. Distribución espacial de la captura de *B. australis* acumulada por celda (t) Período: 2013 a 2015.

Complementariamente a la información de proyectos de investigación se solicitó al SernaPesca la información disponible de desembarques de reineta de 2000 a 2014. Al respecto, el desembarque total de reineta de 2000 a 2007 no superaba las 5.000 toneladas anuales, aunque a partir del año 2008 el desembarque anual se incrementó fuertemente (hasta cerca de 29 mil toneladas en 2011). Para 2002 y 2013 ocurre una reducción del desembarque, tendencia que se rompe en 2014, cuando se alcanza el mayor desembarque de la serie (cerca de 36 mil toneladas; Fig. 32).

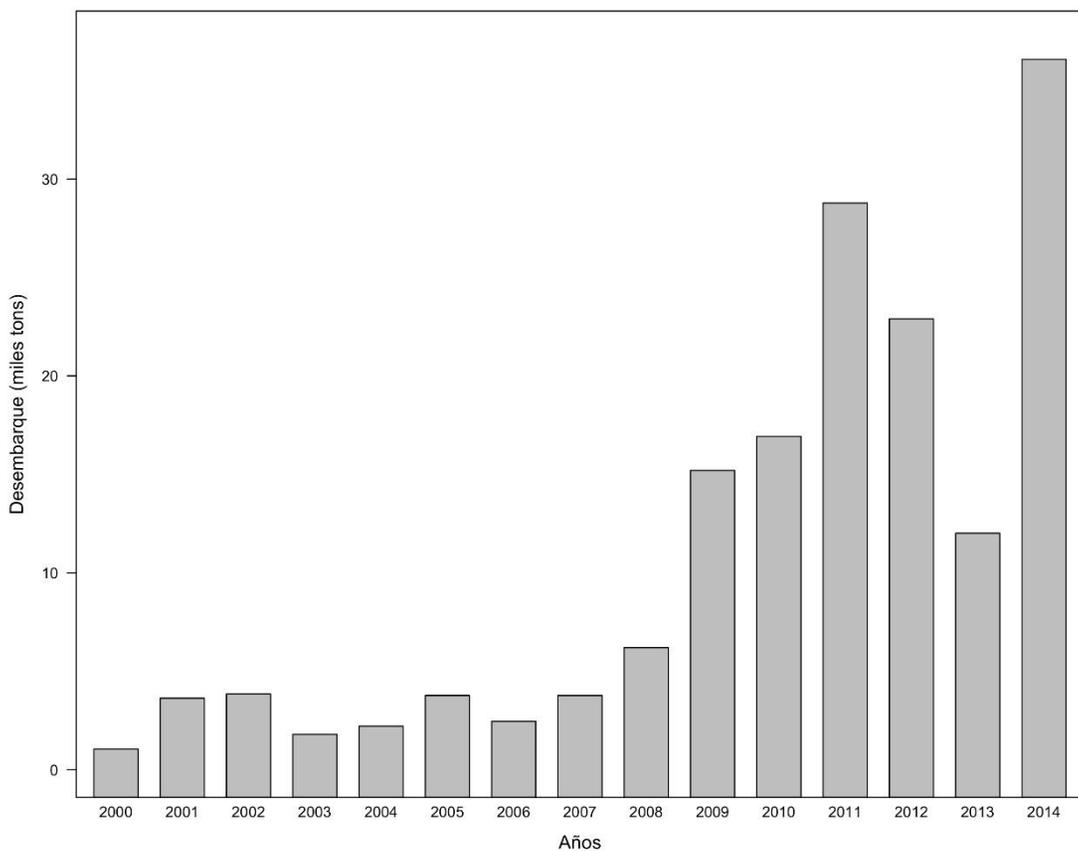


Figura 32. Desembarque total de *B. australis* de 2000 a 2014. Fuente: Fuente: SernaPesca.

Según el arte de pesca, de 2008 a 2014 los mayores desembarques de reineta se deben a embarcaciones espineleras (principalmente artesanales), seguidas de las embarcaciones que pescan con enmalle (artesanales). Las embarcaciones arrastreras (industriales) aportaron con

cerca de 3.000 toneladas anuales en 2011-2012 y 2014. El aporte al desembarque anual de otros artes de pesca no ha superado las 200 toneladas anuales (Fig. 33).

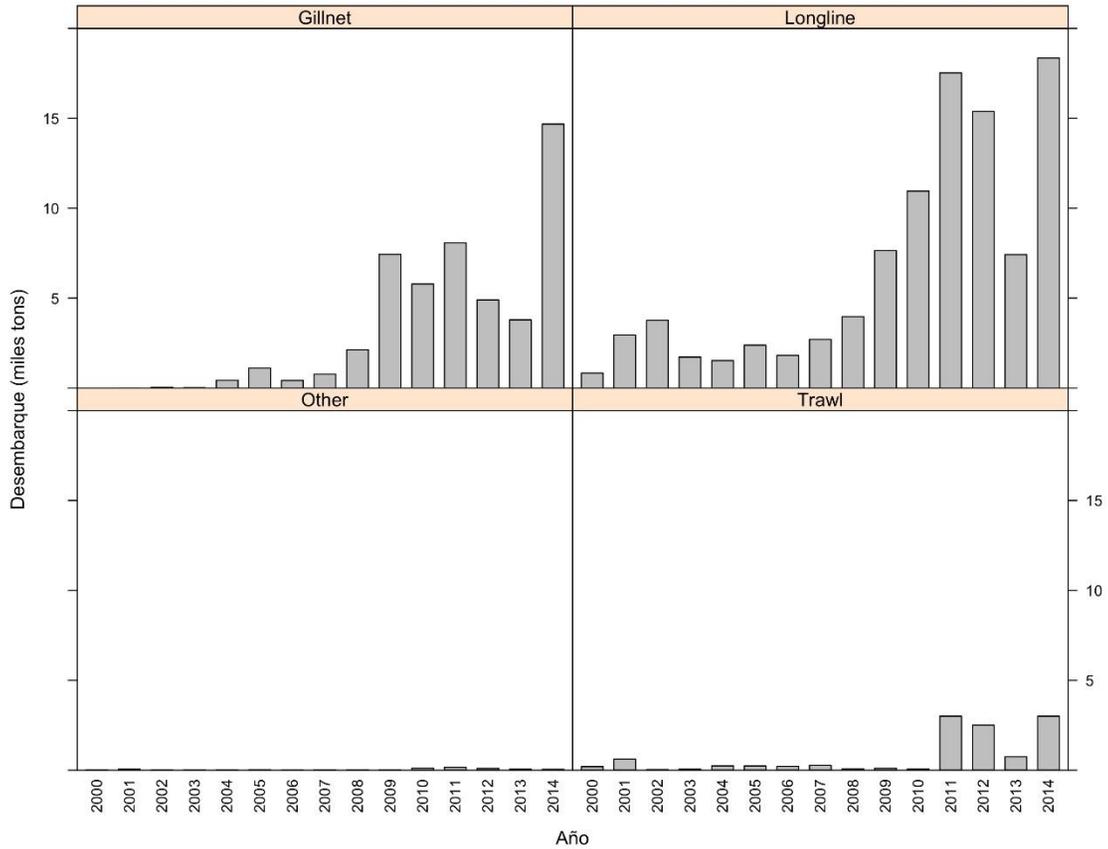


Figura 33. Desembarque total de reineta (*B. australis*) entre 2000 y 2014 según arte de pesca. Gillnet = enmalle, Longline = espinel y/o palangre, Trawl = arrastre, Others = otros artes de pesca. Fuente: Fuente: SernaPesca.

En términos del desembarque acumulado por Región, de 2000 a 2014, aquellos se han concentrado en la VIII Región, seguido de la X Región. Sin embargo, en términos del desembarque promedio por Región, aquellos fueron mayores en la X Región, seguido de la XI Región y en tercer lugar la VIII Región (Fig. 34).

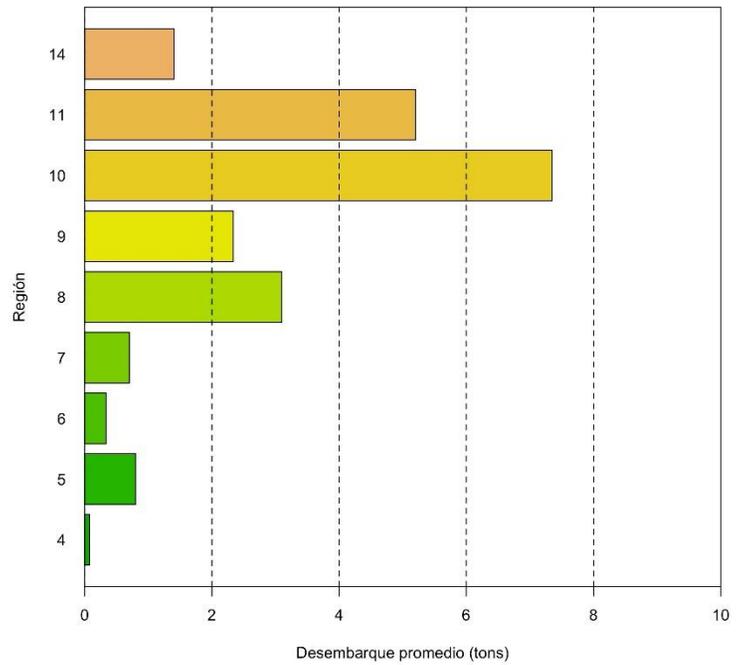
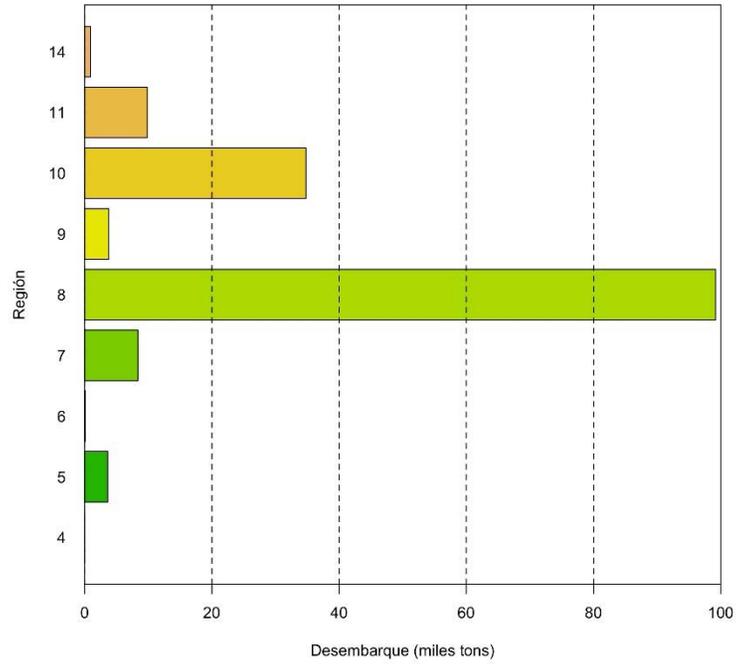


Figura 34. Desembarque acumulado (arriba) y desembarque promedio (abajo) por Región de 2000 a 2014. Fuente: SernaPesca.

### 4.3.3.3. Composición de tamaños en las capturas

Se analizó la composición de tamaños en las capturas anuales para aquellos años en que se encontró información de muestreos de talla, la que no incluía la posición geográfica de procedencia de las muestras, por lo que no se pudo realizar un análisis espacialmente explícito de la composición de tamaños. Dado lo anterior, y a que se tenía información del puerto de desembarque, entonces la composición de tamaños se analizó para la macrozona centro-sur (zona centro-sur, ZCS), y zona sur-austral (ZSA, o PDA).

En el caso de la zona centro-sur existe información de composición de tamaños para los períodos 2000-2003, 2005-2008, 2010 y 2013-2015; mientras que en el caso de la zona sur-austral se tiene información para los períodos 1997-1998, 2000, 2002, 2005-2006, 2009-2010 y 2013-2015, respectivamente. La longitud promedio (sexos combinados) se presenta en la Tabla 9 y Fig. 35.

Tabla 9. Longitud total (cm) promedio (Prom.), desviación estándar (D.E.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de reineta entre 1997 y 2015 en la zona centro sur (ZCS) y en la zona sur-austral (ZSA).

Año	Zona Centro-Sur (ZCS)					Zona Sur-Austral (ZSA)				
	Prom.	D.E.	Min.	Máx.	n	Prom.	D.E.	Min.	Max.	n
1997						42,3	4,6	35,0	50,0	20
1998						40,2	3,7	33,0	46,0	53
2000	41,0	3,4	26,0	49,0	333	43,2	4,6	33,0	55,0	252
2001	41,7	3,2	32,0	52,0	1756					
2002	42,0	2,0	35,0	47,0	104	41,8	2,9	36,0	48,0	43
2003	43,6	1,8	40,0	48,0	67					
2005	47,4	2,6	40,0	54,0	68	40,1	3,1	35,0	53,0	204
2006	41,4	3,7	33,0	50,0	190	45,3	3,2	37,0	55,0	771
2007	45,4	3,9	36,0	53,0	208					
2008	47,7	2,7	42,0	54,0	123					
2009						40,6	2,3	34,0	49,0	502
2010	41,3	2,8	31,0	45,0	90	41,3	2,3	36,0	48,0	151
2013	43,6	3,7	28,0	64,0	14.815	42,8	3,5	28,0	64,0	11.724
2014	42,6	4,8	26,0	64,0	14.330	39,2	2,8	26,0	64,0	14.363
2015	47,7	3,8	39,0	55,0	29	43,0	5,0	27,0	65,0	15.786

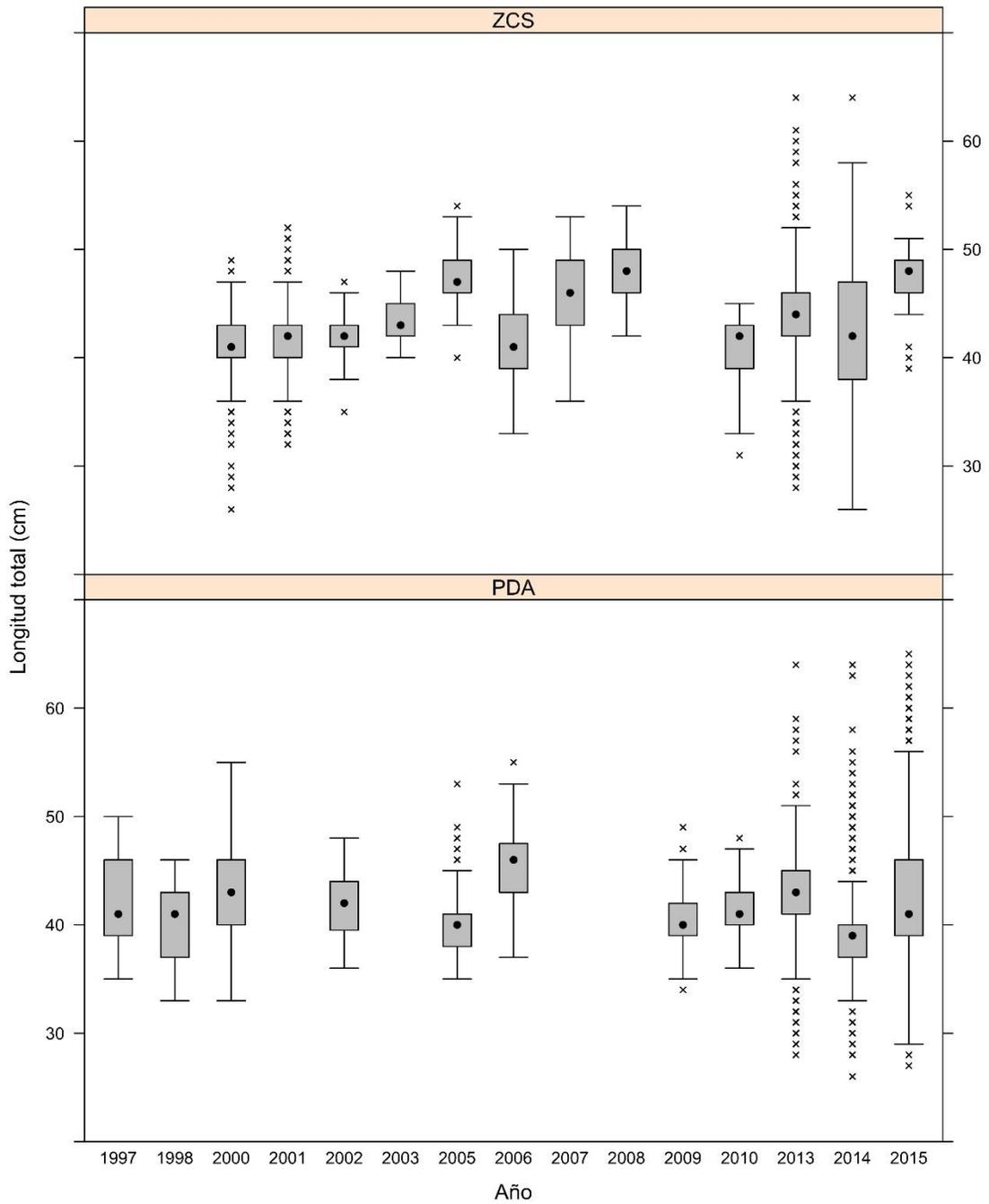


Figura 35. Box-plot de la longitud total (cm) de reineta de 1997 a 2015 en la zona centro-sur (ZCS) y la zona sur-austral (PDA). El punto representa la longitud modal.

Para la zona centro-sur se observa una tendencia creciente de la longitud modal de reineta de 2001 a 2008, la que se interrumpe en 2009 (por falta de información), pero que se reinicia en 2010 hasta 2015. En el caso de la zona sur-austral la longitud modal de reineta fue más estable, encontrándose en torno a 42 cm de longitud total (Fig. 36).

La composición de tamaños en la zona centro-sur mostró una estructura aproximadamente normal entre los años 2001 y 2013, en el 2015 (a pesar del bajo tamaño de muestra), mientras que en año 2000 fue polimodal y bimodal en los años 2007-2008 y 2013-2014 (Fig. 37). En el caso de la zona sur-austral la composición de tamaños mostró una estructura aproximadamente unimodal entre 1998 y 2010 y en 2014, en tanto que en el año 2013 y 2015 la composición de tamaños fue bimodal (Fig. 38)

Información de pesos (peso total (g) individual de reineta estuvo disponible solo para los años 2010 y 2013-2014 en el caso de la zona centro sur, y en los años 2005, 2009 y 2013-2015 en el caso de la zona sur-austral. Análogamente a la longitud total, en la zona centro-sur se observó una tendencia creciente del peso total (g) desde cerca de 1.000 g en el año 2009 a sobre 2.000 g en el año 2015. En la zona sur-austral el peso total promedio fluctuó en alrededor de 1.150 g (Tabla 10, Fig. 38).

Tabla 10. Peso total (g) promedio (Prom.), desviación estándar (D.E.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de reineta en 2005, 2009 y 2013-2015 en la zona centro sur (ZCS) y en la zona sur-austral (ZSA).

Año	Zona Centro-Sur (ZCS)					Zona Sur-Austral (ZSA)				
	Prom.	D.E.	Min.	Max.	n	Prom.	D.E.	Min.	Max.	n
2005						969,4	273,0	670	2.340	64
2009						1.114,2	192,9	700	1.650	120
2010	988,1	2.35,4	500	1.400	29	1.193,3	184,6	950	1.600	30
2013	1.460,9	3.80,7	361	5.250	14.332	1.355,4	331,7	361	5.250	9.134
2014	1.403,5	5.58,3	318	6.000	13.101	978,3	268,3	318	6.600	8.270
2015	2.041,7	4.79,5	1.000	2.850	29	1.461,5	545,3	377	4.714	6.767

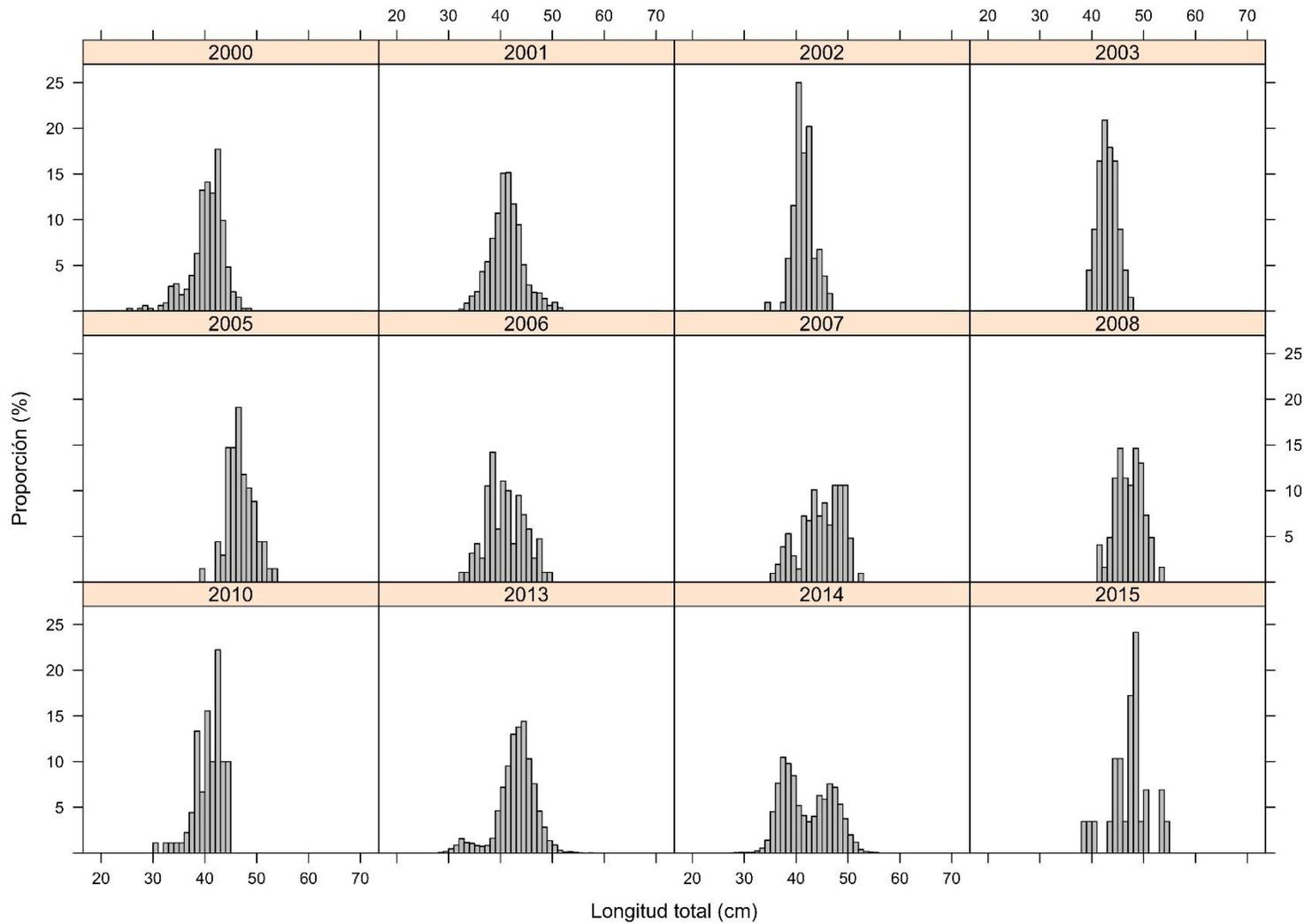


Figura 36. Composición de tamaños en las capturas de *B. australis* de 1997 a 2015 en la zona centro-sur (ZCS).

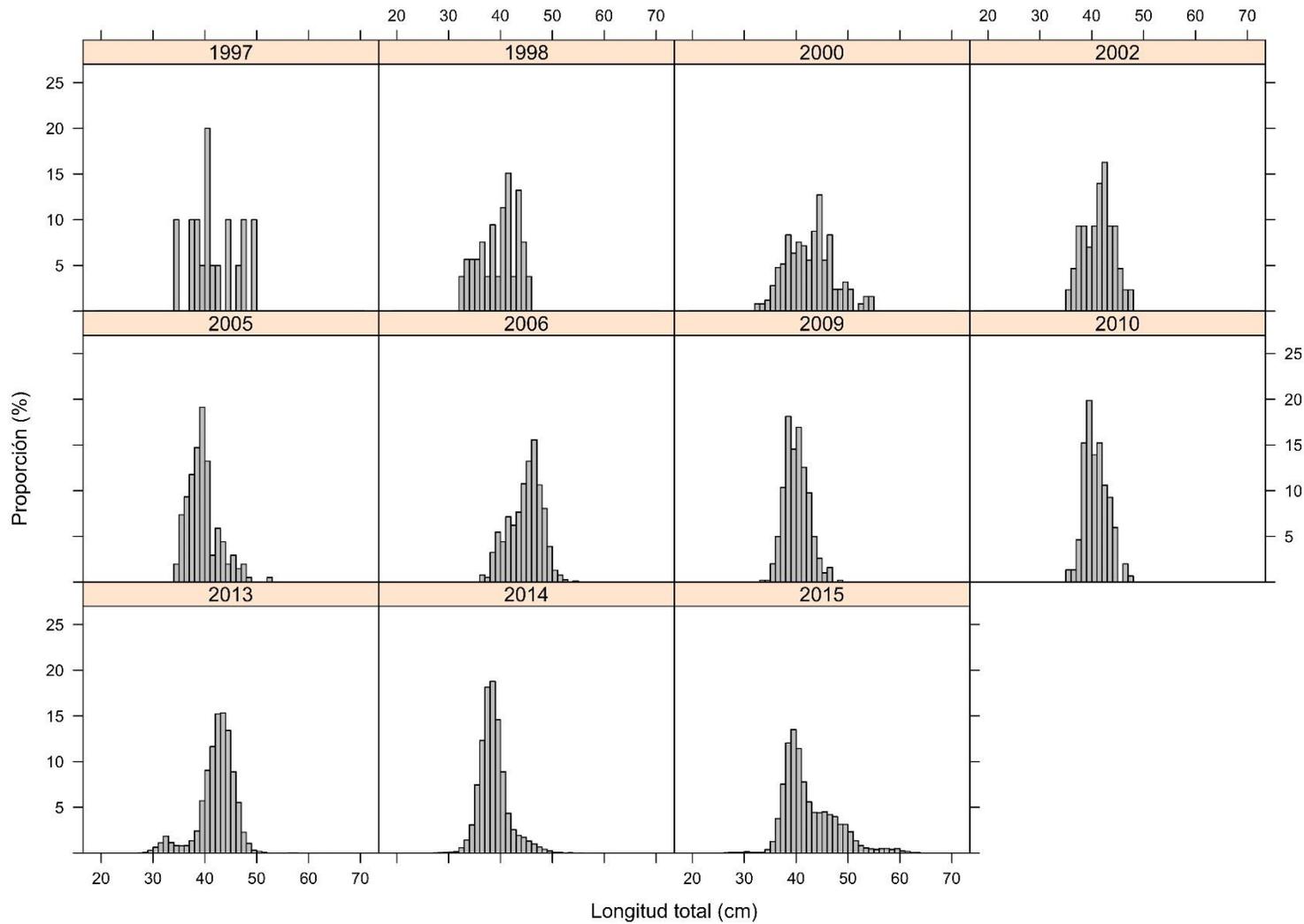


Figura 37. Composición de tamaños en las capturas de *B. australis* de 1997 a 2015 en la zona sur-austral (ZSA).

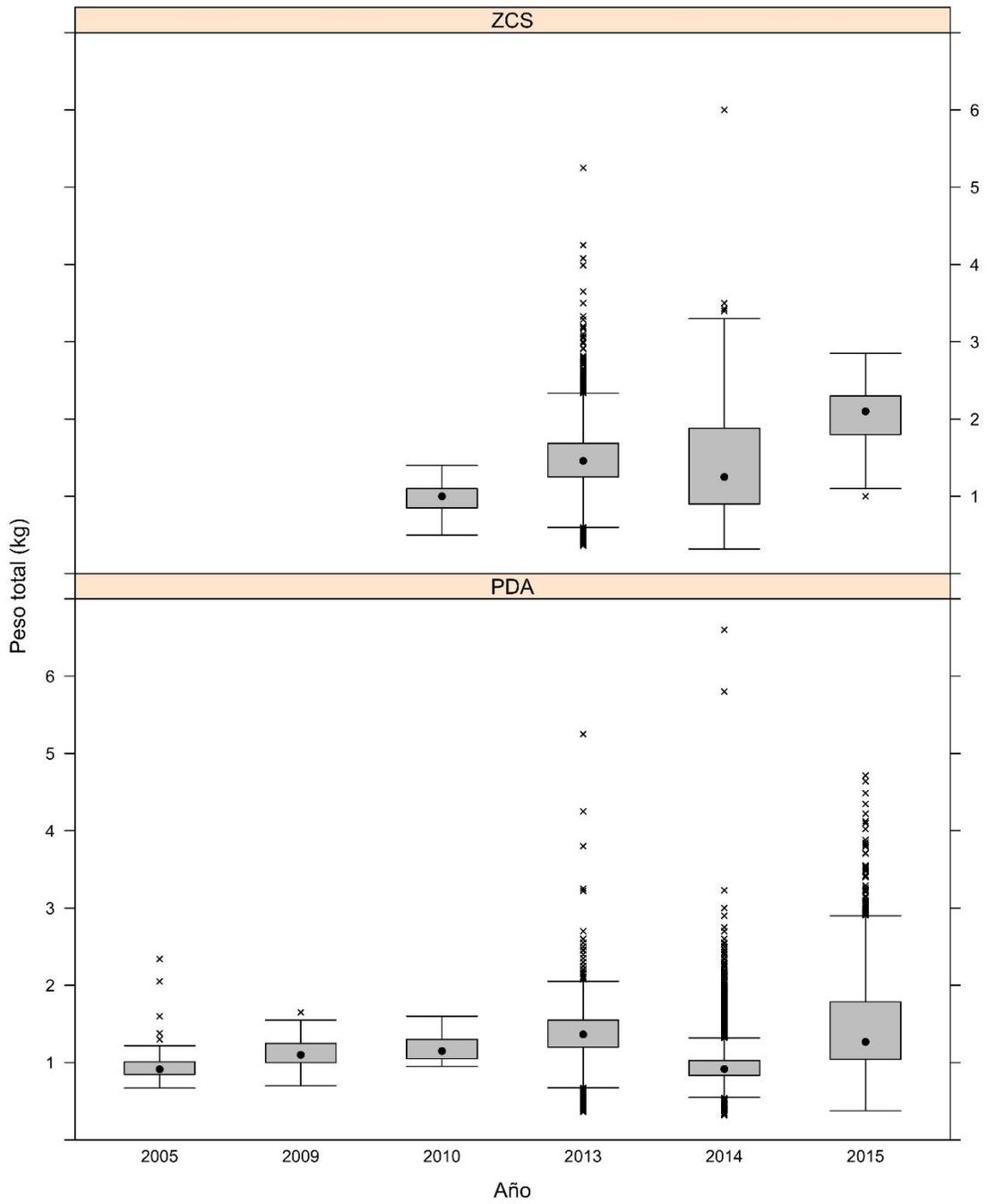


Figura 38. Box-plot del peso total (g) de *B. australis* de 1997 a 2015 en la zona centro-sur (ZCS) y la zona sur-austral (PDA). El punto representa el peso modal.

A partir de la información de longitud total (cm) y peso total (gr) para los años en que ambos estuvieron disponibles se estimó los parámetros de la relación talla-peso (Tabla 11), la que es de tipo potencial. No se encontró diferencias significativas en los parámetros entre macrozonas (Fig. 39).

Tabla 11. Parámetros de la relación longitud total-peso de *B. australis* en 2005, 2009, 2013-2015 en la zona centro sur (ZCS) y en la zona sur-austral (ZSA).

Año	Zona Centro-Sur (ZCS)			Zona Sur-Austral (ZSA)		
	a	b	n	a	b	n
2005				$1,279 \times 10^{-2}$	3,060	64
2009				$5,905 \times 10^{-2}$	2,660	120
2010	$1,397 \times 10^{-2}$	3,042	29	$9,942 \times 10^{-2}$	2,524	30
2013	$6,343 \times 10^{-3}$	3,262	14.332	$6,195 \times 10^{-3}$	3,264	9.134
2014	$3,072 \times 10^{-3}$	3,460	13.101	$4,477 \times 10^{-3}$	3,349	8.270
2015	$3,825 \times 10^{-2}$	2,813	29	$3,868 \times 10^{-3}$	3,394	6.767

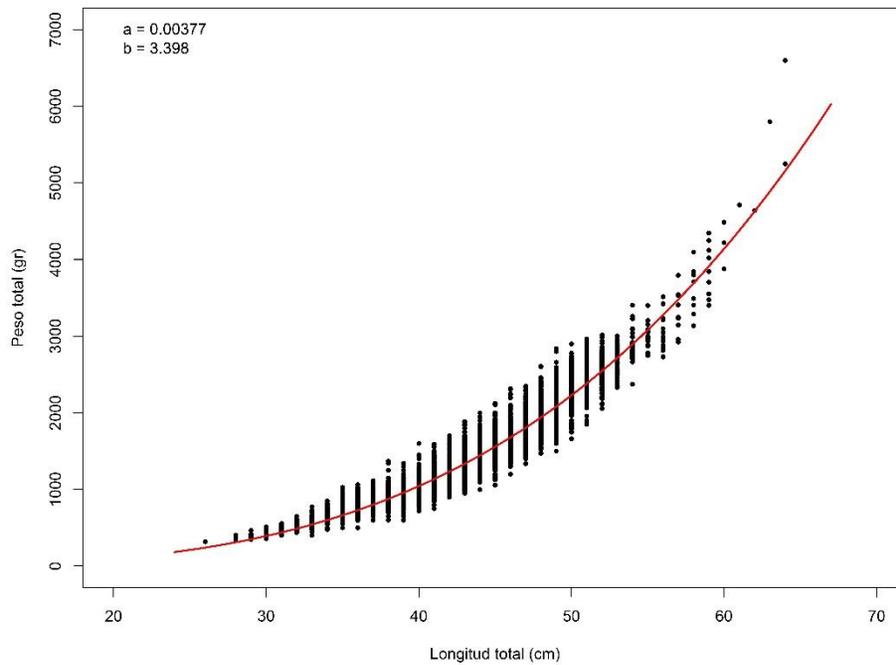
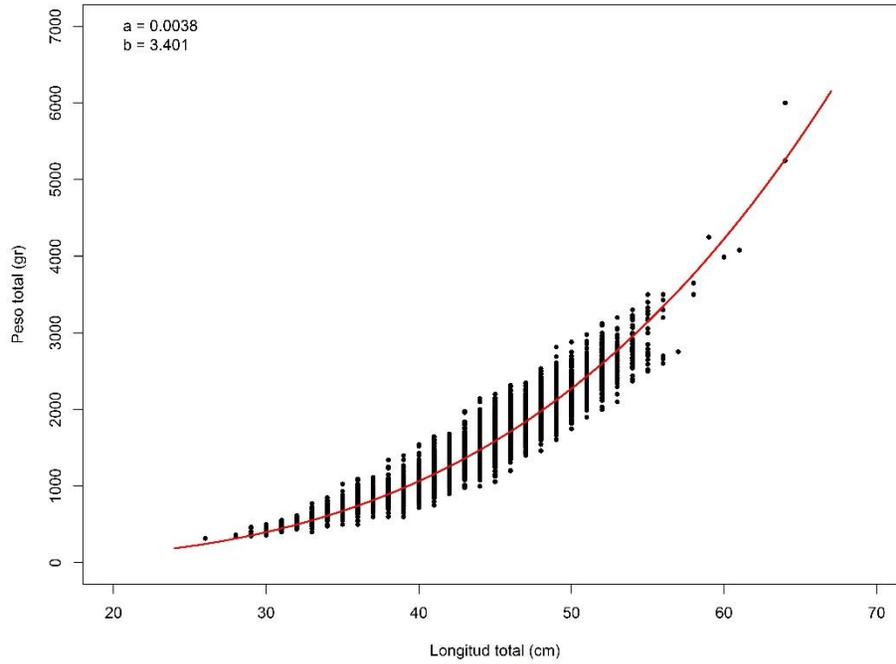


Figura 39. Relación longitud total (cm) - peso total (g) de *B. australis* en la zona centro-sur (ZCS, arriba) y la zona sur-austral (PDA, abajo)

#### 4.3.4. Conclusiones

- La reineta estuvo presente como bycatch en 22% de los lances de pesca de cruceros de evaluación directa de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas desde 2004 hasta 2009.
- La reineta prácticamente no aparece como bycatch en lances de cruceros de evaluación directa de langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon desde 1993 a 2015 (n = 30.549), pues solo se le registró en un lance (año 2000).
- Las mayores capturas acumuladas de reineta, para todo el periodo analizado, se concentraron de 35° a 47° S, conformándose dos grandes zonas, a saber: de 37° a 40°S, y de 41°30'S a 47°S.
- En la zona centro-sur se observó una tendencia creciente de la longitud modal de 2001 a 2008, y luego de 2010 a 2015. En de la zona sur-austral la longitud modal es estable, encontrándose en torno a 42 cm de longitud total.
- El peso total (gramos) también mostró tendencia creciente en la zona centro sur, desde cerca de 1.000 g (año 2009) a sobre 2.000 g (2015). En la zona sur-austral el peso total promedio fluctuó alrededor de 1.150 g.

#### 4.3.5. Referencias bibliográficas

- Arana, P., R. Bahamonde, S. Palma, M.A. Barbieri, C. Canales, S. Lillo, P. Pavez, H. Pool, B. Leiva, T. Peñailillo, H. Miranda, A. Guerrero, M. Tapia, M. Ahumada, J. Hernández, D. Queirolo, G. Aravena, C. Hurtado & J. Labbé. 2000. Evaluación directa de camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado, año 2000. Informe Final Proyecto FIP 2000-05. Universidad Católica de Valparaíso - Instituto de Fomento Pesquero, 315 p.
- 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.
- Fournier, D., R. Siber, J. Majkowski & J. Hampton. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated for southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47(2): 301-317.
- Fournier, D.A., J.R. Siber & M. Terceiro. 1991. Analysis of length frequency samples with relative abundance data for the Gulf of Maine northern shrimp (*Pandalus borealis*) by MULTIFAN method. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48(4): 591-598.
- Gulland, J.A. 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. *Fish. Invest. Ser. 2*, 20(5), 41 p.
- Neira S., H. Arancibia, R. Alarcón, L. Castro, L. Cubillos, S.Lillo & M. Barros. 2015. Estimación de índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona sur y austral de Chile. Informe Final Proyecto FIP 2013-27. Universidad de Concepción, 235 p. + Anexos.
- Rothschild, B.J. & A. Suda, 1977. Population dynamics of tuna. En: *Fish Population Dynamics*. J.A. Gulland (Ed.). John Wiley & Sons Ltda, N.Y.: 309-334.
- Schnute, J. & D. Fournier. 1980. A new approach to length frequency analysis: growth structure. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 37: 1337-1351.

#### 4.4. Objetivo Específico 3

Generar indicadores del stock de reineta (en particular parámetros de crecimiento individual en longitud y peso, mortalidad natural, mortalidad total, parámetros de la relación longitud-peso u otros) y compararlos con información previa existente.

##### 4.4.1. Edad y crecimiento

###### 4.4.1.1. Resumen

Se estimó el crecimiento en longitud de reineta (*B. australis*) mediante lectura de incrementos de crecimiento anual en 459 otolitos (282 machos y 177 hembras). El rango de longitud horquilla (LH) fue de 25 a 57 cm. Los parámetros de crecimiento para machos son: longitud asintótica,  $L_{\infty} = 59,5$  cm de LH; coeficiente instantáneo de crecimiento individual,  $K = 0,2 \text{ año}^{-1}$ ; edad teórica a la cual la longitud es cero,  $t_0 = -1,96$  años. Los parámetros de crecimiento para hembras son:  $L_{\infty} = 59,6$  cm de LH;  $K = 0,22 \text{ año}^{-1}$ ;  $t_0 = -2,23$  años.

###### 4.4.1.2. Introducción

Los estudios de edad y crecimiento en reineta son escasos y en todos ellos se ha utilizado el método directo de reconocimiento de anillos anuales en otolitos (Oyarzún *et al.*, 2013) o en escamas cicloides y ctenoides (Pavez *et al.*, 1998). Sin embargo, en la lectura de anillos de crecimiento anual no es posible distinguir anillos falsos, los que corresponden a detenciones en el crecimiento debido a la maduración, eventos climáticos u otros que impliquen enorme gasto energético individual de cada pez y para el conjunto de los peces en un stock. La consecuencia es que aumenta la probabilidad de asignar erróneamente la edad por formación de anillos falsos, esto es, se leerá más anillos anuales que los verdaderos, asignando más edad al pez que la que habría tenido al momento de su captura.

Normalmente se usa otolitos *sagittae* para la estimación de la edad en peces. En el caso de *B. australis* se ha descrito satisfactoriamente el crecimiento en longitud tipo von Bertalanffy

(similar entre machos y hembras; Oyarzún *et al.*, 2013), asignándose edades de 2 a 8 años en individuos de 21 a 58 cm de longitud total, predominando el grupo de edad 4. Savinykh & Vlasova (1994) registran para *B. japonica* como edad máxima 9 años con predominancia de los grupos de edad 3 y 4 en la capturas. Lobo & Erzini (2001) en *B. brama* de Portugal identifican grupos de edad entre 3 a 12 años. El crecimiento en *B. australis* asignado mediante lectura de anillos de crecimiento anual en otolitos *sagittae* ha sido considerado como un método efectivo para esta especie lo que, sin embargo, dependerá de la experiencia del lector y de la ausencia de sesgo.

Otro método directo para determinar la edad en peces teleósteos es el uso de micro-anillos de crecimiento diario en otolitos *sagittae*. Panella (1971) desarrolló esta técnica en otolitos de *Merluccius bilinearis* del Océano Pacífico Nororiental. Posteriormente, Panella (1974) demostró que las marcas de anillos de crecimiento anual del cod (*Gadus morhua*), el lenguado (*Pseudopleuronectes americanus*) y *Urophycis chus* del Océano Atlántico Noroccidental contenían aproximadamente 365 anillos de crecimiento de naturaleza diaria. El método de los incrementos de crecimiento diario no ha sido probado en *B. australis*. Sin embargo, ha sido demostrada la presencia de anillos de crecimiento diario en otolitos *sagittae* de *B. japonica* (Bigelow, 1995) por lo que asumiremos que en ejemplares de *B. australis* capturados frente a Chile centro-sur los microincrementos (micro-anillos) son también de naturaleza (periodicidad) diaria.

#### **4.4.1.3. Metodología de trabajo**

##### **4.4.1.3.1. Muestreos Biológicos**

Los estudios de edad y crecimiento en peces (Cisterna, 2009; Cisterna, 2014) y calamares (Arancibia *et al.*, 2015) tienen alto costo por la demanda de tiempo en la preparación y lectura de otolitos (horas-hombre de técnicos y profesionales). Normalmente se ha adoptado el criterio –utilizado por nosotros en el presente proyecto– de obtener una muestra aleatoria estratificada de 10 pares de otolitos (conjuntamente machos y hembras, e individuos con sexo

indeterminado) por cada 1 cm de longitud horquilla (LH) en el rango de tallas de reineta en la pesquería, que es entre 25 y 55 cm. Para este informe se analizó en total 459 pares de otolitos (sexos combinados), correspondiendo 177 a hembras (de 26 a 57 cm de LH) y 282 machos (de 25 a 56 cm de LH). Los individuos analizados provinieron de las pesquerías artesanal e industrial de reineta desde la VIII a la XI Regiones. Inicialmente el muestreo de otolitos estaría focalizado en el primer trimestre de ejecución del presente proyecto, pero, debido a la falta de muestras de tallas extremas ( $< 30$  y  $> 50$  cm de LH), el muestreo de otolitos se extendió al segundo trimestre.

#### **4.4.1.3.2. Obtención de los otolitos**

Se realizó un corte oblicuo en el cráneo de cada ejemplar muestreado de reineta, dejando las cápsulas ópticas visibles. Luego se extrajo los otolitos con pinza de disección tipo *iris* (Fig. 40); cada par de otolitos por pez fue lavado con agua destilada, secado con papel secante y almacenado en tubos Eppendorf, numerándolos con los datos de longitud, peso, sexo, localidad y fecha de captura.

#### **4.4.1.3.3. Lectura de anillos anuales en los otolitos**

Para la lectura de anillos anuales los otolitos fueron hidratados previamente por 24 horas (para otolitos de ejemplares pequeños) hasta 48 horas (para otolitos de individuos más grandes). Se agregó 1 ml de agua en los tubos Eppendorf que contenían los otolitos, de acuerdo con Oyarzún *et al.* (2013) (Fig. 41). Por convención, la lectura de otolitos se realiza observando el izquierdo, y sólo cuando éste no se encuentra apto para lectura (se extravió, quebró o se presenta difuso) se utilizó el otolito derecho. La observación de cada otolito se realizó bajo estéreo microscopio (lupa) marca Zeiss Modelo Stemi DV4 con aumento 20X. La lectura consistió en el recuento y medición de los anillos de crecimiento presentes en el otolito, colocado éste en una cápsula de Petri con agua destilada sobre fondo negro (Fig. 42).

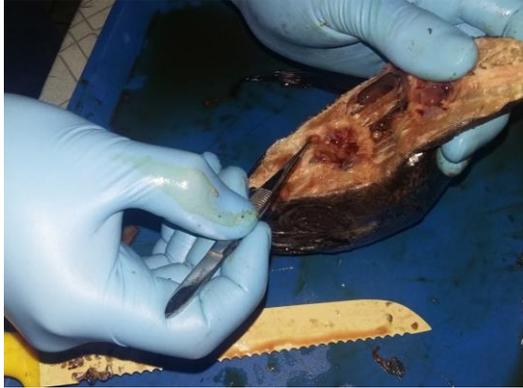


Figura 40. Disección de la cabeza de un ejemplar de *B. australis* para extracción de otolitos.

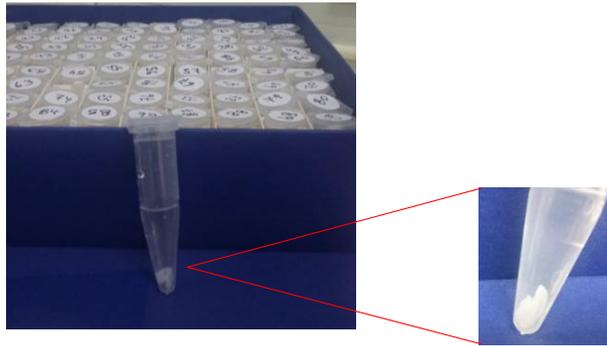


Figura 41. Procedimiento de hidratación de los otolitos en tubos eppendorf.



Figura 42. Estéreo microscopio Zeiss Stemi DV4 y cápsula de Petri con un otolito en su interior.

#### 4.4.1.3.4. Medición de anillos en los otolitos *sagittae*

Las mediciones de los anillos anuales en otolitos *sagittae* fueron realizadas por su cara externa (cóncava). El radio total del otolito (R0) se midió desde el foco (f) al borde postrostral; también se midió el radio de cada anillo hialino (R1, R2, ..., Rn) (Fig. 43). Las mediciones se realizaron con retículo graduado (100 divisiones o d.m.o.), el que se ubica en el interior del ocular izquierdo del estereomicroscopio (cada división corresponde a 0,1 mm). La iluminación utilizada fue incidente, permitiendo que los anillos más estrechos se presenten oscuros (hialinos), indicando una etapa de crecimiento lento del pez; los anillos más anchos corresponden a crecimiento rápido y se presentan de color blanco (opaco).



Figura 43 Esquema de otolito izquierdo de *B. australis* (cara interna). Nótese el radio total (R0) y los anillos anuales hialinos (R1 a R5, en este caso).

#### 4.4.1.3.5. Análisis de microincrementos de crecimiento en otolitos *sagittae* seccionados

Para el registro de la lectura de incrementos de crecimiento diario se preparó 31 muestras con el siguiente procedimiento: se dispuso de moldes de plastilina de 1 cm x 0,7 cm, colocando el

otolito en el molde. Luego se lo cubrió completamente con resina de poliéster para conseguir una sección longitudinal del otolito (Fig. 44). Posteriormente la sección es adherida a un portaobjeto con medio de montaje completamente transparente (Crystal Bond™ 509) (Fig. 45). Seguidamente, para la visualización de los incrementos diarios de crecimiento se adelgazó manualmente cada sección del otolito con lijas al agua de granos 1.500, 2.000 y 2.500; cuando se obtuvo un grosor del otolito de 0,5 mm se aplicó pulido manual con pasta de pulir (Gamma Alúmina) de 0,05  $\mu\text{m}$  de espesor hasta la identificación del centro del otolito.

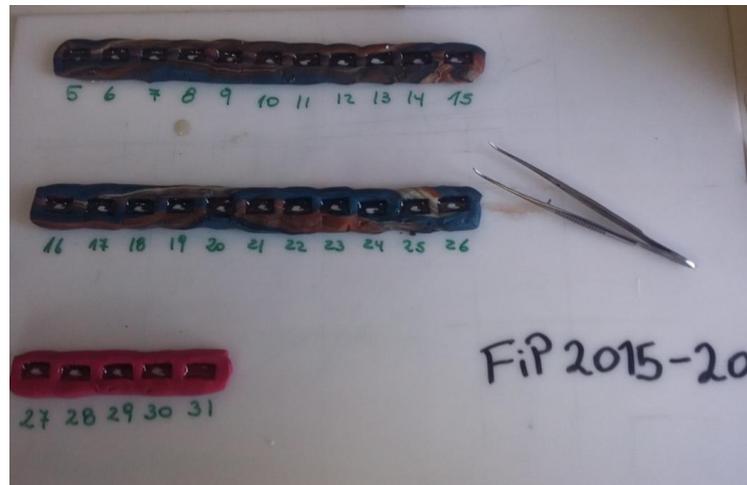


Figura 44. Moldes de plastilina con otolitos de *B. australis* en su interior otolitos y fijados en resina de poliéster.

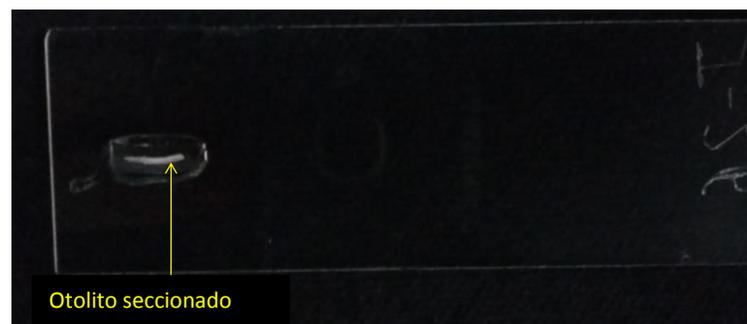


Figura 45. Corte longitudinal de otolito de fijado en resina de poliéster y luego adherido al portaobjeto con medio de montaje Crystal Bond™ 509.

#### 4.4.1.4. Resultados

##### 4.4.1.4.1. Lectura de anillos anuales en otolitos *sagittae*

Se leyó 459 otolitos (machos: 282 otolitos; hembras: 177 otolitos). La muestra de otolitos se concentró en el rango de las tallas medias de 44 a 50 cm de LH, pues los individuos de reineta de tallas extremas ( $\leq 30$  y  $\geq 50$ ) estuvieron muy poco representados en las capturas. En el presente trabajo, el máximo número de anillos de crecimiento anual registrado en otolitos de machos de reineta fue 9 (Fig. 43), y 8 en hembras; mientras que el mínimo corresponde a 1 anillo, registrado en machos de tallas de 25 a 30 cm y también en hembras de 26 a 33 cm de LH.

##### 4.4.1.4.2. Estimación de parámetros de crecimiento en longitud de *B. australis*

EL crecimiento de reineta es rápido en los primeros años de vida (Figs. 46 y 47), alcanzando ~32 cm de LH en promedio al cumplir 2 años de edad. Luego la velocidad de crecimiento disminuye considerablemente, coincidiendo con la talla media de madurez (ver objetivo específico 5 de este informe).

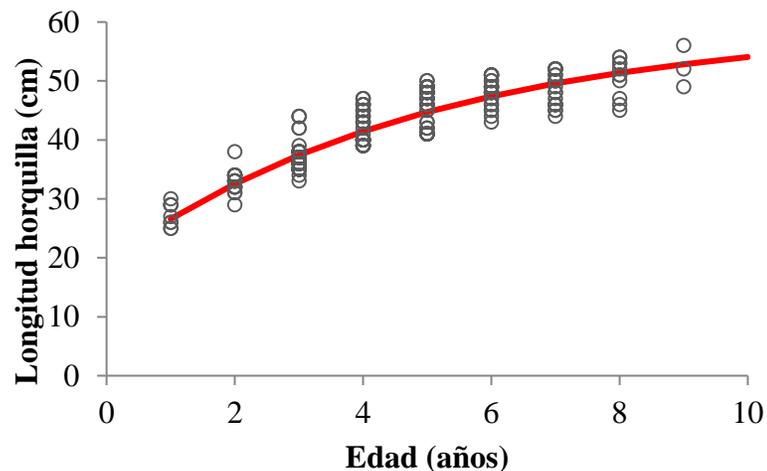


Figura 46. Ajuste de la curva de crecimiento de von Bertalanffy en longitud para machos de *B. australis* (n=282). Los puntos grises corresponden a observaciones en individuos capturados durante el primer semestre de 2016, y la línea roja al modelo ajustado.

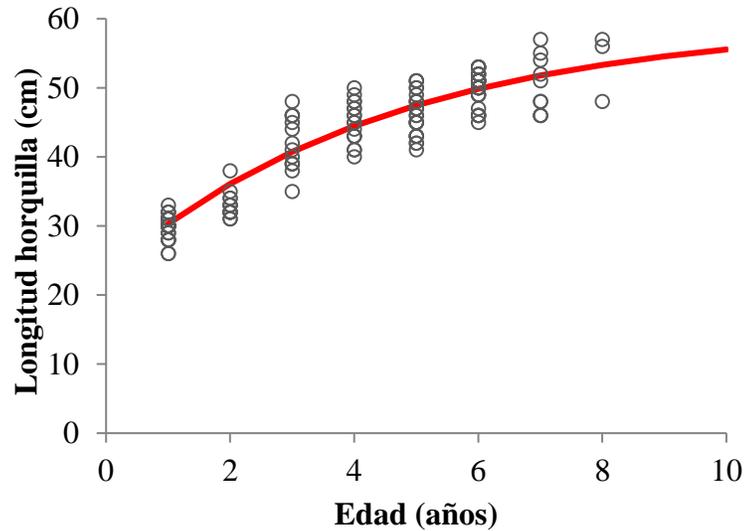


Figura 47. Ajuste de la curva de crecimiento de von Bertalanffy en longitud para hembras de *B. australis* (n=177). Los puntos grises corresponden a observaciones en individuos capturados durante el primer semestre de 2016, y la línea roja al modelo ajustado.

#### 4.4.1.4.3. Estimación de parámetros de crecimiento en longitud de *B. australis*

La longitud máxima teórica en hembras es  $L_{\infty} = 59,6$  cm de LH y la de machos es  $L_{\infty} = 49$  cm de LH (Tabla 12). La tasa intrínseca de crecimiento individual ( $K$ ;  $\text{año}^{-1}$ ) más rápida en hembras ( $K = 0,22 \text{ año}^{-1}$ ) que en machos ( $K = 0,20 \text{ año}^{-1}$ ). La edad teórica a la cual la longitud del pez es cero ( $t_0$ ) se estimó en  $t_0 = -2,23$  años para hembras y en  $t_0 = -1,96$  para machos.

Tabla 12. Parámetros de crecimiento en longitud del modelo von Bertalanffy estimados para machos y hembras de *B. australis*.

	Parámetros	Estimado	Error est.
Hembras	$L_{\infty}$ (cm)	59,6	2,9
	K (año <sup>-1</sup> )	0,22	0,03
	$t_0$ (años)	-2,23	0,12
Machos	$L_{\infty}$ (cm)	59,5	2,27
	K (año <sup>-1</sup> )	0,20	0,02
	$t_0$ (años)	-1,96	0,32

#### 4.4.1.5. Discusión

Para realizar el análisis de crecimiento de *B. australis*, originalmente se propuso analizar 300 pares de otolitos en individuos de 25 a 55 cm LH (situación ideal para disponer de 10 individuos por cada clase de talla de 1 cm. Se obtuvo muestras de todo el rango de tallas propuesto en la oferta técnica, aunque no fue posible conseguir los 10 pares de otolitos por cada clase, a pesar del alto esfuerzo de muestreo aplicado, simplemente porque los ejemplares pequeños de reineta no están disponibles al arte de pesca en los caladeros.

En cuanto al crecimiento de reineta se observa que en los 2 primeros años de vida los individuos destinan la mayor parte de su energía a crecer (Figs. 45 y 46), alcanzando en promedio ~32 cm de LH, disminuyendo luego la velocidad de crecimiento, coincidiendo con la talla media de madurez (ver objetivo específico 5 de este informe).

El valor del parámetro  $t_0$  estimado tanto para machos ( $t_0 = -1,96$ ) como para hembras ( $t_0 = -2,23$  años) se aleja del valor esperado, pues, como lo señaló Haddom (2001),  $t_0$  debe ser igual o cercano a cero, pues éste fija la posición de la curva de crecimiento a lo largo del eje X. Este es un sesgo debido a la no disponibilidad de ejemplares pequeños de reineta en las capturas en las zonas de pesca donde operan las flotas. Consecuentemente, este sesgo muestral evita que el ajuste de la curva de von Bertalanffy pase por el origen (Figs. 45 y 46).

En relación a otras especie del género *Brama*, Bigelow *et al.* (1995) describen crecimiento rápido en *B. japonica* ( $K= 1,9 \text{ año}^{-1}$  para sexos combinados), concluyendo que dicha especie presenta crecimiento más rápido que otras especies de *Brama* (Tabla 13); por el contrario, Lobo y Erzini (2001) describen que *B. brama* es la especie con crecimiento más lento.

Tabla 13. Parámetros de la ecuación de von Bertalanffy ( $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $t_0$ ) estimados en este estudio y también por otros autores para esta misma especie y otras del género *Brama*.

Autores	Año	Especie	País	Método	Parámetro	Sexo		
						Machos	Hembras	Ambos
Oyarzun et al.	2013	<i>B. australis</i>	Chile	Anillos anuales otolitos	$L_{\infty}$ (cm)	60,62	57,03	$58,95 \pm 2,18$
					$K$ ( $\text{año}^{-1}$ )	0,286	0,303	$0,277 \pm 0,034$
					$t_0$ (años)	0,251	(-) 0,251	$0,371 \pm 0,217$
Pavez et al.	1996	<i>B. australis</i>	Chile	Anillos anuales escamas	$L_{\infty}$ (cm)			48
					$K$ ( $\text{año}^{-1}$ )			0,25
					$t_0$ (años)			(-) 0,98
Paul et al.	2004	<i>B. australis</i>	Nueva Zelanda	Anillos anuales otolitos	$L_{\infty}$ (cm)	$52,3 \pm 0,59$	$49,6 \pm 0,46$	
					$K$ ( $\text{año}^{-1}$ )	$0,226 \pm 0,022$	$0,282 \pm 0,024$	
					$t_0$ (años)	(-) $2,44 \pm 0,53$	(-) $1,8 \pm 0,39$	
Bigelow et al.	1995	<i>B. japonica</i>	Pacífico norte	Incrementos diarios otolitos	$L_{\infty}$ (cm)	$46,8 \pm 1,46$	$45,0 \pm 1,64$	$45,6 \pm 1,15$
					$K$ ( $\text{año}^{-1}$ )	$1,85 \pm 0,316$	$1,9 \pm 0,386$	$1,99 \pm 0,323$
					$t_0$ (años)	$0,01 \pm 0,058$	(-) $0,01 \pm 0,069$	$0,02 \pm 0,054$
Lobo y Erzini	2001	<i>B. brama</i>	Portugal	Anillos anuales otolitos	$L_{\infty}$ (cm)			70,5
					$K$ ( $\text{año}^{-1}$ )			0,084
					$t_0$ (años)			(-) 3854
ESTE ESTUDIO	2016	<i>B. australis</i>	Chile	Anillos anuales otolitos	$L_{\infty}$ (cm)	$59,5 \pm 2,27$	$59,6 \pm 2,9$	59,55
					$K$ ( $\text{año}^{-1}$ )	$0,20 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,03$	$0,19 \pm 0,004$
					$t_0$ (años)	(-) $1,96 \pm 0,32$	(-) $2,23 \pm 0,35$	(-) $2,45 \pm 0,12$

#### 4.4.1.6. Conclusiones

- Se observa una leve diferencia ( $0,02 \text{ año}^{-1}$ ) en la tasa intrínseca de crecimiento individual (K) entre machos y hembras de *B. australis*, por lo que recomendamos usar separadamente los parámetros de crecimiento para machos y hembras.
- El modelo de von Bertalanffy representa armónicamente el crecimiento de *B. australis*.
- La lectura de anillos de crecimiento anual en otolitos *sagittae* es un método efectivo para la determinación de la edad y el crecimiento de esta especie.
- La edad máxima registrada para *B. australis* es 9 años para el caso de los machos y 8 años para las hembras

#### 4.4.1.7. Referencias Bibliográficas

- Arancibia H., Barros M., S. Neira, Alarcón R., Gretchina A., Yáñez A., Ibáñez C., Cisterna L., Zúñiga A., Bruno C., Núñez S., Alegría N., Acuña E. Cortés A. 2015. Pre-Informe Final (corregido) Proyecto FIP 2013-18. Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales. Universidad de Concepción / INPESCA / UCN, 381 p.
- Bigelow K., Jones J., DiNardo G. 1995. Growth of the Pacific pomfret, *Brama japonica*: a comparison between otolith and length-frequency (MULTIFAN) analysis. Canadian Journal of Fisheries and aquatic Science. 52: 2747-2756.
- Cisterna, L. 2009. Análisis del crecimiento en *Engraulis ringens* (Jenys 1842) en la zona sur de Chile. Tesis para optar al grado de Biólogo Marino, Concepción, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Facultad de Ciencias, 23 p.
- Cisterna L. 2014. Estimación de la edad de jurel (*Trachurus murphyi*) mediante lecturas de incrementos diarios en otolitos sagittae. Tesis de Magíster en Ciencias Mención Pesquerías, Concepción, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, 75 p.
- Haddom M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman and Hall, Boca Raton, Florida, 392 p.
- Lobo C., Erzini K. 2001. Age and growth of ray's bream (*Brama brama*) from the south of Portugal. Fisheries Research, 51:343-347.
- Oyarzún C., Cortés N., Leal E. 2013. Age, growth and mortality of southern rays bream *Brama australis* (Bramidae) off the southeastern Pacific coast. Rev. Biol. Mar. Oceanogr., 48 (3): 585-590.
- Pannella G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. Science, 1973:1124-1125.
- Pannella G., 1974. Otolith growth patterns: An aid in age determination in temperate and tropical fishes. In: T.B. Bagenal (editor). The ageing of fish. Unwin Brothers Ltd., Surrey, England, 12 p.
- Pavez P., Cerisola H., González C. Hurtado C. 1998. Análisis y evaluación de la pesquería de la reineta (*Brama australis*) en el litoral de la V Región. Informe Final Proyecto FIP 96-26, 125 pp.
- Savinykh V., Vlasova L. 1994. Size-age structure and growth rate of the Pacific pomfret *Brama japonica* (Bramidae). Journal of Ichthyology, 34(8):97-107.

## 4.4.2. Mortalidad natural y mortalidad total

### 4.4.2.1. Resumen

Se estimó la mortalidad natural ( $M$ ; año<sup>-1</sup>) y la mortalidad total ( $Z$ ; año<sup>-1</sup>) de reineta capturada en Chile central y sur (VIII a XI Regiones) en 2016 mediante métodos bio-analógicos, esto es, aquellos que se basan en parámetros de la historia de vida, en particular de crecimiento. Los principales resultados señalan que la mejor estimación de la mortalidad natural ( $M$ ; año<sup>-1</sup>) puede fijarse en  $M = 0,33$  para machos y en  $M = 0,36$  para hembras, considerando ponderadamente varios métodos. Por otro lado, la mejor estimación de la mortalidad total ( $Z$ ; año<sup>-1</sup>) puede fijarse en  $M = 0,51$  para machos y en  $Z = 0,56$  para hembras.

### 4.4.2.2. Introducción

La reineta es un pez pelágico que se distribuye en el Hemisferio Sur y es capturada principalmente por la pesquería artesanal espinelera, destinándose principalmente al mercado fresco. En 2014 se habría desembarcado oficialmente cerca de 36 mil toneladas de reineta en Chile.

La evaluación de stock de este recurso en Chile es realizada actualmente mediante modelos de data pobre (Espíndola, 2016), en los cuales la información disponible para determinar el estatus de un stock es muy escasa, basándose mayormente en datos de capturas (Polacheck *et al.*, 1993; McAllister *et al.*, 2000; MacCall *et al.*, 2009; Zhou *et al.*, 2013). Para avanzar hacia evaluaciones de stock que utilicen modelos más complejos se necesita determinar los parámetros individuales y poblacionales más importantes del stock, tal como la mortalidad natural ( $M$ , año<sup>-1</sup>) y la mortalidad total ( $Z$ , año<sup>-1</sup>).

Para *B. australis* en Chile, Oyarzún *et al.* (2013) estiman  $M$  de manera determinista mediante métodos bioanalógicos, siendo hasta ahora la única estimación de  $M$  con la que se dispone. En el presente trabajo se estima  $M$  y  $Z$  utilizando métodos bioanalógicos e incorporando la

incertidumbre asociada a la estimación, tanto de los parámetros de cada modelo utilizado (coeficientes) como de los parámetros de entrada. Los parámetros de entrada son principalmente parámetros de crecimiento individual de la ecuación general de von Bertalanffy. En este estudio se utiliza un set de datos de literatura, más los parámetros de crecimiento estimados en este mismo objetivo específico para comparar nuestros resultados con los obtenidos previamente.

#### **4.4.2.3. Metodología de trabajo**

La mortalidad corresponde a la desaparición de individuos de un stock. Un individuo cualquiera de un stock pesquero explotado puede morir por una de dos causas, a saber: causas naturales o por pesca. La suma de ambas causas de mortalidad en el conjunto de los individuos del stock explotado se denomina “mortalidad total” ( $Z$ ). Existen varios métodos que permiten estimar  $Z$  en un stock (Robson & Chapman, 1961; Ricker, 1975; van Sickle, 1977), por ejemplo utilizando información de distribución de frecuencias de tallas o mediante el método de frecuencia estacionaria de la edad. Adicionalmente, con una estimación independiente de  $F$  se puede obtener aproximaciones de  $M$ . También existen métodos indirectos para estimar  $M$  (Jensen, 1996; Cobb & Caddy, 1989), cuyos valores pueden obtenerse de mediciones de temperatura y con el uso de parámetros de la función de crecimiento o asintótico ( $K$ ) de von Bertalanffy del stock estudiado (Pauly, 1980).

##### **4.4.2.3.1. Mortalidad natural ( $M$ )**

La estimación de  $M$  para reineta (*Brama australis*) se realiza con varios métodos bioanalógicos para peces, tal como Alverson & Carney (1975), Pauly (1980), Alagaraja (1984) y Jensen (1996). Para la aplicación del método de Pauly (1980) se utiliza la temperatura promedio del hábitat en el rango de distribución de reineta. Se asume que Chile central es el área representativa de la distribución de reineta y se obtiene la temperatura promedio del

hábitat de registros disponibles en el Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción y/o en el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).

- **Modelo de Jensen (1996)**

Este modelo se obtiene desde la segunda invariante de Beverton & Holt (Charnov, 1993) mediante la relación entre M y K, cuya expresión es:

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

- **Pauly (1980)**

Pauly (1980) encontró una relación entre M (año<sup>-1</sup>), K (año<sup>-1</sup>), L<sub>∞</sub> (longitud asintótica, cm) y T (temperatura anual promedio del hábitat, °C) a partir de datos compilados de 175 stocks de peces marinos de latitudes medias. El modelo de regresión es:

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

- **Método de Alagaraja (1984)**

Con este método se asume que el ciclo natural de vida de una especie (o longevidad) se alcanza cuando el 99% de una cohorte ha muerto sólo por causas naturales. De esta manera, M corresponde al 1% de los sobrevivientes, esto es:

$$M = \frac{\ln(0,01)}{T_{\text{máx}} - T_r}$$

donde: T<sub>máx</sub> es la longevidad máxima o teórica; T<sub>R</sub> es la edad de reclutamiento. Alternativamente, se evalúa la expresión anterior para 5% de sobrevivientes de una cohorte (Taylor, 1960), según la siguiente expresión:

$$M = \frac{\ln(0,05)}{T_{m\acute{a}x} - T_r}$$

La longevidad o edad máxima teórica ( $T_{m\acute{a}x}$ ) se estima con la ecuación propuesta por Taylor (1960), considerando los parámetros de crecimiento, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$T_{m\acute{a}x} = t_0 + \frac{3}{K}$$

donde: K es la tasa instantánea de crecimiento individual de la expresión general de crecimiento en longitud de von Bertalanffy;  $t_0$  es la edad teórica (años) cuando la longitud es cero.

- **Método de Alverson & Cartney (1975)**

Este método consiste básicamente en una readecuación de la expresión que se utiliza para estimar la edad crítica ( $t^*$ ), esto es, la edad en la cual la biomasa de una cohorte se maximiza (Csirke, 1980). Cuando  $t_0 = 0$  en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, entonces se tiene:

$$t^* = \frac{1}{K} \ln \left( \frac{3K}{M} + 1 \right)$$

Reordenando se tiene:

$$M = \frac{3K}{e^{Kt^*} - 1}$$

donde: la constante 3 corresponde al exponente isométrico de la relación longitud-peso ( $b = 3$ ); K y  $t_0$  son parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy. Alverson & Carney (1975) sugieren utilizar  $t^* = 0,38 T_{m\acute{a}x}$

#### 4.4.2.3.2. Precisión de la estimación de M

La base para el procedimiento sugerido es un tipo de remuestreo bootstrap paramétrico de Efron (1985), el que se evalúa numéricamente con ensayos Monte Carlo y que ha sido aplicado por Cubillos *et al.* (1999) para la estimación de M en merluza común (*Merluccius gayi*) de la zona centro-sur de Chile. El procedimiento consiste en obtener valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural ( $M_R$ ), los que son generados utilizando una forma paramétrica de la distribución del error, donde  $R = 1, 2, \dots, R_{max}$ , siendo  $R_{max}$  un número relativamente elevado ( $\geq 1.000$ ), como en este estudio para cada modelo empírico; el estimado de la varianza asociada con bootstrap paramétrico (BP) se calcula según la siguiente expresión:

$$Var(M) = \frac{\sum_{R=1}^{R_{max}} (M_R - \bar{M}_{BP})^2}{R_{max} - 1}$$

donde

$$\bar{M}_{BP} = \frac{\sum_{R=1}^{R_{max}} M_R}{R_{max}}$$

Luego, los límites de confianza (intervalo de plausibilidad) se obtienen con un método percentil, lo cual involucra ordenar el conjunto de valores alternativos de  $M$  ( $M_R: R = 1, 2, \dots, R_{max}$ ). En la aplicación del bootstrap se considera los errores estándar de los coeficientes de cada ecuación utilizada, así como las incertezas de los parámetros que alimentan las ecuaciones de estimación. Al respecto, y debido a que en varias de ellas se utiliza los parámetros de crecimiento, los errores estándar de cada uno de esos parámetros son utilizados para estimar la incerteza. Otras fuentes de incertidumbre, cuya distribución del error no esté lo suficientemente fundamentada, tal como en el caso de la temperatura promedio del hábitat, se utiliza supuestos *ad hoc* (por ejemplo tipo de distribución estadística) u obtenidos de literatura.

Para obtener un valor “más real” de  $M$  se utiliza el promedio ponderado por el inverso de las varianzas de cada estimado (Hilborn & Walters, 1992), esto es,

$$\hat{M} = \frac{w_1 M_1 + w_2 M_2 + \dots + w_{n-1} M_{n-1} + w_n M_n}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

donde:

$$w_i = \frac{1}{\sigma_i^2}$$

es el inverso de la varianza correspondiente a cada uno de los  $i$  estimados independientes de la mortalidad natural ( $M$ ).

#### 4.4.2.3.3. Mortalidad total ( $Z$ )

- **Método de van Sickle (1977)**

En este método se utiliza datos de longitud sin mayores transformaciones debido a que considera las distribuciones de frecuencias de tamaños del stock explotado. La dinámica de la densidad numérica para el flujo de organismos a través de la distribución de tallas se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial N_{z,t}}{\partial t} + \frac{\partial [g_z N_{z,t}]}{\partial z} = -\mu_z N_{z,t}$$

Si el stock presenta una función de distribución estacionaria de tamaños, entonces se tiene la siguiente ecuación diferencial ordinaria:

$$\frac{d[\ln N_{s_z}]}{dz} = -\frac{[\mu_z + g_z]}{g_z}$$

donde:  $N_{z,t}$  es la densidad numérica a la talla  $z$  en el tiempo  $t$ ;  $N_{s_z}$  es la densidad numérica por tamaño en una situación estacionaria;  $g_z$  es la tasa de crecimiento asintótico;  $\mu_z$  es la tasa de mortalidad total.

Si se conoce los parámetros de la función de crecimiento a la talla y una distribución de frecuencia apropiada, entonces se puede utilizar la siguiente expresión para estimar la mortalidad total a la talla:

$$\mu_j = \frac{1}{N_j} \left[ g_{z_j} (N_{s_{z_j}} - g_{z_{j+1}}) N_{s_{z_{j+1}}} \right]$$

donde:  $\mu_j$  es la tasa de mortalidad total para el intervalo de tamaño  $(z_j, z_{j+1})$ ;  $N_j$  es el número total en la clase  $j$ ;  $N_{s_{z_j}}$  y  $N_{s_{z_{j+1}}}$  son densidades numéricas.

- **Método basado en longevidad (Hoenig, 1983)**

En este modelo relaciona inversamente la tasa de mortalidad total con la longevidad mediante la siguiente ecuación:

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

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

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

La mortalidad total ( $Z$ ) se estima promediando todas las mortalidades al tamaño, según la siguiente expresión:

#### 4.4.2.4. Resultados

##### 4.4.2.4.1. Mortalidad Natural

En la Tabla 14 se presenta resultados de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy extraídos de literatura, incluyendo también estimaciones y la desviación estándar de parámetros de crecimiento. Luego, en las Tablas 15 y 16 se presenta los parámetros de crecimiento seleccionados para estimación de M en reineta junto a la estimación de la edad máxima teórica y la talla crítica.

Con los parámetros de crecimiento ( $K$ ,  $L_{\infty}$  y  $t_0$ ), más la edad máxima teórica, la edad crítica y los coeficientes de los modelos remuestreados mediante procedimiento Monte Carlo, se estimó M mediante los modelos presentados en la sección de metodología del presente trabajo. Otros datos utilizados, aunque no presentados en las tablas previas, son la temperatura promedio anual del hábitat que se requiere para el método de Pauly (1980), la cual se asumió entre 8 y 12 °C, de acuerdo con Bustos *et al.* (2007), y se remuestreó mediante una distribución uniforme. La edad de reclutamiento, requerida para los métodos de Alagaraja (1984) y Taylor (1960) se fijó en 3 años, remuestreándola con C.V. = 0.2.

Tabla 14. Parámetros de crecimiento de la ecuación von Bertalanffy para reineta tomado de literatura y estimados en este proyecto.

Autor/es	Año	Especie	País	Método	Parámetro	Machos	Hembras	Ambos
Oyarzún <i>et al.</i>	2013	<i>B. australis</i>	Chile	Anillos				
				anuales	$L_{\infty}$ (cm)	60,62	57,03	$58,95 \pm 2,18$
				otolitos	K ( $\text{año}^{-1}$ )	0,286	0,303	$0,277 \pm 0,034$
				$t_0$ (años)	0,251	(-) 0,251	$0,371 \pm 0,217$	
Pavez <i>et al.</i>	1998	<i>B. australis</i>	Chile	Anillos				
				anuales	$L_{\infty}$ (cm)			48,0
				escamas	K ( $\text{año}^{-1}$ )			0,25
				$t_0$ (años)			(-)0,98	
Paul <i>et al.</i>	2004	<i>B. australis</i>	Nueva	Anillos				
			Zelanda	anuales	$L_{\infty}$ (cm)	$52,3 \pm 0,59$	$49,6 \pm 0,46$	
				otolitos	K ( $\text{año}^{-1}$ )	$0,226 \pm 0,022$	$0,282 \pm 0,024$	
				$t_0$ (años)	(-)2,44 $\pm$ 0,53	(-) 1,8 $\pm$ 0,39		
Bigelow <i>et al.</i>	1995	<i>B. japonica</i>	Pacífico	Incrementos				
			Norte	diarios	$L_{\infty}$ (cm)	$46,8 \pm 1,46$	$45,0 \pm 1,64$	$45,6 \pm 1,15$
				otolitos	K ( $\text{año}^{-1}$ )	$1,85 \pm 0,316$	$1,9 \pm 0,386$	$1,99 \pm 0,323$
				$t_0$ (años)	$0,01 \pm 0,058$	(-)0,01 $\pm$ 0,069	$0,02 \pm 0,054$	
Lobo & Erzini	2001	<i>B. brama</i>	Portugal	Anillos				
				anuales	$L_{\infty}$ (cm)			70,5
				otolitos	K ( $\text{año}^{-1}$ )			0,084
				$t_0$ (años)			(-)3,854	
FIPA				Anillos				
2015-20				anuales	$L_{\infty}$ (cm)	$59,5 \pm 2,27$	$59,6 \pm 2,9$	$65,8 \pm 3,35$
(este estudio)	2016	<i>B. australis</i>	Chile	otolitos	K ( $\text{año}^{-1}$ )	$0,20 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,01$
					$t_0$ (años)	(-)1,96 $\pm$ 0,32	(-) 2,23 $\pm$ 0,35	(-) 3,05 $\pm$ 0,33

Tabla 15. Parámetros de crecimiento de *B. australis* utilizados en la estimación de M y Z, tomados de Paul *et al.* (2004) para machos y hembras, y de Oyarzún *et al.* (2013) para sexos combinados. Nota: T<sub>max</sub> = edad máxima teórica y t\* = edad crítica son estimados a partir de esos parámetros; desviación estándar en paréntesis.

	<b>L<sub>∞</sub></b> <b>(cm)</b>	<b>K</b> <b>(año<sup>-1</sup>)</b>	<b>t<sub>0</sub></b> <b>(años)</b>	<b>T<sub>máx</sub></b> <b>(años)</b>	<b>t*</b> <b>(años)</b>
Machos	52,30 (0,59)	0,226 (0,022)	-2,44 (0,53)	10,90 (1,67)	4,14 (0,63)
Hembras	49,60 (0,46)	0,282 (0,024)	-1,80 (0,39)	8,88 (1,18)	3,37 (0,45)
Ambos Sexos	58,95 (2,18)	0,277 (0,0034)	0,371 (0,01)	18,6 (0,147)	7,1 (0,056)

Tabla 16. Parámetros de crecimiento de la ecuación von Bertalanffy para *B. australis* generados en el presente estudio y utilizados en las estimaciones de M y Z.

	<b>L<sub>∞</sub></b> <b>(cm)</b>	<b>K</b> <b>(año<sup>-1</sup>)</b>	<b>t<sub>0</sub></b> <b>(años)</b>	<b>T<sub>máx</sub></b> <b>(años)</b>	<b>t*</b> <b>(años)</b>
Machos	59,5 (2,27)	0,20 (0,02)	-1,96 (0,32)	13,13 (1,64)	4,99 (0,62)
Hembras	59,6 (2,90)	0,22 (0,03)	-2,23 (0,35)	11,57 (2,03)	4,40 (0,77)

No se aplicó en este análisis el modelo de Rikhter y Efanov (1976) debido a que se requiere la edad de madurez, aunque aquí se seleccionó preferentemente los métodos que permitieran estimaciones para sexos separados y luego sexos combinados, y no sólo de hembras, como lo exige Rikhter y Efanov (1976). De los cinco métodos restantes (Tabla 17) se tiene que las estimaciones de M no presentan mayores diferencias entre métodos, excepto por el método de Taylor (1960). Las estimaciones de M realizadas con parámetros de crecimiento de reineta obtenidos del presente estudio se presentan en la Tabla 18.

Tabla 17. Estimaciones promedio de mortalidad natural en reineta por sexo para cada modelo utilizando los parámetros de crecimiento reportados en referencias.

	<b>Pauly (1980)</b>	<b>Jensen (1996)</b>	<b>Alverson &amp; Cartney (1975)</b>	<b>Alagaraja (1984)</b>	<b>Taylor (1960)</b>
Machos	0,380 (0,020)	0,334 (0,017)	0,452 (0,036)	0,547 (0,006)	0,674 (0,004)
Hembras	0,445 (0,026)	0,416 (0,025)	0,545 (0,050)	0,446 (0,007)	0,589 (0,005)
Ambos Sexos	0,421 (0,025)	0,409 (0,026)	0,371 (0,021)	0,567 (0,003)	0,690 (0,002)

Tabla 18. Estimaciones promedio de mortalidad natural en *B. australis* por sexo para cada modelo utilizando los parámetros de crecimiento estimados en el presente estudio.

	<b>Pauly (1980)</b>	<b>Jensen (1996)</b>	<b>Alverson &amp; Cartney (1975)</b>	<b>Alagaraja (1984)</b>	<b>Taylor (1960)</b>
Machos	0,340 (0,017)	0,295 (0,013)	0,358 (0,020)	0,628 (0,003)	0,738 (0,002)
Hembras	0,361 (0,019)	0,325 (0,016)	0,423 (0,033)	0,571 (0,006)	0,693 (0,004)

En la Tabla 19 se presenta estimaciones de M ponderadas por el inverso de la varianza de cada modelo. En el caso de los métodos M que utilizan parámetros de crecimiento obtenidos en este estudio, los métodos considerados para la ponderación fueron Pauly (1980), Jensen (1996) y Alverson & Cartney (1975), por un lado, y todos los métodos de la Tabla 18, por el otro.

Tabla 19. Estimaciones de mortalidad natural (M; año<sup>-1</sup>) en *B. australis* ponderado por el inverso de la varianza de cada modelo, por sexo, utilizando distintas estimaciones de parámetros de crecimiento; I.C. =  $M_{prom} \pm \frac{1,96}{\sqrt{n}}$ , donde n=1.000 iteraciones; esto es: I.C. =  $M_{prom} \pm 0,062$ .

	<b>M ponderado</b>		
	<b>Referencias</b>	<b>Este estudio (3 métodos)</b>	<b>Este estudio (5 métodos)</b>
Machos	0,47	0,33	0,58
Hembras	0,45	0,36	0,49
Ambos Sexos	0,52	-	-

#### 4.4.2.4.2. Mortalidad Total (Z)

Z se estimó con el método de Hoenig (1983) utilizando los parámetros de crecimiento provenientes desde referencias, los que resultaron en valores de Z más altos que las estimaciones realizadas con los parámetros de crecimiento obtenidos en este estudio, tanto para machos como para hembras (Tabla 20).

Tabla 20. Estimaciones promedio de mortalidad total (Z, año<sup>-1</sup>) de reineta para ambos sexos y zonas.

	Z estimado	
	referencias	Este estudio
Machos	0,58	0,51
Hembras	0,67	056
Ambos Sexos	0,56	-

#### 4.4.2.5. Discusión

Se estimó M y Z de reineta (*B. australis*) utilizando modelos bioanalógicos e incorporando en las estimaciones tanto la incertidumbre de cada modelo como la incertidumbre de los parámetros de entrada a esos modelos. Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy fueron escogidos de acuerdo a la información que entregaban los modelos y su metodología de estimación. De esta forma, se trabajó con parámetros comunicados por Oyarzún *et al.* (2013) para la determinación de M con sexos combinados, mientras que en las estimaciones de M separadas por sexos se utilizó parámetros de crecimiento estimados por Paul *et al.*, (2004). Afortunadamente, en ambos trabajos se presenta el error estándar de cada parámetro estimado y se usó la metodología de lectura de otolitos basado en anillos de crecimiento anuales, del mismo modo que en el presente proyecto FIPA 2015-20, lo que permite la comparación directamente.

Los valores promedio de  $M$  de reineta estimados para el set de parámetros provenientes de referencias bibliográficas fueron, en general, más altos que los valores promedio resultantes de  $M$  utilizando parámetros de crecimiento estimados en este trabajo. El modelo de Taylor (1960) entregó las estimaciones de  $M$  promedio más altas con respecto a los otros métodos aplicados (Tablas 17 y 18) en el set de parámetros de referencia (alrededor de  $0,6 \text{ año}^{-1}$ ). Aunque en Taylor (1960) se utiliza los mismos parámetros que en el modelo de Alagaraja (1984), la diferencia en la estimación de  $M$  entre ambos modelos es que en este último se asume que la longevidad se alcanza cuando el 99% de una cohorte ha muerto sólo por causas naturales. De esta manera,  $M$  corresponde al 1% de los sobrevivientes, mientras que en Taylor (1960), por definición,  $M$  corresponde al 5% de los sobrevivientes, generando consecuentemente valores más altos de  $M$  respecto de Alagaraja (1984). Entonces, las estimaciones de  $M = 0,33 \text{ año}^{-1}$  para machos y  $M = 0,36 \text{ año}^{-1}$  para hembras (Tabla 19, columna del medio) son las que deben ser recogidas por los usuarios. Por el contrario,  $M = 0,51 \text{ año}^{-1}$  para machos y  $M = 0,56 \text{ año}^{-1}$  para hembras (Tabla 19, columna de la derecha) deben ser descartadas completamente. Nota del jefe de proyecto: se incluye estas dos últimas estimaciones de  $M$  por exigencia del Consejo de Investigación Pesquera y de Acuicultura, para no someter al proyecto a multas infundadas. Sin embargo, se reitera que no deben ser considerados  $M = 0,51 \text{ año}^{-1}$  para machos y  $M = 0,56 \text{ año}^{-1}$  para hembras.

Las estimaciones de  $M$  promedio con los parámetros de crecimiento de reineta estimados en este proyecto pueden agruparse en dos set de resultados, siendo el primero aquel que incluye las estimaciones con los métodos de Pauly (1980), Jensen (1996) y Alverson & Cartney (1975), cuyos valores de  $M$  se presentan entre  $0,30$  y  $0,42 \text{ año}^{-1}$ . Estos modelos utilizan principalmente el parámetro  $K$  para la estimación de  $M$ , mientras que con los otros dos métodos (Taylor, 1960; Alagaraja, 1984), basados en la longevidad, se genera valores de  $M$  bastante más altos, entre  $0,58$  y  $0,74 \text{ año}^{-1}$ . Estos dos últimos tampoco deben ser usados en adelante.

Dado que la reineta es un pez pelágico altamente migratorio, entonces es posible esperar valores de  $M$  relativamente altos como los obtenidos con Alagaraja (1984) y Taylor (1960). Sin embargo, dados los bajos valores de la tasa de crecimiento individual del modelo von

Bertalanffy utilizados ( $K$  entre 0,15 y 0,28 año<sup>-1</sup>), se recomienda no considerar las estimaciones obtenidas con el método de Taylor (1960) para el set de parámetros de referencia.

Las estimaciones de  $M$  utilizando los parámetros de crecimiento estimados en este estudio entregan valores de  $M$  en alrededor de 0,35 año<sup>-1</sup>, a excepción de los métodos de Alagaraja (1984) y Taylor (1960), cuyos valores son muy altos (>0,58 año<sup>-1</sup>), por lo que se recomienda no utilizarlos.

La más reciente estimación de  $M$  para reineta en Chile corresponde a Oyarzún *et al.* (2013), realizada mediante una estimación puntual utilizando los métodos de Pauly (1980) y Alagaraja (1984), quienes comunican que  $M = 0,45$  año<sup>-1</sup> (promedio entre las dos estimaciones puntuales mencionadas), cuyo valor es más alto que las estimaciones realizadas en el presente trabajo con los nuevos parámetros de crecimiento. Considerando la nueva tasa de explotación a la que está siendo sometida actualmente la reineta, entonces los resultados de  $M$  obtenidos en el presente trabajo parecen apropiados.

Para recomendar el uso de un valor específico de  $M$  no es necesario definir un sólo modelo que creamos representa fielmente la realidad de los procesos, puesto que esa tarea es probablemente imposible. Por esta razón utilizamos la estadística a nuestro favor y consideramos las propiedades que entrega cada modelo de estimación, ponderando su resultado por el inverso de la varianza. Consecuentemente, sugerimos que los mejores estimados de  $M$ , utilizando los parámetros de crecimiento estimados en este proyecto, son aquellos que excluyen a los modelos de Taylor (1960) y Alagaraja (1984) y que, entonces, están cercanos a  $M = 0,35$  año<sup>-1</sup>. Los posibles sesgos son evidentes cuando consideramos que los resultados de algunos métodos bioanalógicos dependen, por ejemplo, si el modelo usado considera que la sobrevivencia es 5% (Alagaraja, 1984) o 1% (Taylor, 1960), o cuando los parámetros de crecimiento están mal estimados con altas desviaciones de lo esperado, lo que repercutirá ciertamente en el estimado de  $M$  (en particular ver los métodos de Pauly, 1980; Jensen, 1996; Alverson & Cartney, 1975).

En cuanto a la estimación de  $Z$  realizada en el presente trabajo, basada en Hoenig (1983), es posible observar que dicha estimación posee un patrón similar al de  $M$  en el sentido que los valores más altos correspondieron a aquellos obtenidos utilizando los parámetros de crecimiento provenientes desde referencias bibliográficas (trabajos previos), mientras que los parámetros de crecimiento estimados en el presente estudio generan valores de  $Z$  en alrededor de  $0,5 \text{ año}^{-1}$ , el cual puede ser considerado bajo en comparación al reportado por Oyarzún *et al.* (2013), esto es,  $Z = 0,9 \text{ año}^{-1}$ .

#### 4.4.2.6. Conclusiones

- La mejor estimación de la mortalidad natural ( $M$ ; año<sup>-1</sup>) puede fijarse en  $M = 0,33$  para machos y en  $M = 0,36$  para hembras, considerando ponderadamente varios métodos (I.C. =  $M \pm 0,062$ ).
- La estimación previa de los parámetros de crecimiento, en particular la tasa de crecimiento individual ( $K$ ; año<sup>-1</sup>), es relevante para la posterior estimación de  $M$ , pues ambos parámetros están directamente relacionados (Charnov, 1993).
- La mejor estimación de la mortalidad total ( $Z$ ; año<sup>-1</sup>) puede fijarse en  $M = 0,51$  para machos y en  $Z = 0,56$  para hembras.

#### 4.4.2.7. Referencias bibliográficas

- Alagaraja K. 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian. Fish*, 31: 177-208.
- Alverson D.L., Cartney M.J. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J. Con. Int. Explor. Mer.* 36: 133 – 143.
- Charnov E.L. 1993. *Life history invariants*. Oxford University Press, London, 167 p.
- Cubillos L., Alarcon R., Brante, A. 1999. Empirical estimates of natural mortality for the Chilean hake (*Merluccius gayi*): evaluation of precision. *Fish. Res.*, 42, 147-153.
- Efron B. 1985. Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. *Biometrika* 72: 45-48.
- Espíndola F. 2016. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2017. Informe 1 de Estatus. Instituto de Fomento Pesquero, 102 p.
- Hoenig J.M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.*, 81(4), 898-903.
- Jensen A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53: 820-822.
- MacCall A.D. 2009. Depletion-corrected average catch: a simple formula for estimating sustainable yields in data-poor situations. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 2267-2271.
- McAllister M.K., Badcock E.A., Pikitch E.K., Preger M.H. 2000. Application of a non-equilibrium generalized production model to South and North Atlantic swordfish: combining Bayesian and demographic methods for parameter estimation. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT* 51 (5), 1523-1550.
- Pauly D. 1980. On the inter relationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 39: 175-192.
- Pavez P., Cerisola H., González C., Hurtado C. 1998. Análisis y evaluación de la pesquería de reineta (*Brama australis*) en el litoral de la V Región. Informe Final Proyecto FIP N° 96-26, Universidad Católica de Valparaíso.
- Polacheck T., Hilborn R., Punt A.E. 1993. Fitting Surplus Production Models: Comparing Methods and Measuring Uncertainty. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 2579-2607
- Rikhter V.A., Efanov V.N. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *International Commission of the Northwest Atlantic Fisheries, Research Document* 76/VI/8: 1-1

- Taylor C. C. 1960. Temperature, growth and mortality, the Pacific cockle. *Journal du Conseil* 26: 117-124
- van Sickle J.A. 1977. Analysis of a distributed parameter population model based on physiological age. *Journal of Theoretical Biology*. 64 (3). 571-586 pp.
- Zhou S., Pascoe S., Dowling N., Haddon M., Klaer N., Larcombe J., Smith A.D.M., Thebaud O., Vieira S., Wayte S. 2013. Quantitatively defining biological and economic reference points in data poor and data limited fisheries. Final Report on FRDC Project 2010/044, Canberra, Australia.

#### 4.5. Objetivo Específico 4

Generar indicadores de la pesquería de reineta en aguas nacionales durante la ejecución del presente proyecto (capturas totales en peso, capturas en número a la edad o a la talla, cpue u otros).

##### 4.5.1. Resumen

Se estima indicadores de la pesquería de reineta desde los principales puertos de desembarque desde enero hasta noviembre de 2016, los que corresponden a desembarque (toneladas), longitud total (LT, cm), peso total (PT, g), composición de tamaños en el desembarque y relación talla-peso. Los desembarques de reineta se concentraron en la VIII Región (76,9% del total), seguido de la X Región (9,8%) y la XI Región (6,0%). La flota artesanal fue el principal proveedor de reineta (93,9% del desembarque); el desembarque industrial (6,1%) ocurrió casi exclusivamente en la XI Región (Puerto Aysén).

La longitud total (LT, cm) promedio de reineta fue de 41 cm a 56 cm en la VIII Región, mientras que en la X Región fue entre 44 y 50 cm LT, y en la XI Región entre 44 y 48 cm LT. En la VIII Región se observa una tendencia decreciente de la longitud media de reinetas entre enero y agosto. Se destaca un gradiente latitudinal decreciente de la longitud modal (y la longitud media) de reineta entre Regiones. El peso total (g) promedio de reinetas en el desembarque fue el siguiente: VIII Región entre 7945 g y 1.980 g; X Región entre 1.024 g y 1.537 g; XI Región: entre 997 y 1.249 g.

La composición de tamaños en las capturas de reineta en la VIII Región (por sexo y combinados) de enero a junio se revela aproximadamente unimodal (moda en 55-56 cm de LT), mientras que de julio a noviembre fue bimodal. En la X Región la composición de tamaños (sexos combinados) muestra estructura polimodal en marzo de 2016, y unimodal de abril a noviembre; en la XI Región la composición de tamaños de febrero a junio (por sexo y sexos combinados) fue bimodal, mientras que de julio a octubre fue unimodal.

## **4.5.2. Metodología de trabajo**

### **4.5.2.1. Estrategia muestral**

Para la construcción de los indicadores de la pesquería de reineta de la VII a XI Regiones se dispuso de técnicos observadores en los principales puertos de desembarque, particularmente para verificar la componente artesanal, pues solo en la XI Región opera regularmente una nave industrial en una parte del año. La información biológico-pesquera colectada se ha agregado en escala mensual y por Región (VIII, X y XI Regiones)

### **4.5.2.2. Análisis espacio-temporal del esfuerzo y rendimiento de pesca**

Para el análisis espacio-temporal del esfuerzo y rendimiento de pesca se la escala mensual con la información que se colectó desde la flota artesanal e industrial. Se indagó en la identificación de caladeros de pesca (mensuales) mediante el enfoque metodológico expuesto en el objetivo específico 2. Según la oferta técnica, la importancia relativa de los caladeros se debía determinar mediante el cálculo de un índice de concentración modificado de manera que la unidad mínima de observación sea el lance de pesca. Sin embargo, la información disponible no fue suficiente para abordar este punto debido a que, para la flota artesanal la información no está georeferenciada o, la que existe, no es creíble.

### **4.5.2.3. Distribución espacial de la captura y densidad poblacional**

Se indagó en la distribución espacial de la captura y la densidad poblacional a través de celdas de 10 mn x 10 mn, calculándose luego la captura total y la densidad media por celda

#### 4.5.2.4. Composición de tamaños en las capturas mensuales

##### 4.5.2.4.1. Tamaño mínimo de muestra de la estructura de tallas

Para la estructura de tallas mensual del recurso pesquero objetivo (en este caso reineta) se utilizó muestras obtenidas a bordo de naves industriales y del desembarque en puerto en el caso de naves artesanales. La definición del tamaño de muestra quedó supeditada a un muestreo piloto de longitudes del que se calculó el coeficiente de variación de la longitud total ( $CV_{(LT)}$ , %). A continuación se presenta los tamaños muestrales ( $n$ ) para el registro de la estructura de tamaños de un recurso pesquero cualquiera, para un nivel de incertidumbre  $\alpha = 0,05$ , considerando que el error máximo es 10% ( $d = 0,1$ ) y el coeficiente de variación teórico entre 10% y 30%, calculado según la expresión dada por Cochran (1977), a saber:

$$n \geq \frac{t_{\alpha, \infty}}{\left(\frac{d}{CV_{(LT)}}\right)}$$

donde:  $t_{\alpha, \infty}$  es el valor de la distribución t-Student para el nivel de incertidumbre  $\alpha$  y  $\infty$  grados de libertad. En la Tabla 21 se entrega el tamaño de muestra para distintos niveles del coeficiente de variación:

Tabla 21. Tamaño de muestra para distintos niveles de CV

$CV_{(LT)}$	N ( $t_{0,05;\infty}$ )
0,10	196
0,15	294
0,20	392
0,25	490
0,30	588

Con la información de los primeros 5 meses de estudio se calculó el C.V. observado y se reestimó el tamaño mínimo de muestra requerido para caracterizar la composición de tamaños mensual y por región de reineta.

#### 4.5.2.4.2. Composición de tallas en las capturas

La composición por tallas 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 respectivo. Debido a que algunas embarcaciones pudieron operar en áreas en que la estructura de tallas de reineta hubiese sido distinta a la estructura de tallas de otras embarcaciones operando en otras áreas, entonces a la frecuencia de tallas de cada embarcación muestreada se le asignó un ponderador, el que está dado por la razón entre la captura mensual de la embarcación muestreada y el peso de la muestra medida, esto es,

$$FP_{i,m} = \frac{C_{i,m}}{WN_{i,m}}$$

donde:  $FP_{i,m}$  es el factor ponderador para las frecuencias de tallas que se estima de la nave  $i$  en el mes  $m$ ;  $C_{i,m}$  es la captura (toneladas) de la nave  $i$  muestreada en el mes  $m$ ;  $WN_{i,m}$  es el peso de la muestra obtenida de la nave  $i$  en el mes  $m$ . El resto del procedimiento es igual al presentado en el objetivo específico 2.

#### 4.5.2.4.3. Relación talla-peso

La relación talla-peso de reineta durante el período de estudio se determinó por mes y región de desembarque. La estimación de los parámetros de dicha relación fue presentada en el objetivo específico 2.

### **4.5.3. Resultados**

#### **4.5.3.1. Desembarques mensuales**

La información de desembarques mensuales de reineta se obtuvo de enero a noviembre de 2016, alcanzando a 24.592 toneladas; VIII Región concentró 76,9% del desembarque total, seguido de la X Región (9,8%) y luego la XI Región (6,0%). El 93,9% del desembarque de reineta se debe a la flota artesanal, y el 6,1% restante a la flota industrial, casi exclusivamente de la XI Región (97,9% del desembarque industrial) (Tabla 22). El desembarque artesanal mensual muestra tendencia decreciente de enero a agosto (desde casi 6.500 toneladas hasta cerca de 730 toneladas), recuperándose luego, mientras que el desembarque industrial alcanzó su máximo en agosto con cerca de 530 t (Fig. 48).

#### **4.5.3.2. Análisis espacio-temporal de las capturas, esfuerzo y rendimiento de pesca**

Se procuró obtener información georeferenciada proporcionada por agentes extractivos (artesanales e industriales), lo que tuvo buenos resultados sólo en enero y parcialmente en febrero de 2016. Posteriormente se consiguió sólo información georeferenciada de embarcaciones en las que se realizó muestreos (biológico-específicos y/o de frecuencias de tamaños), en la mayoría de los casos; en otros casos no fue posible debido a que se debió comprar parte de la pesca para alcanzar los tamaños de muestra requeridos y comprometidos en el proyecto para los distintos objetivos específicos. Las posibilidades de embarcar personal técnico para la toma de muestras fueron limitadas, por lo que se privilegió la colecta de información en los puertos de desembarque.

Tabla 22. Desembarques (ton) de reineta de la IV a XIV Regiones por flota (artesanal e industrial) de enero a mayo de 2016. Fuente: SernaPesca.

Mes	Región									Total
	IV	V	VI	VII	VIII*	IX	XIV	X	XI*	
Ene	0,080	1,234	1,200	432,010	5885,641 0,732	114,994		48,666	0,060 0,887	6483,885 1,619
Feb.	0,025	0,007	0,270	44,187	4.034,236 0,158	173,781	0,040	13,439	0,510 133,150	4.266,495 133,308
Mar.		0,169		197,579	1.812,426	16,577		169,831		2.196,582
Abr.		0,096		326,962	1.002,161		0,002	50,334	0,830 8,744	1.380,385 8,744
May.				1,473	940,688	1,197	0,030	44,081	0,320 335,058	987,789 335,058
Jun.				0,660	929,495 2,210	49,107	0,239	178,936	0,070 91,608	1.158,507 93,818
Jul.		0,004		0,040	553,311	0,040	2,610	377,879	0,072 56,395	933,956 56,395
Ago.				0,275	623,502			104,555	0,100 533,192	728,432 533,195
Sep.				4,447	530,681			550,435	0,030 185,870	1.085,593 185,870
Oct.	0,179		0,003	44,469	1.150,299 1,436	117,221	0,025	441,809		1.754,005 90,191
Nov.		2,282		229,493	1.410,997 27,273	49,000		423,809	0,400 34,954	2.115,981 62,227
Total	0,284	3,792	1,473	1.281,595	18.873,437 31,809	521,917	2,946	2.403,774	2,392 1.468,613	23.091,610 1.500,422

\* Regiones con desembarque artesanal (arriba) e industrial (abajo)

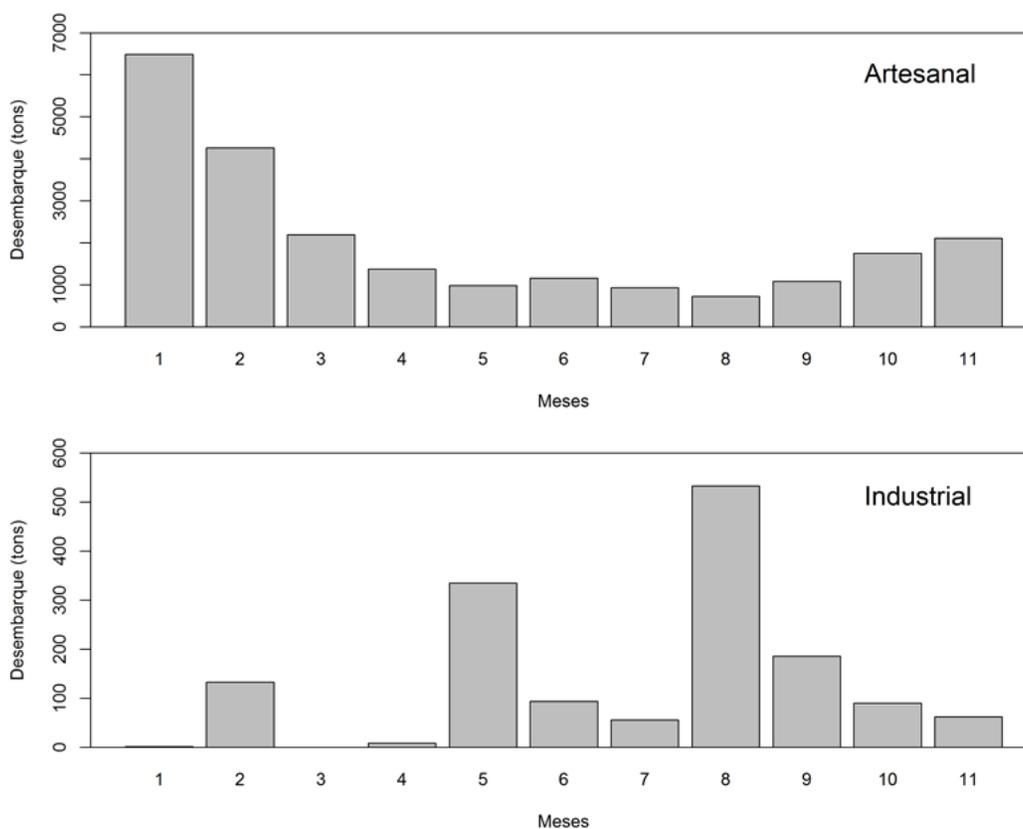


Figura 48. Desembarque (toneladas) mensual de reineta por flota (artesanal e industrial) de enero a noviembre de 2016.

De enero a noviembre de 2016 se registró el desembarque de 36 embarcaciones (artesanales e industriales) en Coronel, Lebu, San Vicente y Talcahuano en la VIII Región; Anahuac/Puerto Montt, Calbuco y Dalcahue en la X Región, y Puerto Chacabuco en la XI Región, obteniéndose información de 148 viajes con pesca de reineta (Tablas 23 y 24). No fue posible obtener información disgregada por lance de pesca por lo que se agrupó al nivel de viaje con pesca (vcp).

Tabla 23. Número de viajes con pesca de *B. australis* monitoreados de enero a noviembre de 2016 por Región.

Mes	Región			Total
	VIII	X	XI	
Ene.	45			45
Feb.	9		3	12
Mar.	2	2		4
Abr.	5	2	2	9
May.	13	2	2	17
Jun.	5	5	4	14
Jul.	4	1	4	9
Ago.	4	3	4	11
Sep.	5	2	4	11
Oct.	6	1	3	10
Nov.	5	1		6
Total	103	19	26	148

#### 4.5.3.3. Distribución espacial de la captura y densidad poblacional

Los viajes de pesca con capturas de reineta que fueron monitoreados de enero a noviembre de 2016 y ocurrieron entre 35°51'33,5"S y 46°48'38,8"S, constituyéndose tres grandes zonas de pesca, a saber: (1) al norte de Talcahuano, (2) entre Punta Lavapié y Puerto Saavedra, y (3) al sur de 41°28,6'S (Fig. 49). La distribución espacial del rendimiento de pesca (ton/vcp) mensual se muestra en las Figs. 50 y 51.

Tabla 24. Desembarque total (kg), promedio (Prom.), mínimo (Mín.) y máximo (Máx) para *B. australis* monitoreada de enero a noviembre de 2016 por Región.

Mes	VIII Región				X Región				XI Región			
	Total	Prom.	Mín.	Máx	Total	Prom.	Mín.	Máx	Total	Prom.	Mín.	Máx
Ene	189.775	4.217,2	300	10.000								
Feb.	46.450	5.161,1	1.000	8.230					16.530	5.510,0	4.560	6.280
Mar.	15.790	7.895,0	7.810	7.980	14.370	7.185,0	6.270	8.100				
Abr.	20.850	4.170,0	380	8.300	13.270	6.635,0	6.140	7.130	12.740	6.370,0	6.120	6.620
May.	20.490	1.576,2	370	7.740	9.670	4.835,0	4.560	5.110	14.550	7.275,0	6.410	8.140
Jun.	35.150	7.030,0	3.870	8.460	27.330	5.466,0	3.930	8.300	28.400	7.100,0	5.390	7.890
Jul.	22.990	5.747,5	3.580	7.240	7.370	7.370,0	7.370	7.370	24.590	6.147,5	4.180	7.910
Ago.	28.590	7.147,5	5.820	8.440	16.010	5.336,7	4.000	6.540	29.540	7.385,0	6.650	8.200
Sep.	31.190	6.238,0	4.280	8.020	9.340	4.670,0	4.360	4.980	25.520	6.380,0	3.710	8.090
Oct.	30.290	5.048,3	660	7.300	7.540	7.540,0	7.540	7.540	18.720	6.240,0	4.510	8.090
Nov.	14.590	2.918,0	370	7.090	8.180	8.180,0	8.180	8.180				
Total	456.155	4.428,7	300	10.000	113.080	5.951,6	3.930	8.300	170.590	6.561,2	3.710	8.200

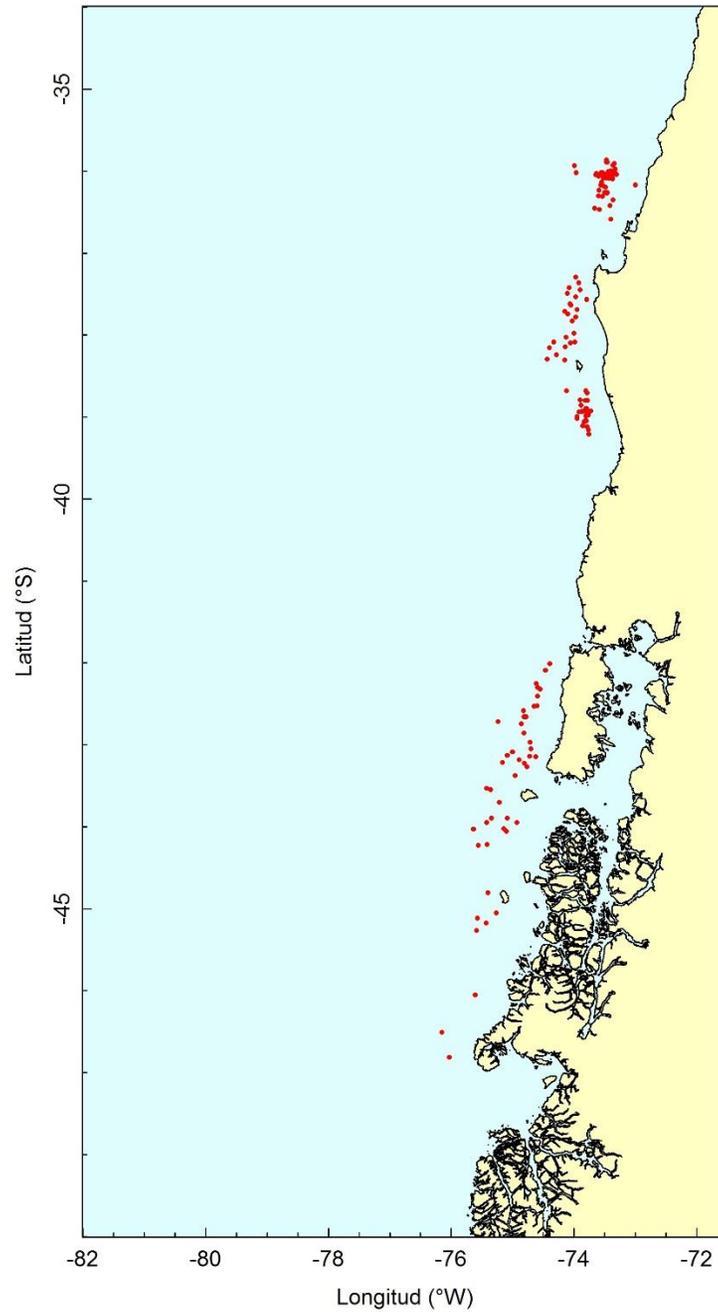


Figura 49. Distribución espacial de los viajes de pesca con capturas de *B. australis* monitoreados de enero a noviembre de 2016.

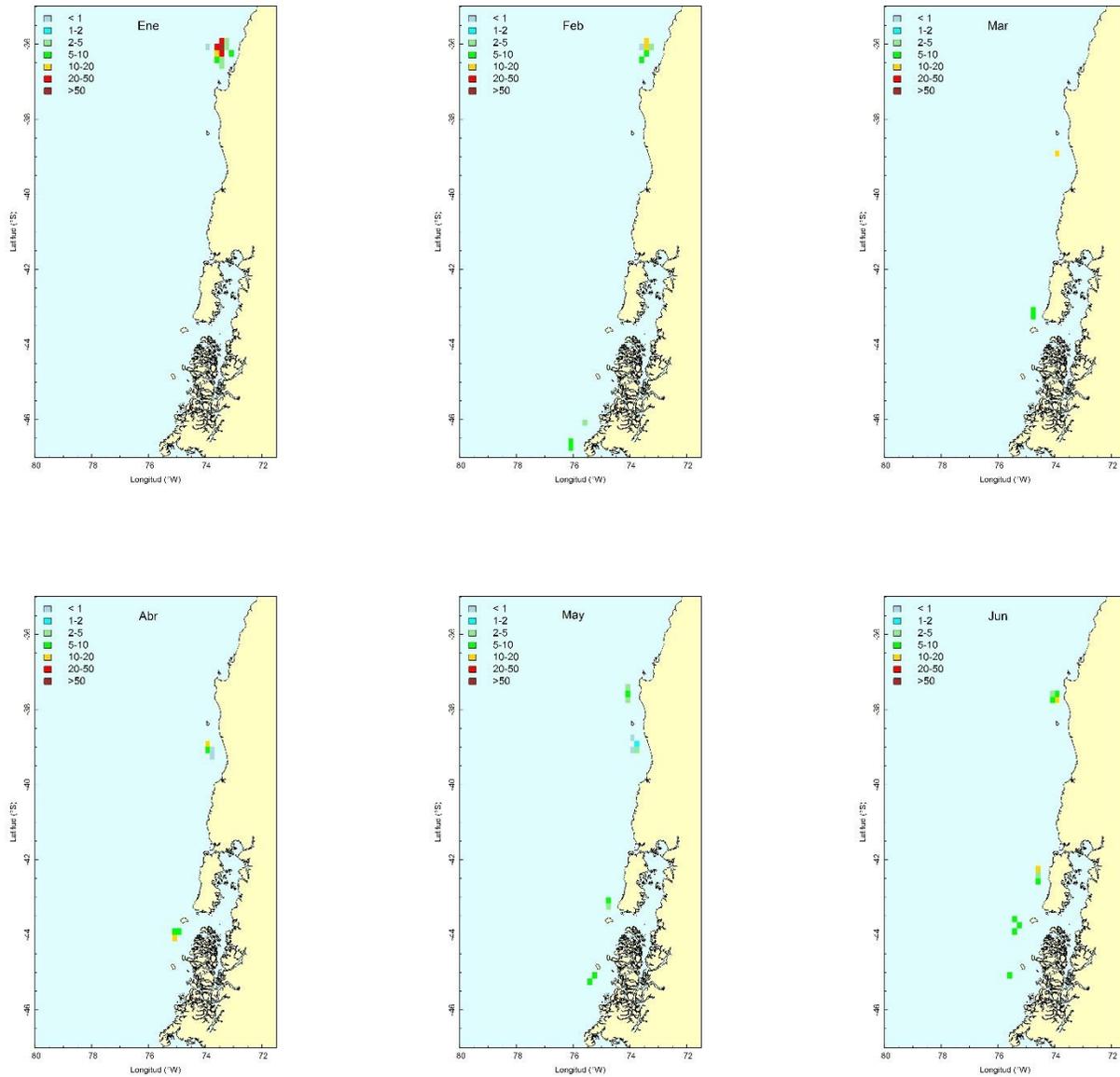


Figura 50. Distribución espacial del rendimiento (ton/vcp) en viajes con pesca de *B. australis* monitoreados de enero a junio de 2016.

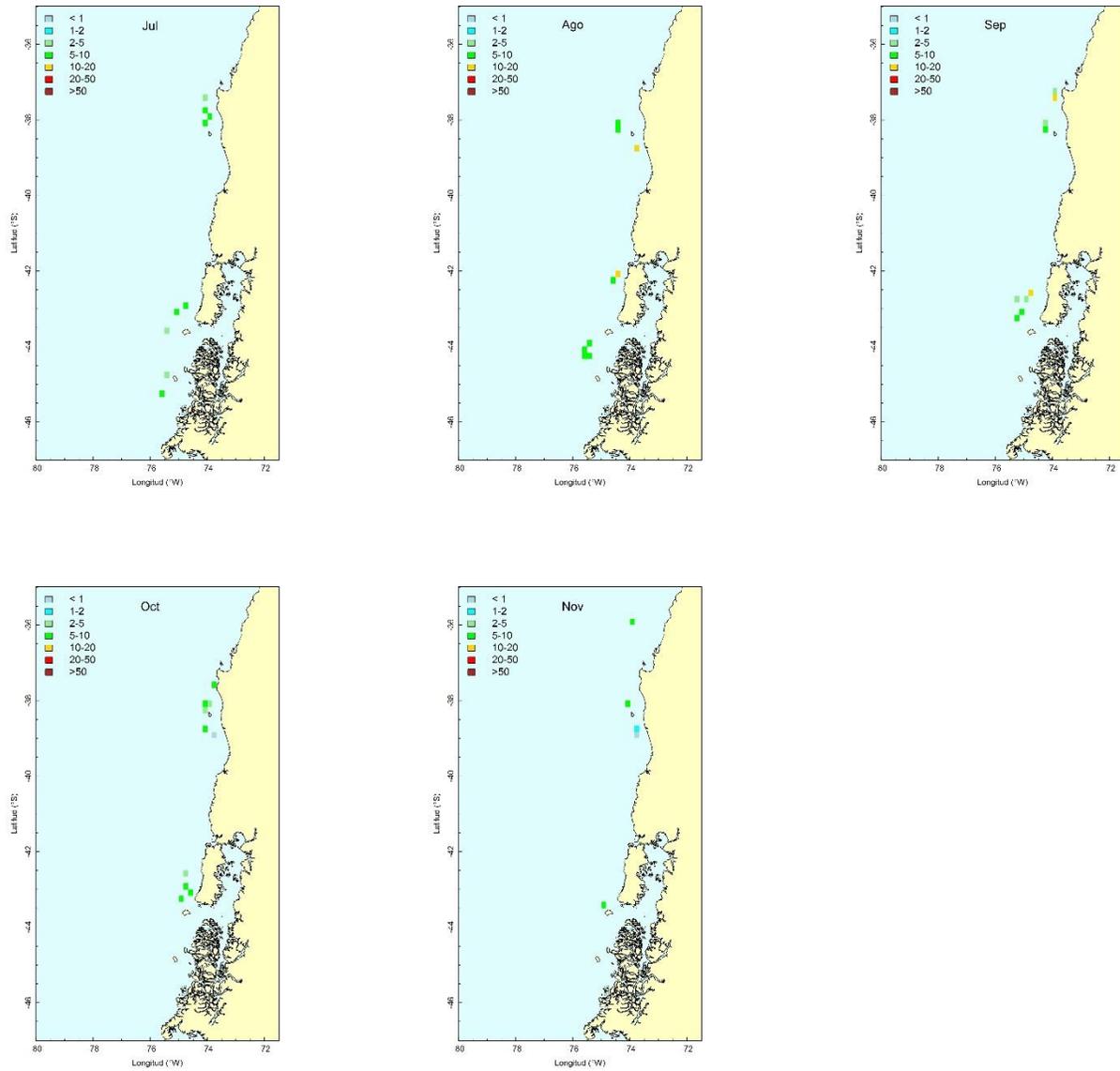


Figura 51. Distribución espacial del rendimiento (ton/vcp) en viajes con pesca de *B. australis* monitoreados de julio a noviembre de 2016.

#### **4.5.3.4. Tamaño mínimo de muestra de la estructura de tallas**

El tamaño mínimo de muestra para la composición de tamaños está supeditada a un muestreo piloto de longitudes del que se calcula el coeficiente de variación de la longitud total ( $CV_{(LT)}$ , %). Al respecto, en la oferta técnica se asumió que el coeficiente de variación teórico se encontraba entre 10% y 30%, en ausencia de una muestra piloto, porque, de acuerdo con Cochran (1977), el tamaño mínimo de muestra mensual no debería ser menor que 392 individuos. Actualmente, a partir de los muestreos de tamaño mensuales, se tiene que el CV se encuentra en el rango entre 5,098% y 8,521% (promedio de 6,744%), lo que implica que el tamaño mínimo de muestra se encuentra entre 100 y 167 individuos por mes.

#### **4.5.3.5. Muestreos biológicos y de tamaños**

Los muestreos biológico-específicos y de composición de tamaños se realizaron principalmente en los puertos de desembarque de reineta debido al carácter casi exclusivamente artesanal de la actividad (con excepción de la XI Región, donde los desembarques son casi exclusivamente debido a la flota industrial (Tabla 22). Para la caracterización de la composición de tamaños de reineta en los desembarques se midió 18.130 ejemplares de los desembarques en Talcahuano, San Vicente y Lebu en la VIII Región, Anahuac, Calbuco y Dalcahue en la X Región, y Puerto Chacabuco en la XI Región (Tabla 25). Para la caracterización de la condición biológica de reineta (longitud total, peso total, peso eviscerado, otros) se midió 7.285 ejemplares (Tabla 26).

El mayor número de muestras Para la caracterización de la estructura de tamaños de los desembarques de reineta se obtuvo en la VIII Región, principalmente en Lebu. En la VIII Región fue posible comenzar los muestreos de tamaño desde enero, en tanto que en los otros puertos el primer muestreo ocurrió en febrero (XI Región) o marzo (X Región). Al respecto, el mes de inicio del proyecto, en términos de actividades de campo, fue enero, cuando se efectuó las gestiones para comenzar los muestreos en “Congelados del Pacífico”. Adicionalmente, en el caso de la X Región, en febrero no se consiguieron muestras, principalmente debido al bajo nivel de desembarque en ese mes. La misma situación ocurrió en marzo en la XI Región,

donde no hubo desembarque. En el caso de octubre de 2016 no se obtuvo muestras debido al incendio que ocurrió en la planta de la empresa “Frío Sur” en la Región de Aysén, siendo esa empresa, nuestra principal proveedora de muestras.

Tabla 25. Número de ejemplares de *B. australis* medidos para caracterizar la composición de tamaños (muestreo de longitudes) de los desembarques de enero a noviembre de 2016 por Región.

Mes	Región			Total
	VIII	X	XI	
Ene.	461			461
Feb.	744		471	1.215
Mar.	701	845		1.546
Abr.	721	474	718	1.913
May.	669	414	725	1.808
Jun.	728	430	820	2.452
Jul.	696	408	694	1.798
Ago.	737	447	637	1.821
Sep.	687	835	681	2.203
Oct.	756	414	517	1.687
Nov.	800	426		1.226
Total	7.700	5.167	5.263	18.130

Tabla 26. Número de ejemplares medidos (cm) y pesados (g) para caracterizar la condición biológica (muestreo biológico-específico) de *B. australis* de enero a noviembre de 2016 por Región.

Mes	Región			Total
	VIII	X	XI	
Ene.	153			153
Feb.	407		210	700
Mar.	366	385		751
Abr.	387	252	364	1.003
May.	508	217	529	1.254
Jun.	253	310	359	922
Jul.	164	120	311	595
Ago.	204	174	275	653
Sep.	279	240		519
Oct.	254	130		384
Nov.	351			351
Total	3.409	1.828	2.048	7.285

#### 4.5.3.6. Longitud y peso medio de los desembarques

En la VIII Región la longitud total (LT, cm) promedio de reineta en los desembarques fue entre 41,1 cm (octubre) y 55,5 cm (enero), mientras que en la X Región fue entre 44,2 y 50,2 cm LT. En la XI Región la LT promedio fue entre 44,4 y 47,9 cm LT (Tabla 27). En la VIII Región, a diferencia de X y XI Regiones, se observó una tendencia decreciente de la LT media de enero a agosto, lo que se revierte de septiembre a noviembre (Fig. 52). Los estadígrafos de LT de reineta por región, sexo y mes se entregan en la Tabla 28.

El rango de tamaños de reineta en los desembarques de la VIII Región fue de 26 a 67 cm de LT, sin encontrarse diferencias significativas de enero a mayo ( $p > 0,05$ ). En la X Región el rango de LT (35 a 63 cm LT) fue similar al de la XI Región (de 31 a 62 cm LT), lo que se debe a que los desembarques de reineta en ambas Regiones provienen de prácticamente las mismas zonas de pesca. Para ambas regiones, de manera similar a lo observado en la VIII Región, no se encontró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la LT media entre meses, separadamente por región. Finalmente, se observa un gradiente latitudinal decreciente de la longitud modal (y la longitud media) entre Regiones (Fig. 52).

En el caso del peso total promedio (g) en la VIII Región fue entre 795 g (octubre) y 1.980 g (mayo de 2016). En la X Región el peso total promedio fue entre 1.024 y 1.537 g, mientras que en la XI Región fue hizo entre 997 y 1.249 g. (Tabla 29). El rango de pesos observado en los desembarques de la VIII Región ocurrió entre 184 g (septiembre de 2016) y 3.306 g (mayo), en tanto que el rango de pesos en la X Región ocurrió entre 522 (marzo) g y 3.106 g (julio), y entre 340,0 g (julio) y 3.100 g (junio) en la XI Región.

Tabla 27. Longitud total promedio (cm) de *B. australis* (ambos sexos), desviación estándar, longitud mínima y máxima y tamaño de muestra de la composición de tamaños mensual por Región de enero a noviembre de 2016.

Región	Mes	Longitud total (cm)				
		Prom.	Desv.Est.	Min.	Máx.	n
VIII	Ene.	55,5	2,831	46	67	461
	Feb.	53,8	3,154	41	64	744
	Mar.	53,8	3,264	45	65	701
	Abr.	53,3	3,116	42	64	721
	May.	54,9	3,163	45	65	669
	Jun.	48,5	5,253	34	66	728
	Jul.	45,5	7,607	27	64	696
	Ago.	42,2	8,454	27	62	737
	Sep.	42,7	7,105	26	61	687
	Oct.	41,1	5,910	26	54	756
	Nov.	44,2	6,254	30	63	800
X	Ene.					
	Feb.					
	Mar.	44,2	3,767	37	56	845
	Abr.	45,9	3,106	38	56	474
	May.	45,9	2,972	39	55	414
	Jun.	48,3	3,604	35	61	904
	Jul.	49,9	3,731	41	63	408
	Ago.	47,8	4,023	37	63	447
	Sep.	50,0	3,730	41	63	835
	Oct.	50,2	3,677	42	63	414
	Nov.	50,2	3,616	42	63	426
XI	Ene.					
	Feb.	44,4	2,989	37	51	471
	Mar.					
	Abr.	45,8	3,209	38	54	718
	May.	47,2	3,386	34	56	725
	Jun.	45,5	4,380	33	61	820
	Jul.	47,9	3,723	33	61	694
	Ago.	46,6	3,879	35	62	637
	Sep.	47,5	4,096	35	61	681
	Oct.	46,1	4,272	31	57	517
	Nov.					



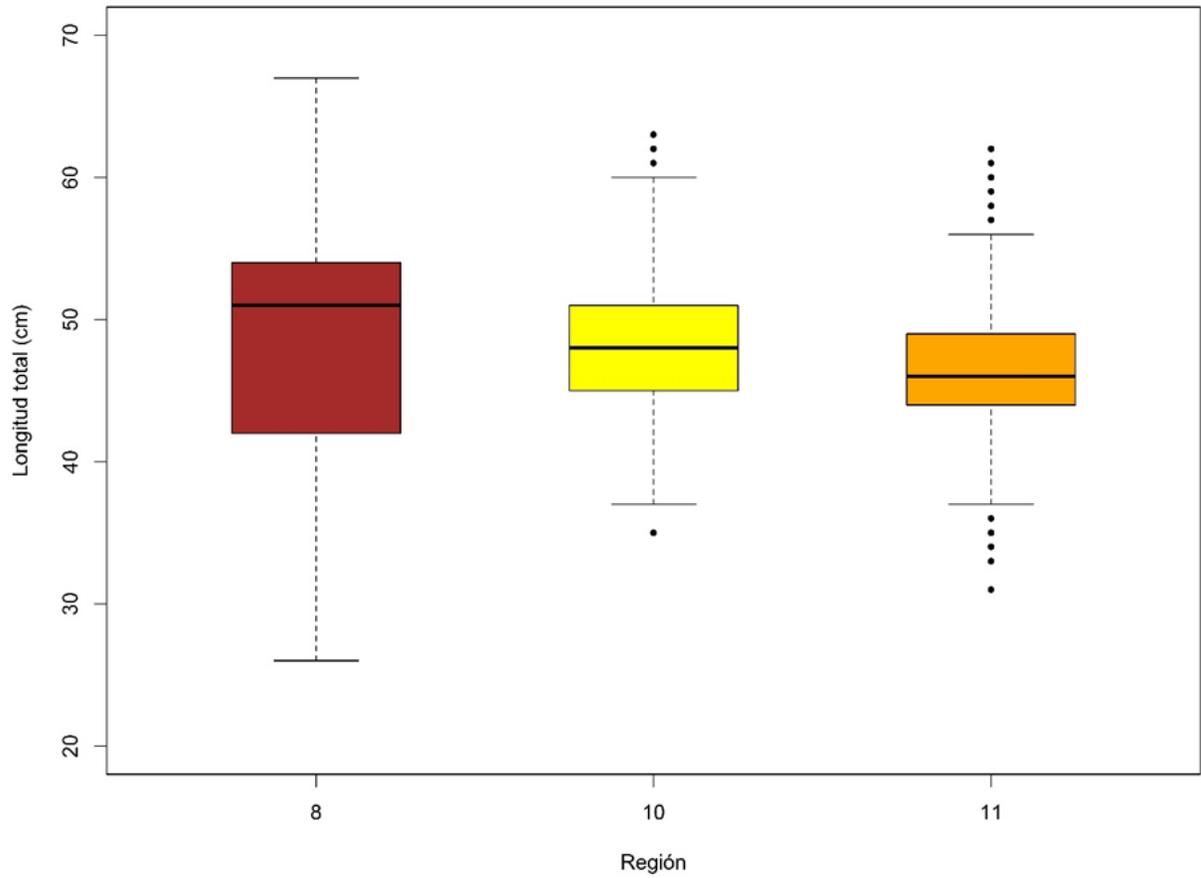


Figura 53. Box-plot de la longitud total (cm) de *B. australis* (ambos sexos) por Región en 2016.

Tabla 28. Longitud total promedio (cm) de *B. australis* (ambos sexos), desviación estándar, longitud mínima y máxima y tamaño de muestra de la composición de tamaños mensual por Región, mes y sexo de enero a noviembre de 2016.

Región	Mes	Sexo	Longitud total (cm)				n	
			Prom.	Desv.Est.	Min.	Máx.		
VIII	Ene.	M	55,6	2,887	46	67	226	
		H	55,5	2,782	47	63	235	
	Feb.	M	53,6	3,247	41	63	426	
		H	54,2	2,998	42	64	318	
	Mar.	M	53,1	3,102	45	63	356	
		H	54,4	3,302	46	65	345	
	Abr.	M	53,1	3,163	45	64	370	
		H	53,6	3,052	42	63	351	
	May.	M	54,9	3,349	45	65	331	
		H	55,0	2,973	45	64	338	
	Jun.	M	44,8	3,187	34	53	338	
		H	51,7	4,528	38	66	390	
	Jul.	M	45,3	7,864	28	64	355	
		H	45,7	7,337	27	64	341	
	Ago.	M	42,5	8,530	28	62	352	
		H	42,0	8,388	27	60	385	
	Sep.	M	42,7	7,002	26	61	346	
		H	42,6	7,219	28	59	341	
	Oct.	M	41,0	5,625	28	54	350	
		H	41,2	6,151	26	54	406	
Nov.	M	43,8	6,130	31	63	365		
	H	44,5	6,345	30	62	435		
X	Mar.	M	43,0	3,212	37	52	471	
		H	45,7	3,875	38	56	374	
	Abr.	M	45,3	2,777	38	53	218	
		H	46,5	3,274	39	56	256	
	May.	M	46,0	2,779	39	53	175	
		H	45,9	3,111	39	55	239	
	Jun.	M	48,2	3,695	35	61	461	
		H	48,4	3,507	39	60	443	
	Jul.	M	49,9	3,903	42	63	203	
		H	50,0	3,561	41	61	205	
	Ago.	M	46,0	3,402	37	54	204	
		H	49,3	3,886	41	63	243	
	Sep.	M	50,1	3,725	41	63	418	
		H	49,9	3,738	42	61	417	
	Oct.	M	50,1	3,924	43	63	186	
		H	50,3	3,467	42	61	228	
	Nov.	M	50,3	3,817	43	63	216	
		H	50,2	3,405	42	61	210	
	XI	Feb.	M	43,5	2,630	37	49	250
			H	45,4	3,052	39	51	221

Región	Mes	Sexo	Longitud total (cm)				n
			Prom.	Desv.Est.	Min.	Máx.	
Abr.		M	45,5	3,256	38	54	371
		H	46,2	3,125	39	54	347
May.		M	46,7	3,415	38	55	351
		H	47,6	3,311	34	56	374
Jun.		M	44,0	4,097	33	55	406
		H	47,1	4,091	34	61	414
Jul.		M	47,1	3,591	33	57	346
		H	48,7	3,682	37	61	348
Ago.		M	45,2	3,421	35	55	325
		H	48,1	3,781	38	62	312
Sep.		M	45,8	3,544	35	59	314
		H	49,0	3,964	37	61	367
Oct.		M	48,1	3,475	35	57	234
		H	44,5	4,174	31	55	283

En relación al peso promedio de reineta en la VIII Región se observa tendencia decreciente de enero a septiembre (con leve incremento entre abril y mayo), a diferencia de lo encontrado en la X y XI Regiones, donde la tendencia es creciente (Fig. 53). El peso total promedio y otros estadígrafos son entregados en la Tabla 30. No se encontró diferencias significativas en el peso promedio entre meses por Región, a diferencia de lo que ocurre entre Regiones (Fig. 54).

#### 4.5.3.7. Composición de tamaños de los desembarques

La composición de tamaños en las capturas de reineta en la VIII Región, por sexo o conjuntamente de enero a junio de 2016 mostró estructura unimodal, aprox., mientras que de julio a noviembre fue bimodal (Fig. 56). En el caso de sexos combinados, de enero a mayo, la moda se encontró en 55-56 cm de LT. En junio, la moda se redujo a 48 cm LT. En el caso de las estructuras bimodales (julio a noviembre, ambos sexos), las modas se encontraron en alrededor de 38 cm LT, la primera, y 47-50 cm LT, la segunda. En el Anexo 2 se muestra la composición de tamaños mensual en la VIII Región por sexo. Lo mismo se presenta para la X Región (Fig. 57) y la XI Región (Fig. 58).

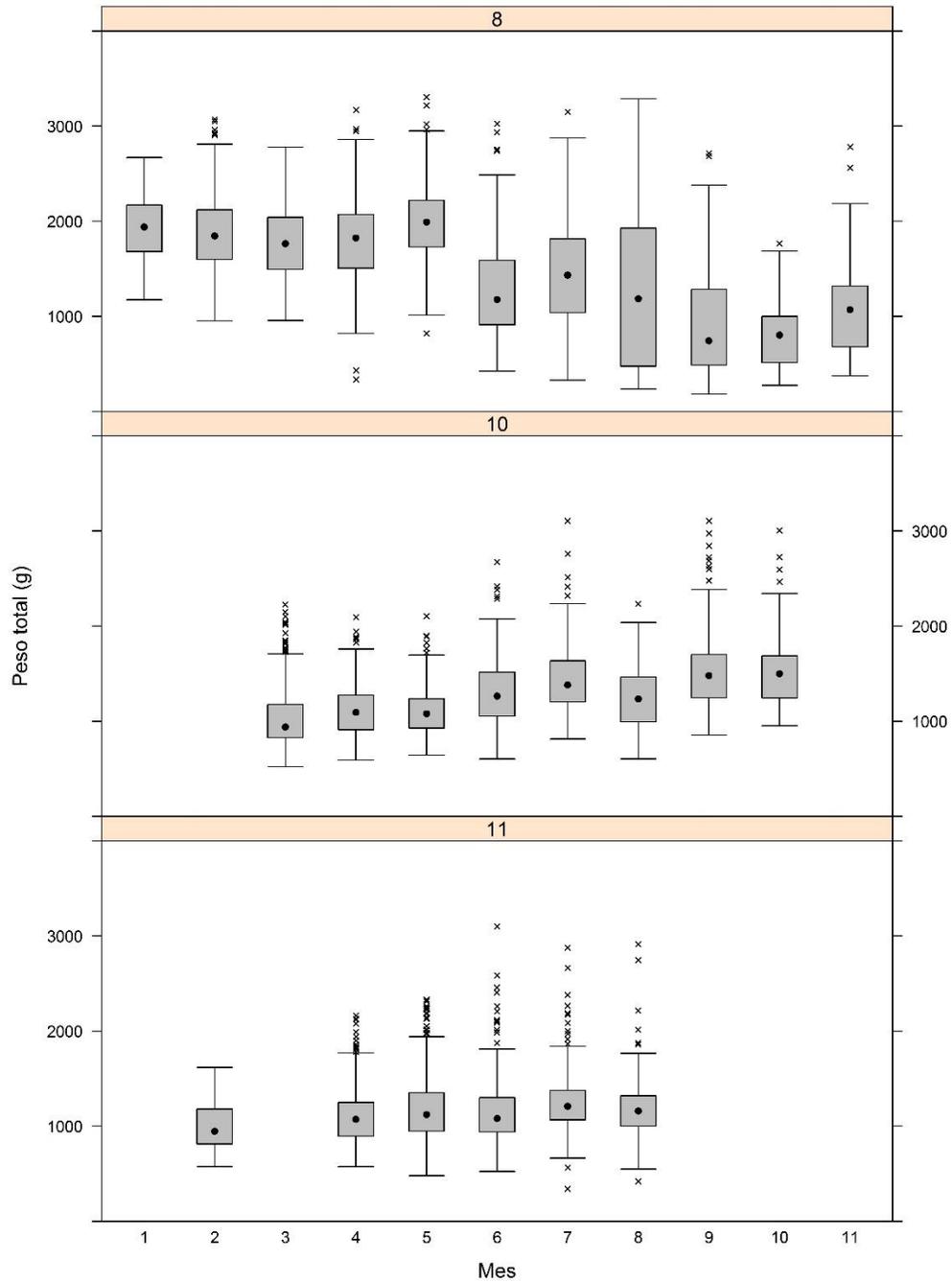


Figura 54. Box-plot del peso total (g) de *B. australis* (ambos sexos) por Región de enero a noviembre de 2016.

Tabla 29. Peso total promedio (g) de reineta (ambos sexos), desviación estándar, longitud mínima y máxima y tamaño de muestra de la composición de tamaños mensual por Región de enero a noviembre de 2016.

Región	Mes	Peso total (g)				
		Prom.	Desv.Est.	Min.	Máx.	n
VIII	Ene.	1.951,4	337,5	1175,0	2.670,0	153
	Feb.	1.890,0	388,5	953,3	3.070,0	490
	Mar.	1.772,3	366,5	956,0	2.780,0	366
	Abr.	1.798,7	413,3	336,7	3.170,0	387
	May.	1.979,9	376,5	820,0	3.306,0	508
	Jun.	1.285,5	500,9	426,0	3.025,0	253
	Jul.	1.410,2	567,9	328,0	3.150,0	164
	Ago.	1.236,4	800,5	236,0	3.287,0	204
	Sep.	898,6	522,8	184,0	2.714,0	279
	Oct.	794,7	302,5	276,0	1.765,0	254
	Nov.	1.057,3	394,4	375,0	2.783,0	351
X	Ene.					
	Feb.					
	Mar.	1.024,1	300,0	522,0	2.226,0	385
	Abr.	1.131,4	283,3	592,0	2.093,0	252
	May.	1.110,7	245,8	642,0	2.106,0	217
	Jun.	1.290,4	334,3	605,0	2.675,0	310
	Jul.	1.460,4	387,2	814,0	3.106,0	120
	Ago.	1.247,5	334,1	605,0	2.235,0	174
	Sep.	1.525,6	388,6	854,0	3.106,0	240
	Oct.	1.536,8	393,0	952,0	3.005,1	130
	Nov.					
XI	Ene.					
	Feb.	997,3	218,3	574,0	1.617,0	210
	Mar.					
	Abr.	1.117,0	285,0	574,0	2.162,0	364
	May.	1.193,5	321,6	481,0	2.332,0	529
	Jun.	1.153,1	311,9	524,0	3.100,0	359
	Jul.	1.249,2	306,2	340,0	2.875,0	311
	Ago.	1.172,1	297,9	420,0	2.915,0	275
	Sep.					
	Oct.					
	Nov.					

Tabla 30. Peso total promedio (g) de reineta, desviación estándar, peso mínimo y máximo y tamaño de muestra (n) por sexo y Región de enero a noviembre de 2016.

Región	Mes	Sexo	Peso total (g)				n	
			Prom.	Desv.Est.	Min.	Máx.		
VIII	Ene.	M	1.976,6	337,9	1.175,0	2.670,0	89	
		H	1.916,4	336,5	1.260,0	2.650,0	64	
	Feb.	M	1.885,9	393,4	1.137,0	3.070,0	289	
		H	1.896,0	382,3	953,3	2.960,0	201	
	Mar.	M	1.745,4	350,2	956,0	2.773,0	211	
		H	1.809,1	385,7	1.053,0	2.780,0	155	
	Abr.	M	1.770,5	391,2	887,7	3.170,0	201	
		H	1.829,2	434,9	3.36,70	2.970,0	186	
	May.	M	1.976,2	375,4	1.034,0	3.306,0	265	
		H	1.984,0	378,4	820,0	3.220,0	243	
	Jun.	M	930,6	285,3	426,0	2.296,7	109	
		H	1.554,2	460,3	704,0	3.025,0	144	
	Jul.	M	1.402,3	578,0	405,0	2.876,0	93	
		H	1.420,5	558,2	328,0	3.150,0	71	
	Ago.	M	1.337,1	817,1	264,0	3.287,0	93	
		H	1.151,9	779,9	236,0	2.941,0	111	
	Oct.	M	855,9	510,0	184,0	2.683,0	130	
		H	935,8	532,6	196,0	2.714,0	149	
	Nov.	M	771,7	303,8	276,0	1.765,0	113	
		H	813,0	301,3	287,0	1.685,0	141	
X	Mar.	M	938,6	230,4	522,0	1.816,0	208	
		H	1.124,6	339,2	643,0	2.226,0	177	
	Abr.	M	1.095,4	230,8	592,0	1.872,0	116	
		H	1.162,1	319,0	684,0	2.093,0	136	
	May.	M	1.099,2	228,5	642,0	1.892,0	103	
		H	1.121,1	261,1	755,0	2.106,0	114	
	Jun.	M	1.274,7	348,4	605,0	2.675,0	157	
		H	1.306,4	319,5	685,0	2.385,0	153	
	Jul.	M	1.461,8	396,4	843,0	3.106,0	66	
		H	1.458,6	379,3	814,0	2.760,0	54	
	Ago.	M	1.088,1	268,8	605,0	1.786,0	85	
		H	1.399,7	320,1	704,0	2.235,0	89	
	Sep.	M	1.478,8	358,3	854,0	3.106,0	132	
		H	1.582,7	417,3	887,0	2.843,0	108	
	Oct.	M	1.476,1	397,2	952,0	3.005,1	66	
		H	1.599,5	381,6	952,0	2.727,0	64	
	XI	Feb.	M	944,6	194,2	574,0	1.432,0	117
			H	1.063,4	229,6	690,0	1.617,0	93
		Abr.	M	1.098,5	287,0	574,0	2.162,0	188
			H	1.136,8	282,3	698,0	2.128,0	176
May.		M	1.161,3	305,9	680,0	2.314,0	248	
		H	1.221,9	332,7	481,0	2.332,0	281	

Región	Mes	Sexo	Peso total (g)				n
			Prom.	Desv.Est.	Min.	Máy.	
	Jun.	M	1.088,4	250,7	524,0	2.260,0	166
		H	1.208,8	347,2	760,0	3.100,0	193
	Jul.	M	1.182,8	263,7	340,0	2000,	153
		H	1.313,5	330,7	723,0	2875,	158
	Ago	M	1.132,0	316,7	420,0	2915,	170
		H	1.237,0	253,1	784,0	2746,	105

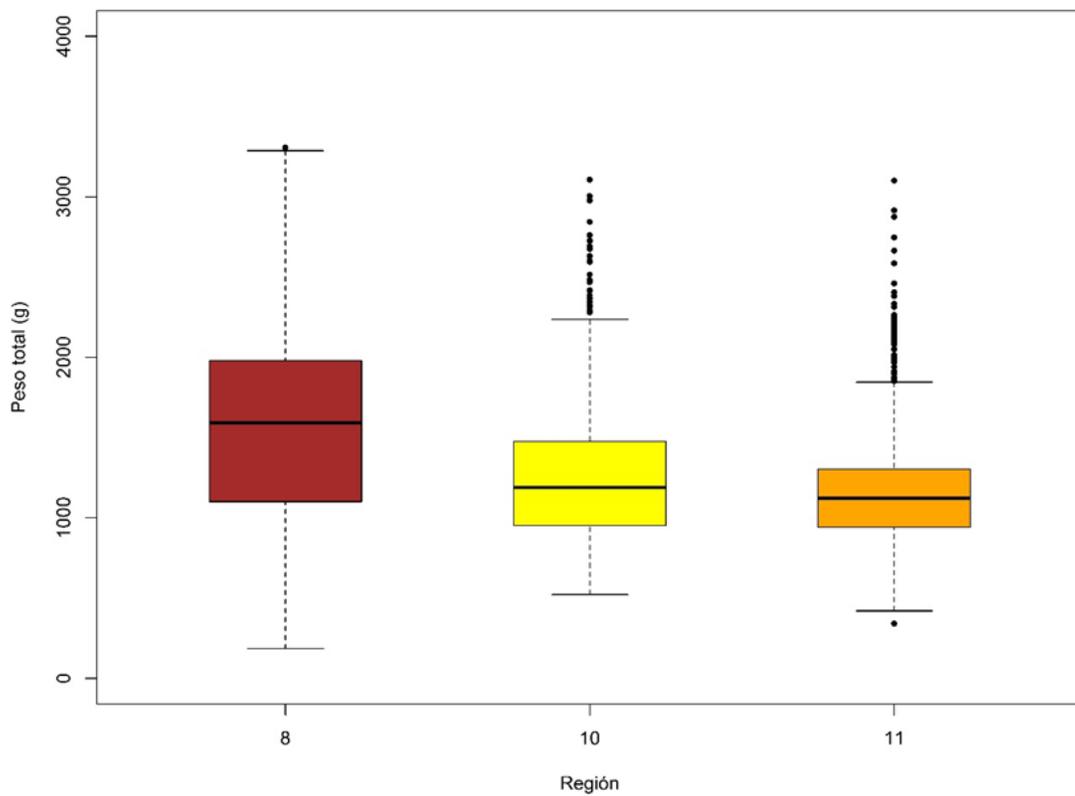


Figura 55. Box-plot del peso total (g) de *B. australis* (ambos sexos) por Región en 2016.

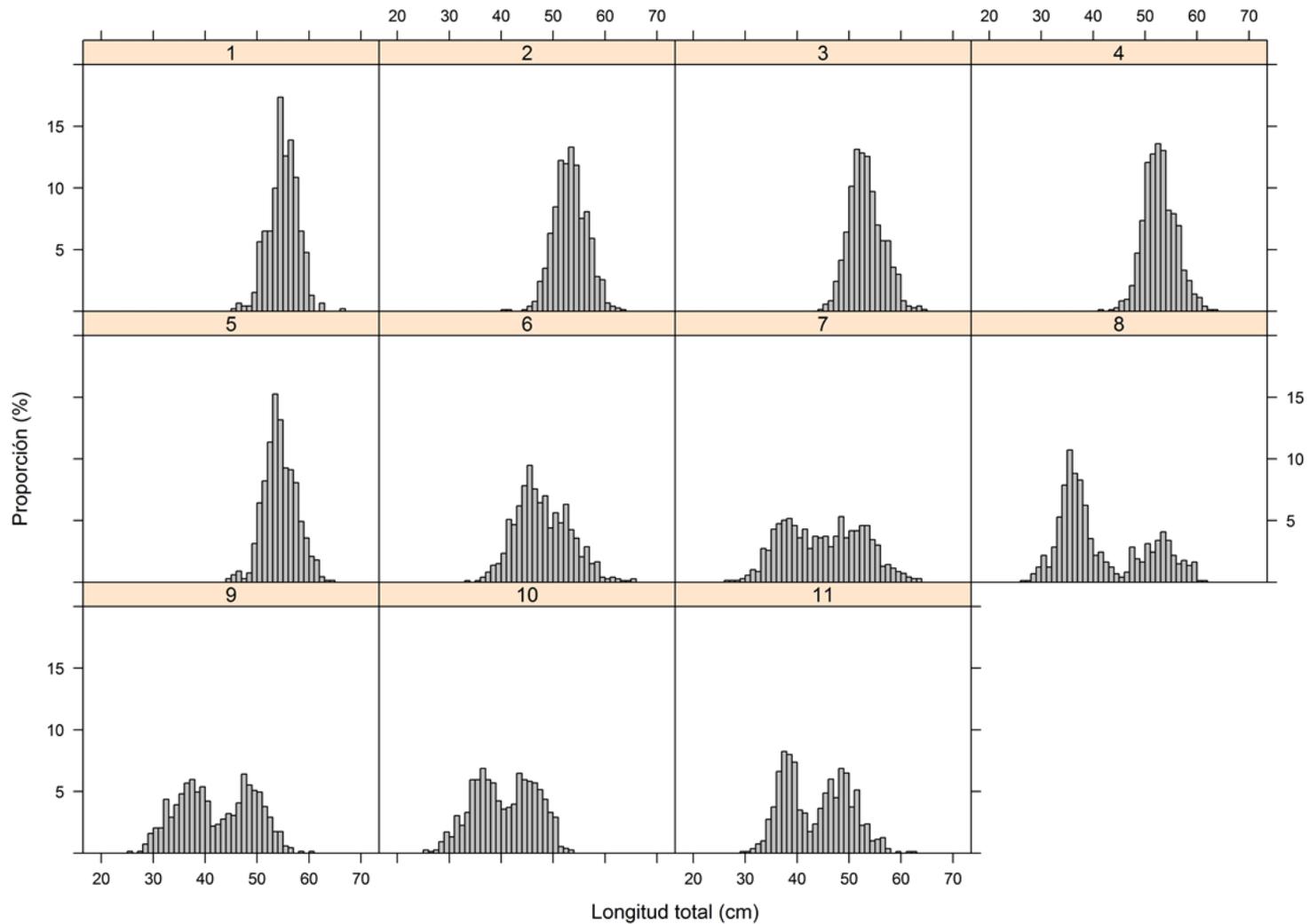


Figura 56. Composición de tamaños (sexos combinados) de reineta en el desembarque de la VIII Región de enero a noviembre 2016.

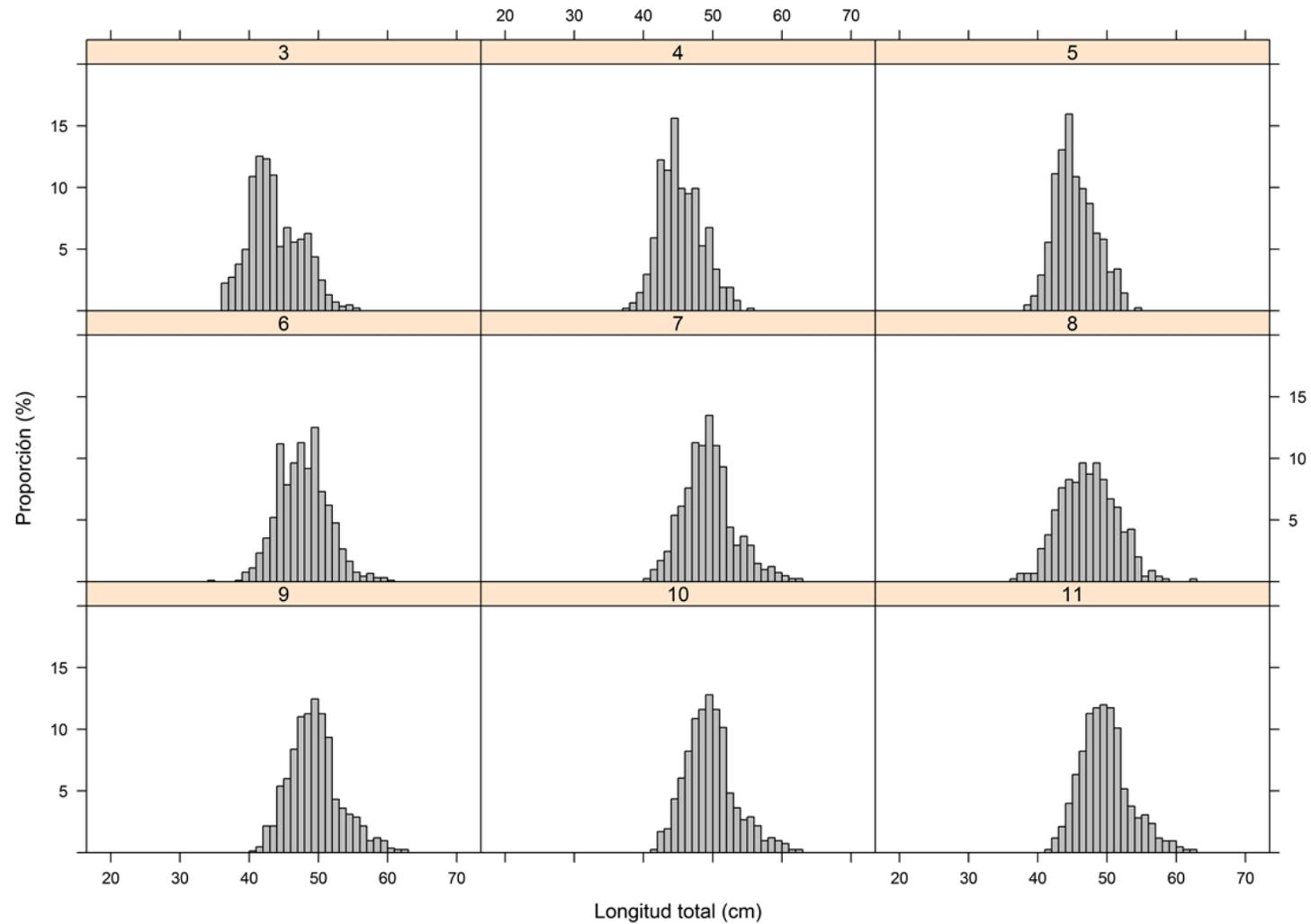


Figura 57. Composición de tamaños (sexos combinados) de *B. australis* en el desembarque de la X Región de marzo a noviembre de 2016.

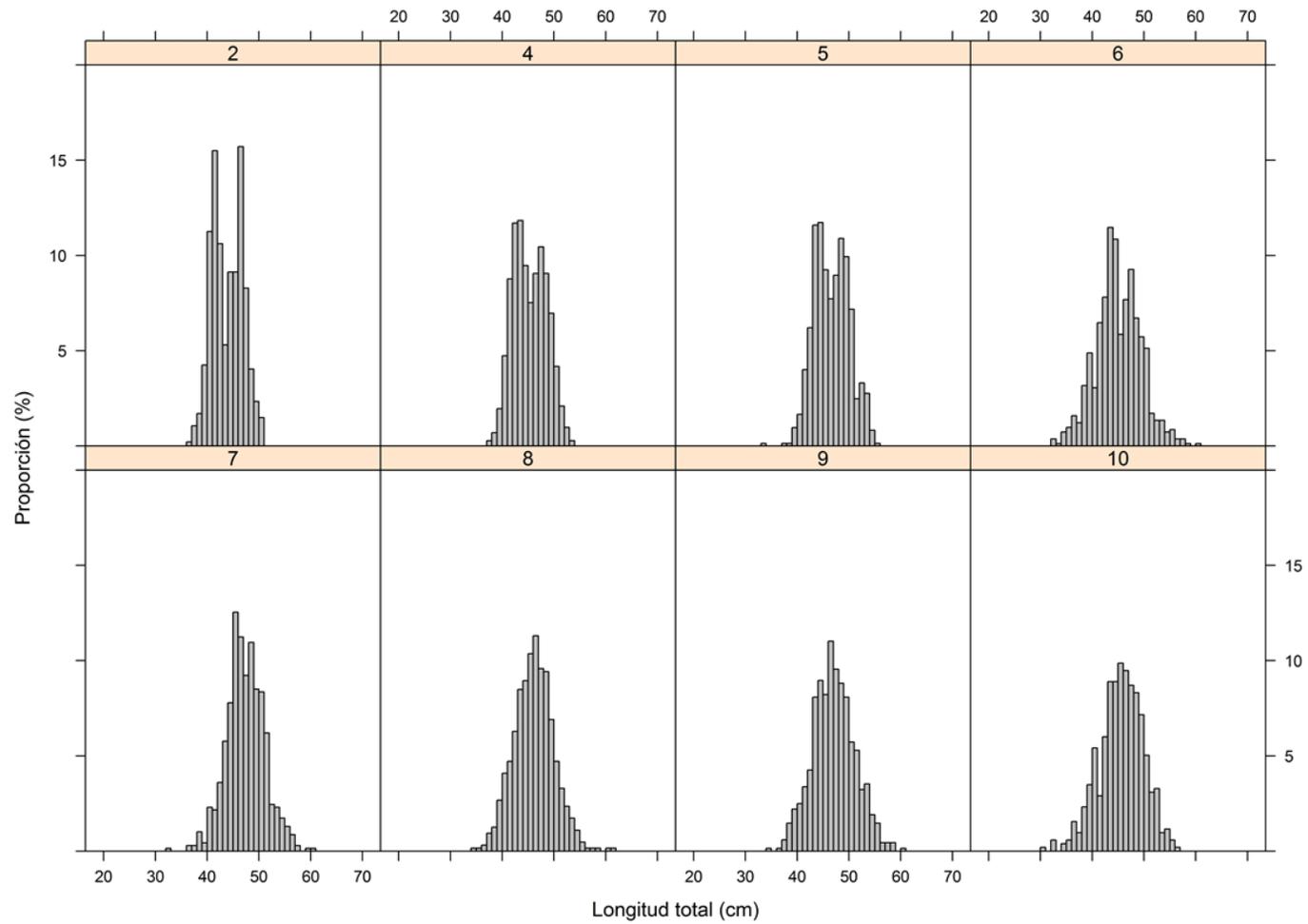


Figura 58. Composición de tamaños (sexos combinados) de reineta en el desembarque de la XI Región de febrero a octubre de 2016.

#### 4.5.3.8. Composición de tamaños de los desembarques

La relación longitud-peso de reineta (por sexo y combinados) en todas las Regiones y meses fue de tipo potencial. El parámetro de pendiente fue de 2,865 (abril de 2016 en la X Región) y 3,517 (agosto de 2016 en la VIII Región). En la Tabla 31 se entrega los parámetros de la relación talla-peso por Región y mes, mientras que los ajustes (para sexos combinados) se muestran en la Fig. 59. En el Anexo 2 se muestra la relación longitud-peso por Región y mes.

Tabla 31. Parámetros de la relación longitud-peso de reineta y tamaño de muestra por Región y mes de enero a noviembre de 2016.

Región	Mes	Parámetros		n
		a	b	
VIII	Ene.	$1,426 \times 10^{-2}$	2,947	153
	Feb.	$4,111 \times 10^{-3}$	3,262	490
	Mar.	$8,758 \times 10^{-3}$	3,075	366
	Abr.	$6,327 \times 10^{-3}$	3,159	387
	May.	$1,055 \times 10^{-2}$	3,025	508
	Jun.	$2,098 \times 10^{-3}$	3,410	253
	Jul.	$2,428 \times 10^{-3}$	3,382	164
	Ago.	$1,519 \times 10^{-3}$	3,517	204
	Sep.	$1,562 \times 10^{-3}$	3,514	279
	Oct.	$1,163 \times 10^{-2}$	2,954	254
	Nov.	$6,987 \times 10^{-3}$	3,111	351
X	Mar.	$7,458 \times 10^{-3}$	3,111	385
	Abr.	$5,852 \times 10^{-3}$	3,175	252
	May.	$1,249 \times 10^{-2}$	2,976	217
	Jun.	$4,624 \times 10^{-3}$	3,226	310
	Jul.	$7,274 \times 10^{-3}$	3,112	120
	Ago.	$1,626 \times 10^{-2}$	2,907	174
	Sep.	$1,219 \times 10^{-2}$	2,994	240
XI	Feb.	$1,038 \times 10^{-2}$	3,019	210
	Abr.	$5,295 \times 10^{-3}$	3,199	364
	May.	$2,890 \times 10^{-3}$	3,349	529
	Jun.	$1,906 \times 10^{-2}$	2,865	359
	Jul.	$9,958 \times 10^{-3}$	3,029	311
	Ago.	$1,537 \times 10^{-2}$	2,917	275

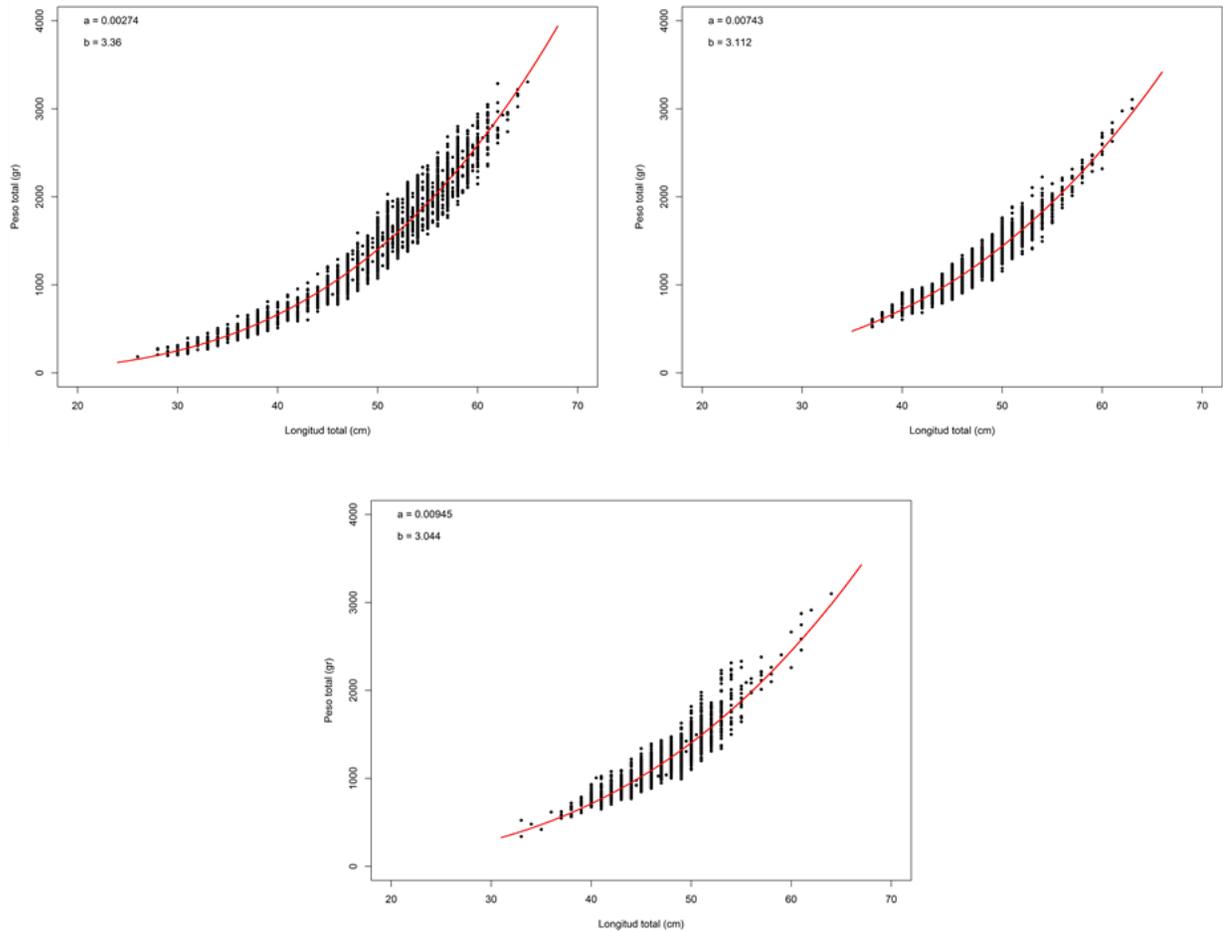


Figura 59. Relación longitud total-peso total de *B. australis* (sexos combinados) en los desembarques mensuales de la VIII Región (arriba, izquierda), X Región (arriba, derecha) y XI Región (abajo).

#### **4.5.4. Conclusiones**

- Los principales desembarques de reineta de enero a noviembre de 2016 ocurrieron en la VIII Región (76,9% del total). La X Región y la XI Región representaron 9,8% y 6,0% del total, respectivamente.
- El 93,9% del desembarque se debió a la flota artesanal y el 6,1% restante a la flota industrial de la XI Región, casi exclusivamente.

#### **4.5.5. Referencias Bibliográficas**

Cochran, W.G. 1977. Sampling techniques, 3d Ed. John Wiley & Sons Inc. New York, 428 p.

#### **4.6. Objetivo Específico 5**

Describir el proceso reproductivo de reineta basado en la temporalidad de estadios de madurez, generar una ojiva de madurez en hembras de reineta para su principal período, y determinar la talla media de madurez en hembras con índices macro y microscópicos en el período de máximo reproductivo.

##### **4.6.1. Resumen**

En relación al proceso reproductivo de reineta se presenta antecedentes de muestreos completamente aleatorios realizados de enero a noviembre de 2016 desde desembarques en las principales localidades donde hubo disponibilidad de materia prima (Lebu, San Vicente y Talcahuano en la VIII Región; Anahuac, Calbuco y Dalcahue en la X Región; y Puerto Chacabuco en la XI Región). Se describe el desarrollo gonadal y se determina la época principal de desove de reineta desde la VIII a la XI Regiones en 2016, la que ocurre en invierno (junio a agosto). El desove de reineta es parcial y el desarrollo ovárico es asincrónico. El índice gonadosomático (IGS) de hembras de reineta se ha calculado por región y mes con los valores más altos en ejemplares desembarcados en la VIII Región.

La talla media de madurez sexual se estimó en base a la asignación de madurez macroscópica en ejemplares capturados de junio a octubre de 2016 por Región y para toda el área de estudio, no encontrándose diferencias significativas entre Regiones. La talla media de madurez para toda el área se estimó en 38,3 cm LH (IC: 36,4 - 40,1 cm), equivalente a 43,6 cm LT (IC: 41,4 - 46,1 cm). La fecundidad total fluctuó entre 12.825 y 89.888 ovocitos, mientras que la fecundidad relativa fluctuó entre 14,4 y 79,0 ovocitos por gramo de peso de pez (ovocito/gr; sin gónada). La fecundidad total se relacionó linealmente con la longitud total (LT) y con el peso total (gramos) del pez.

#### 4.6.2. Introducción

- **Antecedentes de la biología reproductiva de reineta**

El estado del conocimiento de la biología reproductiva de reineta (*B. australis*) en Chile es escaso. Leal & Oyarzún (2003) estimaron la talla media de madurez en 36,9 cm de longitud horquilla (LH) mediante el método del incremento relativo del índice gonadosomático, y en 39,0 cm de LH mediante estados de madurez macroscópicos, con el máximo reproductivo ocurriendo en invierno. El seguimiento mensual del índice gonadosomático (IGS) de reineta en 2001 confirma la alta actividad reproductiva en invierno (Fig. 20; Tabla 32).

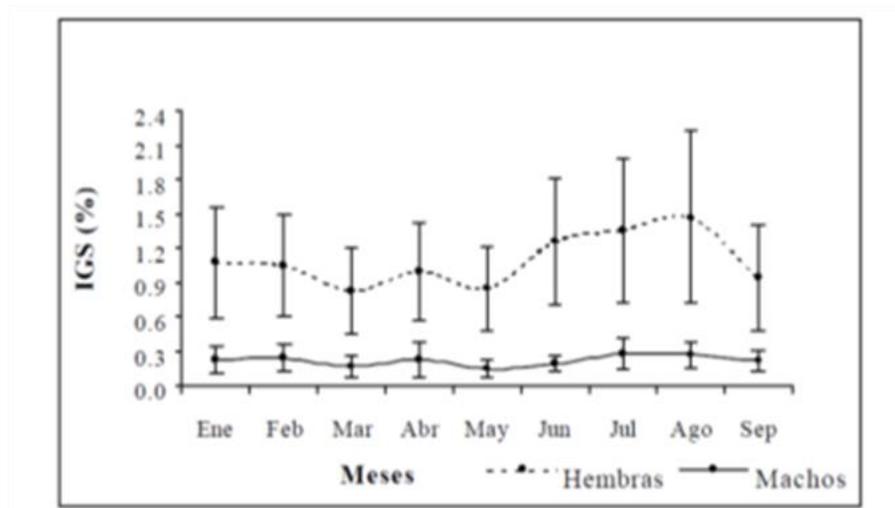


Figura 60. IGS mensual promedio de *B. australis* por sexo. Las barras indican una desviación estándar. Tomado de Leal y Oyarzún (2003).

Tabla 32. IGS promedio (%) mensual de reineta y desviación estándar por sexo. Tomado de Leal &amp; Oyarzún (2003).

Mes	Hembras			Machos			Total
	Promedio IGS	Desviación estándar	n	Promedio IGS	Desviación estándar	n	
Ene.	1,08	0,48	81	0,23	0,012	43	124
Feb.	1,05	0,43	100	0,24	0,12	32	132
Mar.	0,83	0,38	104	0,17	0,09	40	144
Abr.	1,00	0,43	80	0,23	0,15	71	151
May.	0,85	0,37	26	0,15	0,08	14	40
Jun.	1,26	0,53	40	0,19	0,07	35	75
Jul.	1,36	0,63	149	0,28	0,14	97	246
Ago.	1,47	0,72	49	0,27	0,12	16	65
Sep.	0,94	0,47	44	0,22	0,09	40	84
Total			673			388	1061

### 4.6.3. Metodología de trabajo

#### 4.6.3.1. Generalidades

Los ejemplares de reineta para análisis reproductivos fueron muestreados de manera completamente aleatoria desde desembarques en localidades donde hubo disponibilidad de materia prima, como en Lebu, San Vicente y Talcahuano en la VIII Región; Puerto Montt (Anahuac), Calbuco y Dalcahue en la X Región; y Puerto Chacabuco en la XI Región.

#### 4.6.3.2. Muestreo mensual para índice gónado-somático (IGS)

Los muestreos de hembras de reineta para IGS se realizaron mensualmente (de enero a noviembre de 2016) en el marco de los muestreos biológico-específicos del presente proyecto. A todas las hembras muestreadas se les extrajo los dos ovarios, los que luego fueron limpiados, secados con papel absorbente y pesados (precisión: 0,01 gramos). También se registró el estadio de madurez ovárico con escala macroscópica (Tabla 33). En la oferta

técnica se comprometió el análisis de 20 ovarios mensuales por localidad, aunque se muestreó una cantidad mayor, al menos 30 (dependiendo de la disponibilidad de ejemplares). Para esos peces realizó muestreos biológico-específicos.

Tabla 33. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (Cubillos *et al.*, 1999; adaptada de Holden & Raitt, 1975).

Estadio	Denominación	Caracterización histomorfológica
I	Inmaduro	Ovarios rosáceos, ocupan cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal, traslúcidos, ovocitos invisibles a simple vista.
II	Virgen madurando o en recuperación	Virgen madurando Ovarios ocupan casi la mitad de la longitud la cavidad abdominal. Color rosado y ovocitos invisibles a simple vista.
III	Maduro	Los ovarios cubren cerca de 2/3 de la cavidad abdominal. Color rosado a amarillento. Aspecto granular, ovocitos visibles. Los ovocitos son grandes e identificables a simple vista. Se observan vasos sanguíneos superficiales.
IV	En desove (hidratado)	Los ovarios ocupan toda la cavidad abdominal. Color naranja opaco a rosado, casi transparentes, con vasos sanguíneos superficiales poco visibles. Al presionar fluyen ovocitos hidratados, transparentes, del doble de tamaño que los ovocitos de una gónada madura.
V	Desovado y en regresión	Ovarios flácidos, distendidos, contraídos a la mitad de la cavidad abdominal. Las paredes son delgadas, flojas y lumen grande. Los ovarios pueden contener aún restos de ovocitos opacos, maduros y en desintegración, obscurecidos o translúcidos. Este ovario pasa a la etapa II de esta escala.

#### 4.6.3.3. Muestreo mensual de ovarios para análisis microscópicos

Para análisis histológicos se muestreó ejemplares de reineta en enero, febrero, desde abril a agosto y en octubre de 2016 desde desembarques comerciales en las Regiones VIII del Biobío, X de Los Lagos y XI de Aysén. Se registró parámetros biológicos de 897 peces y se analizó 178 ovarios para análisis histológicos (con el recuento de 280.593 oocitos).

Las hembras analizadas fueron separadas en tres estratos de tamaños, a saber:  $\leq 31$  cm; de 32 a 38 cm; y,  $\geq 39$  cm. Para el registro de la madurez oocitaria se muestreó desde mayo hasta

noviembre de 2016, tratando de cubrir el máximo reproductivo (invierno) según lo propuesto por Leal & Oyarzún (2003).

- **Preparación y análisis de cortes histológicos de ovarios**

La preparación de las muestras y análisis histológicos se realizó en el Laboratorio de Histología del Departamento de Biología Celular, Facultad de Ciencias Biológicas de la UdeC. Las gónadas fueron pesadas y fijadas en solución de Buoin para posterior análisis (Orrego *et al.*, 2005). Transcurrido el tiempo de fijación (48 h, mínimo), los ovarios fueron lavados 3 veces en alcohol 70% durante 15 minutos, pasándolos luego por una batería de deshidratación con distintas soluciones de etanol (70% a 99%), siguiendo con la infiltración en parafina líquida a 58°C por 2 h, lo que se repitió 2 veces. Luego de la infiltración los ovarios fueron incluidos en parafina por 24 h para el posterior corte.

Los cortes de los ovarios tuvieron espesor de 7 µm, aprox., lo que se realizó en micrótopo de rotación manual. Se eliminó la parafina mediante lavado con Histoclear y se tiñó, previo lavado en batería de hidratación (etanol 100% a 70%), con hematoxilina y cromotrope (0,5%). Se realizó los análisis histológicos en microscopio de luz Carl Zeiss modelo KF 2. Se midió los diámetros celular y nuclear con aumento 10x. Se registró la fracción de células en los distintos estados de maduración. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa R.

#### 4.6.3.4. Índices Fisiológicos/Reproductivos

El Factor de Condición (K) y el Índice Gónado-Somático (IGS) aportan información del estado de salud general del pez y sus expresiones son:

$$K = \frac{\text{Peso Total Organismo}}{(\text{Longitud})^3} \times 100$$

$$\text{IGS} = \frac{\text{Peso Gónada}}{\text{Peso Total Organismo}} \times 100$$

#### 4.6.3.5. Proporción sexual

La proporción sexual se determinó mensualmente y por Región según:

$$Ph_{ij} = \frac{Nh_{ij}}{(Nh_{ij} + Nm_{ij})}$$

donde:  $Ph_{ij}$  es la proporción de hembras en el muestreo  $i$  en la región  $j$ ;  $Nh_{ij}$  es el número de hembras en el muestreo  $i$  en la región  $j$ ;  $Nm_{ij}$  es el número de machos en el muestreo  $i$  en la región  $j$ .

Luego, la proporción total de hembras mensual para el área de estudio se determinó como:

$$\overline{Ph} = \sum_{i=1}^m Ph_{ij} w_{ij}$$

donde:  $\overline{Ph}$  es la proporción total promedio mensual de hembras en el área de estudio;  $m$  es el número de regiones;  $w_{ij}$  es la proporción en peso de la captura obtenida en el muestreo  $i$  en la región  $j$ , la cual se calcula como:

$$w_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^m C_{ij}}$$

donde:  $C_{ij}$  es la captura en peso de reineta en el muestreo  $i$  en la región  $j$ .

#### 4.6.3.6. Talla media de madurez sexual

El propósito de determinar la talla media de madurez sexual en peces recursos pesqueros se debe a que, frecuentemente, se la utiliza como una de las primeras medidas regulativas de referencia para ordenar la actividad extractiva. Intuitivamente, el propósito es asegurar una cantidad tal de reproductores capaces de producir una cantidad de huevos suficiente para que el stock se mantenga (Caddy & Mahon, 1995).

#### 4.6.3.7. Ajuste de modelo logístico mediante máxima verosimilitud

Este procedimiento se basa en el ajuste de un modelo logístico a la proporción de ejemplares maduros de cada clase de talla, definidos de acuerdo a escalas de madurez macroscópicas o microscópicas, mediante el uso de métodos de remuestreo computacional para estimar intervalos de confianza para la talla media de madurez del 50% (y otros intervalos de talla) (Roa *et al.*, 1999). Las variables que se utilizaron en el ajuste del modelo de madurez fueron la talla del pez y su estado de madurez, el que es dicotómico, esto es, maduro o inmaduro. Debido a la naturaleza dicotómica de la variable respuesta, los errores del modelo se distribuyen binomial. La siguiente función logística es una consecuencia del supuesto de una relación lineal entre el logaritmo del puntaje logit y una combinación lineal de las variables predictoras (Hosmer & Lemeshow, 1989; Shanubhogue & Gore, 1987):

$$P(l) = \frac{\beta_1}{1 + e^{\beta_2 + \beta_3 l}}$$

donde:  $P(l)$  es la proporción que se encuentra madura a la talla  $l$ ;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  son los parámetros asintótico, de posición y pendiente, respectivamente. Las estimaciones de estos parámetros, dado un cierto conjunto de datos, se seleccionan desde el punto en el cual el producto de las funciones de densidad binomiales de los puntos es un máximo, o sea, cuando el valor negativo de la función logarítmica de verosimilitud, esto es:

$$-\ell(\beta_1, \beta_2, \beta_3) = -C \sum [(h) \ln(P(l)) + (1 + h) \ln(1 - P(l))]$$

es mínimo, donde  $h$  es una variable dicotómica ( $h=1$  es maduro,  $h=0$  es inmaduro),  $P(l)$  es la proporción que se encuentra madura a la talla  $l$ ,  $C$  es una constante que no afecta la estimación, y la sumatoria se realiza sobre todas las observaciones. Dada la naturaleza no lineal de las ecuaciones normales, entonces el mínimo se encuentra mediante un algoritmo de iteración (Quasi-Newton). El resultado del ajuste del modelo en la ecuación de  $P(l)$  con su función objetivo  $-\ell(\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ , es un vector de estimadores de parámetros y una matriz de covarianza que representa la incerteza asociada a ellos. Se determina de esta manera una

función de madurez sexual a la talla y su rango de incerteza. Invertiendo variables en el modelo de madurez logístico se obtiene la talla al  $P\%$  de madurez según la siguiente expresión:

$$l_{p\%} = \frac{1}{\beta_3} \ln \left[ \frac{1}{P} \right] - \frac{\beta_2}{\beta_3}$$

y en particular cuando  $P\%=50\%$  se tiene que:

$$l_{p\%} = -\frac{\beta_2}{\beta_3}$$

Considerando que las fuentes de error en la estimación de  $l_{P\%}$  son los estimadores de los parámetros  $\beta_2$  y  $\beta_3$ , que éstos tienen una distribución normal asintótica y están negativamente correlacionados, con media igual al parámetro poblacional y varianza dada por su matriz de covarianza (Johansen, 1984; Chambers, 1977), entonces se puede obtener una distribución empírica de probabilidad para  $l_{P\%}$  se puede obtener por remuestreo Monte Carlo desde una distribución normal bivariada para el vector  $[\beta_2, \beta_3]$ . De la distribución empírica se obtiene los cuantiles de 2,5 y 97,5% de probabilidad mediante el método bootstrap percentil (Efron & Tibshirani, 1982), constituyendo de esta manera el intervalo de confianza del 95%. El algoritmo de remuestreo (MATSIM) realiza toda la operación utilizando la teoría lineal para la relación entre los estimadores de  $\beta_2$  y  $\beta_3$  (Draper & Smith 1981).

En el algoritmo MATSIM se muestrea libremente de un estimador de parámetro (por ejemplo,  $\beta_2$ ) en cada iteración Monte Carlo, y el otro parámetro se calcula utilizando las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} \beta_{3,j} &= \hat{\beta}_3 - \hat{r}_{\beta_2, \beta_3} \left[ \frac{\hat{S}_{\beta_3}}{\hat{S}_{\beta_2}} \right] \hat{\beta}_2 + \hat{r}_{\beta_2, \beta_3} \left[ \frac{\hat{S}_{\beta_3}}{\hat{S}_{\beta_2}} \right] \beta_{2,j} \\ &= \hat{\beta}_3 + \hat{r}_{\beta_2, \beta_3} \left[ \frac{\hat{S}_{\beta_3}}{\hat{S}_{\beta_2}} \right] [\beta_{2,j} - \hat{\beta}_2] \end{aligned}$$

En cada iteración el algoritmo MATSIM selecciona un valor de  $\beta_2$  desde la distribución normal de probabilidades definida por su estimador y su error estándar, y luego calcula la media de  $\beta_3$ . La varianza del estimador de  $\beta_3$  es la varianza debida a la relación lineal con  $\beta_2$  más una varianza residual no explicada por la relación. La varianza debida a la relación lineal se transfiere directamente desde  $\beta_2$  a  $\beta_3$  a través del remuestreo Monte Carlo de  $\beta_2$  y su cálculo de  $\beta_3$ . La varianza residual debe sumarse en cada iteración utilizando la siguiente expresión:

$$\hat{S}_{\beta_3, residual}^2 = \hat{S}_{\beta_3}^2 (1 - \hat{r}_{\beta_2, \beta_3}^2)$$

donde:  $r^2$  es la proporción de la varianza debida a la relación lineal. El algoritmo MATSIM utiliza las últimas dos ecuaciones para definir una distribución normal de probabilidades y realizar una simulación Monte Carlo restringida para obtener  $\beta_3$ .

El remuestreo se repitió en 1.000 iteraciones, obteniéndose una buena representación de la distribución empírica de probabilidades de  $l_{P\%}$ . El intervalo de confianza para  $l_{P\%}$  se obtuvo utilizando el método bootstrap-percentil, es decir, ordenando los  $l_{P\%,j}$  de menor a mayor y tomando los valores ubicados en  $N_{(\alpha/2)}$  y en  $N_{(1-\alpha/2)}$ , donde  $N$  es el número de iteraciones, como los límites superior e inferior del intervalo de confianza del  $100(1-\alpha)\%$ . La estimación Monte Carlo de  $l_{P\%}$  es el valor correspondiente a la mediana (posición n°  $N/2$  en el grupo ordenado de iteraciones) de los  $l_{P\%,j}$ . Finalmente, tomando  $P = 0,5$  puede obtenerse la talla mediana de madurez sexual y su intervalo de confianza. Al tomar diversos valores para  $P$  (de 10% a 90%) puede obtenerse un intervalo de confianza para toda la curva de madurez a intervalos discretos. Si la distribución de las variables madurez es normal, entonces la mediana, media y moda deben coincidir.

#### **4.6.3.8. Estimación de la fecundidad**

Las hembras del reineta son desovantes parciales por lo que, obviamente, se calculó la fecundidad parcial, definida como el número de ovocitos expulsados por desove por hembra. Sin embargo, en este caso se utilizó el número de ovocitos en el estado de desarrollo más avanzado como *proxy* de los ovocitos hidratados, asumiéndose que todos ellos serán

desovados pronto (próximas semanas). El recuento de oocitos hidratados se realizó con estereomicroscopio (lupa) y consistió en las siguientes etapas: a) absorción de líquido superficial de los ovarios con papel filtro; b) pesaje de los ovarios; c) submuestreo de tres segmentos del tejido ovárico (anterior, media y posterior); d) pesaje de las submuestras en una balanza analítica con precisión de 0,001 gramos; y, e) conteo de los ovocitos hidratados en cada submuestra bajo estereomicroscopio.

Se utilizó el número promedio de oocitos más avanzados de las tres submuestras (metodología descrita por Hunter *et al.*, 1985) para estimar el número total de oocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial), según la siguiente expresión:

$$\bar{F}_i = W_i \cdot \bar{n}$$

donde:  $\bar{F}_i$  es la fecundidad parcial (número total de ovocitos hidratados en el ovario);  $W_i$  es el peso húmedo del ovario (g);  $\bar{n}$  es el número promedio de ovocitos hidratados por gramo de submuestra.

#### **4.6.4. Resultados**

##### **4.6.4.1. Índices fisiológico-reproductivos**

Desde enero hasta noviembre de 2016 se realizó muestreos biológico-específicos mensuales a 7.835 ejemplares de reineta en estado fresco en plantas pesqueras de Coronel, Lota, San Vicente y Talcahuano, y directamente del desembarque artesanal (fresco) en Lebu (VIII Región); Anahuac, Calbuco y Dalcahue en la X Región; y Puerto Chacabuco (industrial) en la XI Región. Del total de ejemplares muestreados, 3.849 fueron hembras (49%). En todas las hembras fue posible identificar el estado de madurez, mientras que en 3.773 hembras (98%) se determinó el peso del ovario para la estimación del índice gonadosomático (IGS). El rango general de tamaños de reineta en los muestreos biológico-específicos ocurrió desde 26 hasta 65 cm de LT; por Región el rango de tamaños (LT) fue 26 a 65 cm en la VIII Región, 37 a 63

cm en la X Región, y 31 a 64 cm en la XI Región. El rango de tamaños por mes, sexo y Región se presentó en el objetivo específico 4.

- **Proporción sexual**

En los desembarques de la VIII Región de enero a mayo de 2016 la proporción sexual estuvo dominada por machos (promedio: 55,6%). En cambio, de junio a noviembre predominaron las hembras (53,5%; Tabla 34). En la X Región la proporción de machos fluctuó entre 49% y 55%; en promedio, la proporción de machos alcanzó a 51% (49% de hembras). En el caso de la XI Región, la proporción sexual fue aproximadamente 1:1. Sin embargo, en agosto la proporción de machos 62% (Fig. 61). La proporción global de sexos también se aproxima a 1:1.

Tabla 34. Proporción sexual (%) en el desembarque de reineta de enero a noviembre de 2016, por Región. Nomenclatura: M = machos; H = hembras; n = número de ejemplares totales.

Región	Mes	Proporción sexual (%)		n
		M	H	
VIII	Ene.	58,17	41,83	153
	Feb.	58,98	41,02	490
	Mar.	57,65	42,35	366
	Abr.	51,94	48,06	387
	May.	52,17	47,83	508
	Jun.	43,08	56,92	253
	Jul.	56,71	43,29	164
	Ago.	45,59	54,41	204
	Sep.	46,59	53,41	279
	Oct.	44,49	55,51	254
	Nov.	42,45	57,55	351
X	Ene.			
	Feb.			
	Mar.	54,03	45,97	385
	Abr.	46,03	53,97	252
	May.	47,47	52,53	217
	Jun.	50,65	49,35	310
	Jul.	55,00	45,00	120
	Ago.	48,85	51,15	174
	Sep.	55,00	45,00	240
	Oct.	50,77	49,23	130
	Nov.	52,31	47,69	130
XI	Ene.			
	Feb.	55,71	44,29	210
	Mar.			
	Abr.	51,65	48,35	364
	May.	46,88	53,12	529
	Jun.	46,24	53,76	359
	Jul.	48,87	51,13	311
	Ago.	61,82	38,18	275
	Sep.	50,61	49,39	245
	Oct.	44,57	55,43	175
	Nov.			

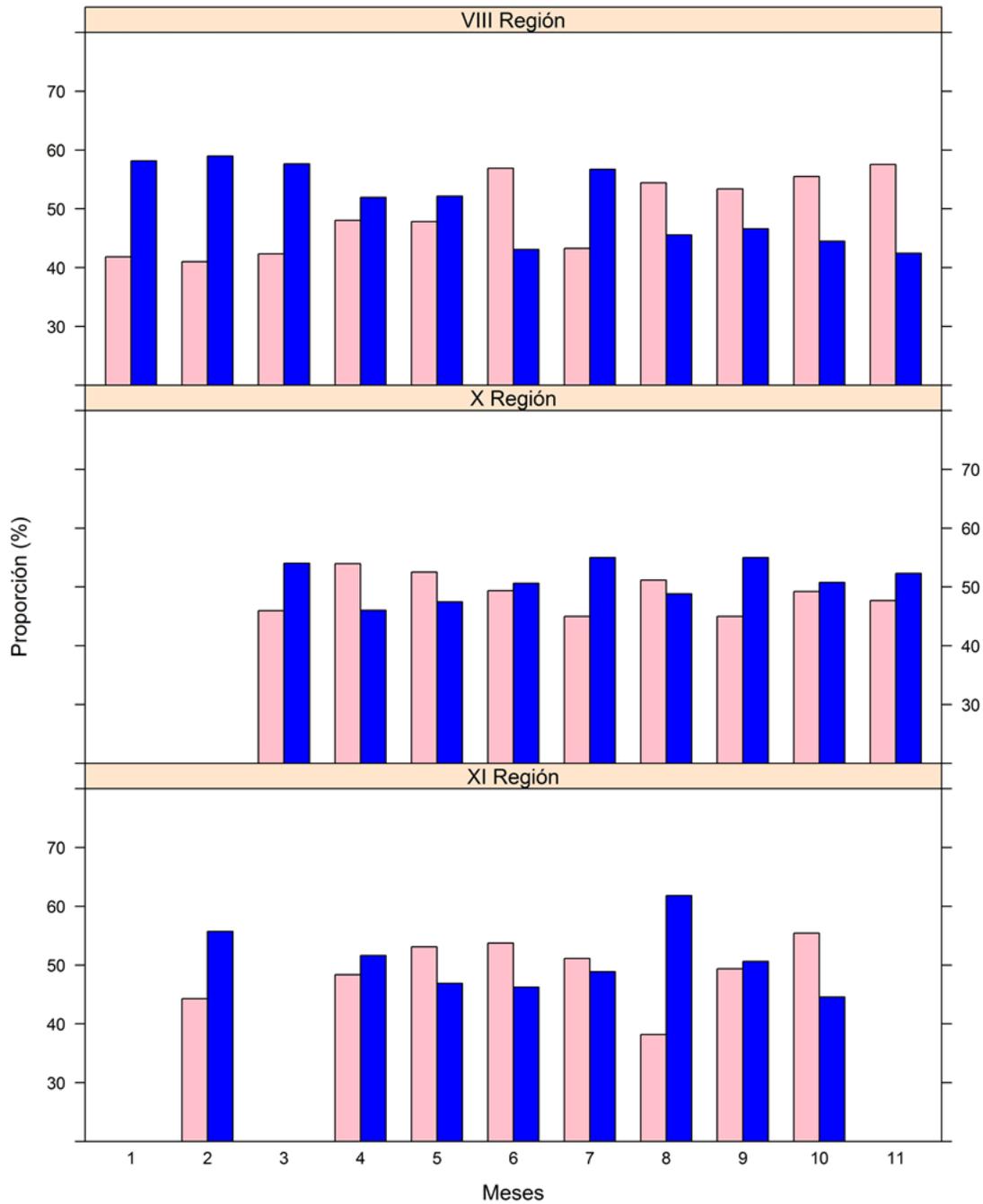


Figura 61. Proporción (%) de sexos en los desembarques de *B. australis* de enero a noviembre de 2016, por Región. Meses en números (1 = enero; 2 = febrero; ...); machos = barras azules; hembras = barras rosadas.

- **Estadios de madurez sexual**

En la VIII Región el estadio macroscópico de madurez 3 (EMS 3) fue dominante (>50%) de mayo a julio, y también en febrero (Fig. 62). El estadio 4 (en desove) estuvo escasamente representado, encontrándose un solo ejemplar en enero (1,6% del total de hembras) y mayo (0,4%), y dos ejemplares en julio de 2016 (2,8%). En el periodo de estudio (enero-noviembre, 2016) se observó la tendencia creciente de la proporción de ejemplares en maduración (EMS 3) hacia junio. En la X Región también se observó una tendencia creciente del EMS 3 (en maduración), alcanzando el máximo en agosto, disminuyendo luego. El estado maduro (EMS 4) solo se encontró en septiembre de 2016. Una situación similar ocurrió en la XI Región, con un valor máximo de ejemplares en maduración en agosto, pero sin evidencia de ejemplares en EMS 4.

- **Índice gonadosomático corregido (IGSc) y factor de condición (K)**

El índice gonadosomático (IGS) promedio en la VIII Región fluctuó entre 0,135% en enero y 1,484% en junio. El alto valor de IGS en febrero, cercano a los valores promedio de los meses de máxima actividad reproductiva (junio-agosto), se debería a sesgo de muestreo. En la X Región se observó una tendencia creciente del IGS de marzo (0,97%) a mayo (1,31%), la que se invierte de julio a octubre de manera similar a la VIII Región. En la X Región el IGS promedio mensual fue inferior respecto de los correspondientes meses de las Regiones VIII y X (Fig. 63). En cualquier caso se reconoce que el índice gonadosomático de reineta es muy bajo, incluso para ejemplares hembras en EMS 4, no sobrepasando a 1,5%.

El factor de condición promedio (K,  $\text{g/cm}^3$ ) mostró variaciones leves entre meses y entre Regiones, fluctuando en alrededor de 1,113 ( $\text{g/cm}^3$ ) en la VIII Región; 1,151 ( $\text{g/cm}^3$ ) en la X Región; y 1,202 ( $\text{g/cm}^3$ ) en la XI Región (Fig. 64).

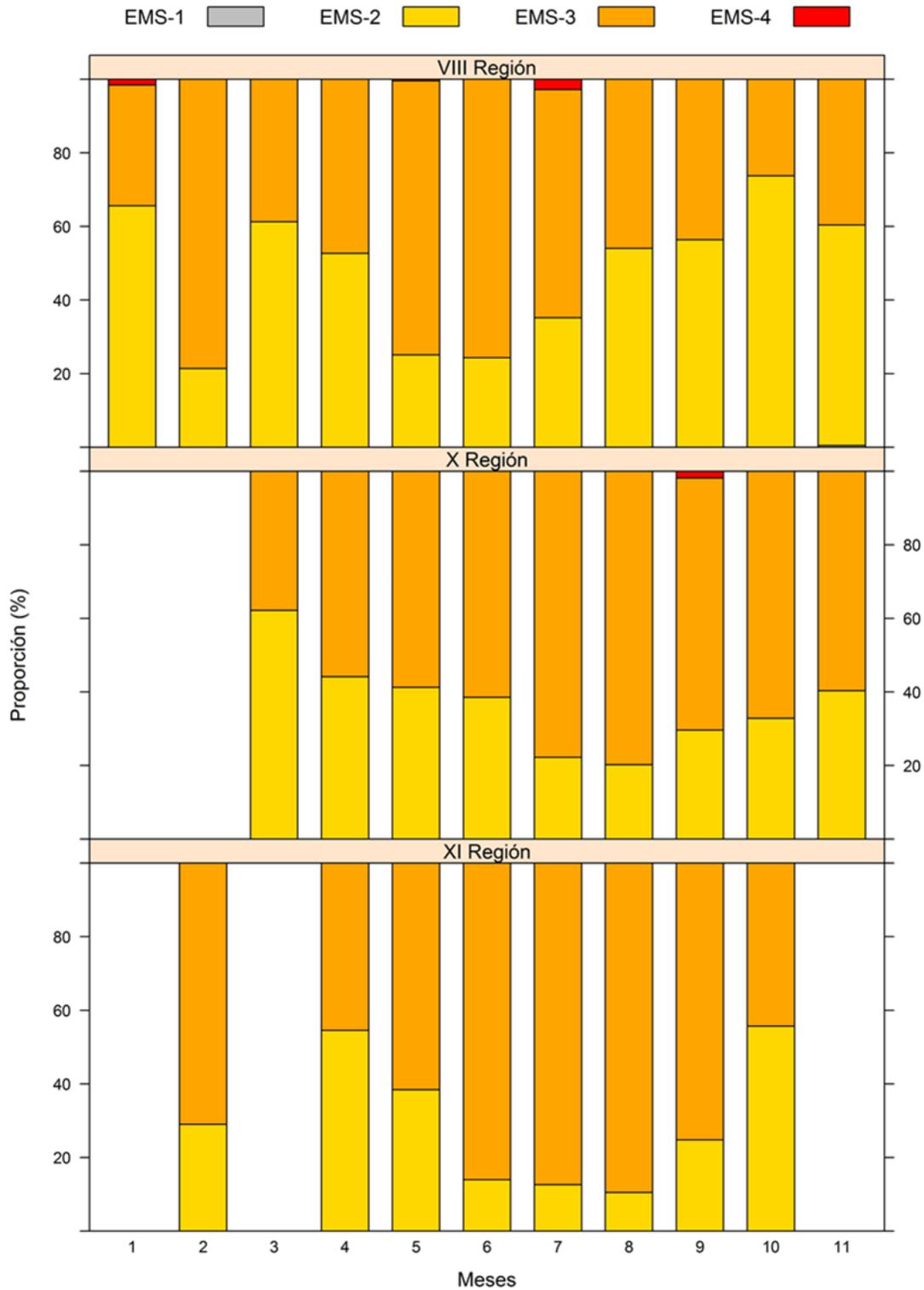


Figura 62. Proporción (%) de estados de madurez sexual (EMS) en los desembarques de *B. australis* de enero a noviembre de 2016, por Región. Meses en números (1 = enero; 2 = febrero; ...).

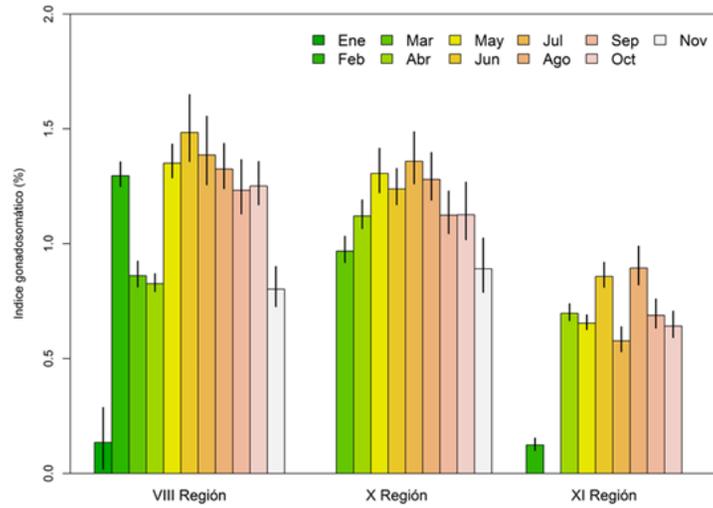


Figura 63. Índice Gónado-Somático (%) promedio en hembras de *B. australis* de enero a noviembre de 2016 por Región. Las líneas verticales representan el intervalo de confianza de la media.

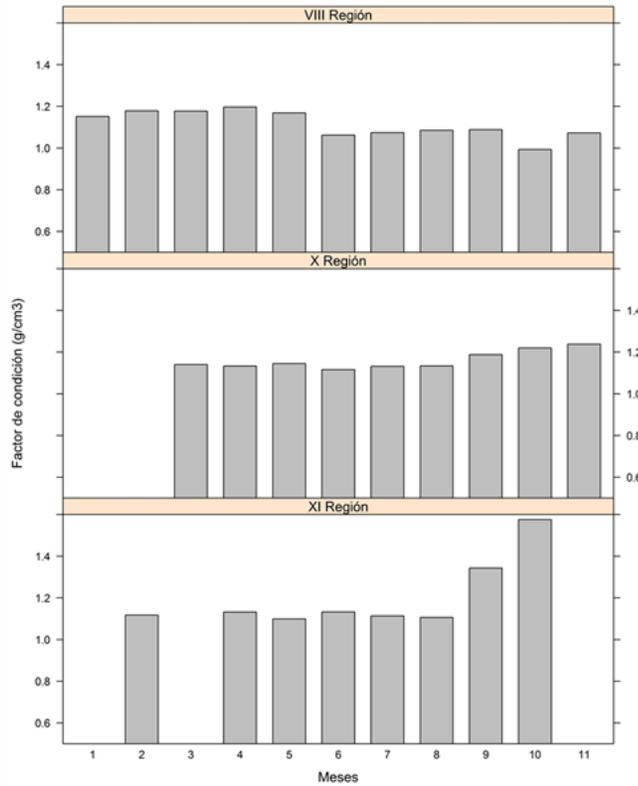


Figura 64. Factor de condición (K, g/cm<sup>3</sup>) promedio de hembras de *B. australis* de enero a noviembre de 2016 por Región.

#### 4.6.4.2. Análisis histológico

##### 4.6.4.2.1. Descripción de estados de desarrollo oocitario en ovarios de reineta

- **Estados I y II (oocitos primarios)**

Oocitos con forma esférica o levemente ovoide, miden entre 0,0291 y 0,0873 mm de diámetro; citoplasma altamente basófilo y externamente rodeado solo por la membrana plasmática u oolema. El núcleo es central y ovoide, presentando alta frecuencia de nucléolos, sin envolturas ovocitarias ni células foliculares (Fig. 65, Tabla 35).

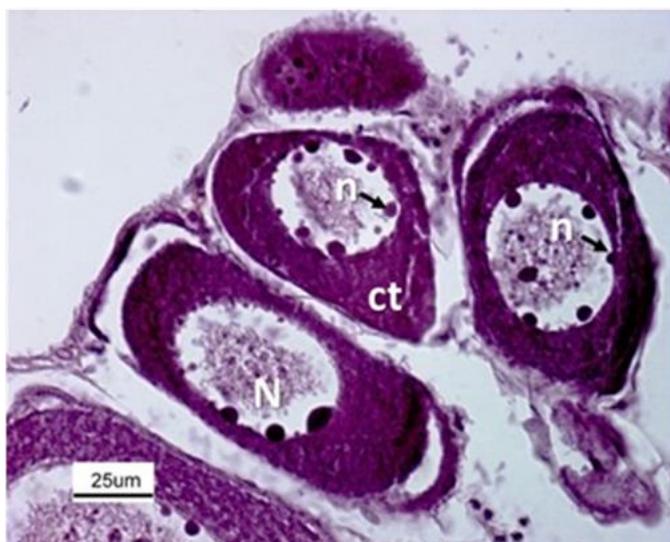


Figura 65. Microfotografía de corte transversal de ovario de *B. australis*. Oocitos en Estado I y II. N = núcleo, n = nucléolo, ct = citoplasma.

- **Estado III (oocitos previtelogénicos)**

Oocitos de tamaño entre 0,0873 y 0,194 mm de diámetro, citoplasma con menor basofilia respecto a Estados I y II, de aspecto irregular debido a la incorporación temprana de gránulos de vitelo, aumento del diámetro celular; núcleo con varios nucléolos periféricos. Se observa delgada zona folicular (Fig. 66, Tabla 35).



Figura 66. Microfotografía de corte transversal de ovario de *B. australis*. Oocitos en Estado III. N = núcleo, n = nucléolo, ct = citoplasma, gv = gránulos de vitelo, zf = zona folicular.

Tabla 35. Escala de estados de madurez oocitaria para *B. australis* basado en análisis microscópico.

Estadio	Denominación	Caracterización histomorfológica
I-II	Primario	Oocitos esféricos y/o levemente ovoides, diámetro mayor 29,1 – 87,3 µm. Citoplasma altamente basófilo y externamente rodeado sólo por membrana plasmática u oolema. Núcleo central prominente, alta frecuencia de nucléolos perinucleares. Límite celular se caracteriza por rudimentarias y poco definidas células foliculares y de la teca.
III	Previtelogénico	Oocitos con diámetro de 87,3 µm a 194,0 µm. Citoplasma con menor basofilia respecto al estado Primario, citoplasma de aspecto irregular debido a incorporación de gránulos de vitelo. Núcleo con alta frecuencia nucléolos periféricos. Límite celular caracterizado por zona folicular delgada.
IV	Vitelogénico	Oocitos ovoides y/o esféricos con diámetro de 194,0 µm a 329,8 µm, aprox. Citoplasma acidófilo de mayor diámetro y forma irregular debido a incorporación y acumulación de plaquetas de vitelo distribuidas aleatoriamente en el ooplasma. Núcleo con menor fracción de nucléolos periféricos. Zona pelúcida compuesta por dos capas: la primera delgada y densa que está en contacto con las células foliculares; la segunda más externa de configuración más gruesa y estriada. Zona folicular compuesta por células granulosas y capa delgada y difusa de células de la teca.
V	Maduro	Oocitos ovoides y/o esféricos con diámetro mayor a 329,8 µm. Citoplasma altamente acidófilo. Plaquetas de vitelo están fusionadas, dando un aspecto de citoplasma homogéneo. Presencia de células foliculares y zona pelúcida de mayor diámetro. Núcleo excéntrico.

- **Estado IV (oocitos vitelogénicos)**

Los oocitos son de mayor diámetro respecto a los estados I, II y III, cuyo diámetro mayor ocurre entre 0,194 y 0,3298 mm; citoplasma acidofilo y morfología citoplasmática irregular con aspecto de vacuolas refringentes en todo el ooplasma. El núcleo posee menor fracción de nucléolos periféricos respecto a los estados de maduración tempranos I, II y III. Zona pelúcida (zona radiada) compuesta por dos capas: la primera delgada y densa en contacto con las células foliculares; la segunda en contacto con la membrana plasmática y es más gruesa y estriada. Zona folicular compuesta por células de la granulosa y una capa delgada y difusa de células de la teca (Fig. 67, Tabla 35). En la Fig. 68 se presenta comparativa-mente los distintos estados de madurez de los ovarios de reineta registrados en el presente estudio

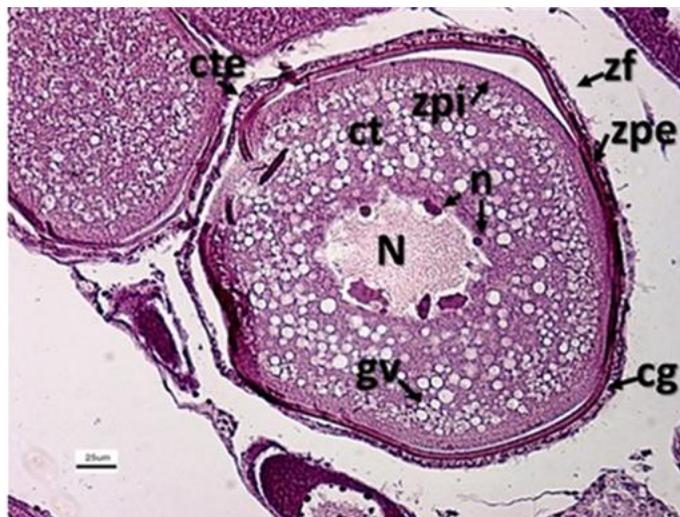


Figura 67. Microfotografía de corte transversal de ovario de *B. australis*. Oocitos en Estado IV. N = núcleo, n = nucléolo, ct = citoplasma, gv = gránulos de vitelo, zf = zona folicular, zpi= zona pelúcida interna, zpe = zona pelúcida externa, cte = células tecales, cg = células de la granulosa.

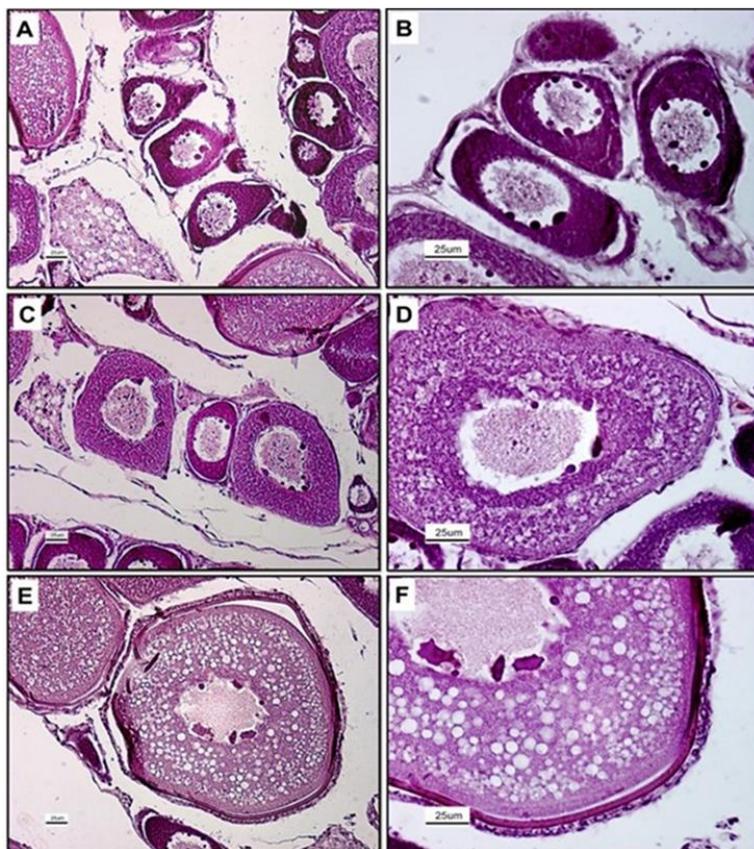


Figura 68. Microfotografías de distintos estados de madurez oocitaria en corte transversal de ovario de *B. australis*. A y B = Estados I y II (Primario); C y D = Estado III (Previtelogénico); E y F = Estado IV (Vitelogénico).

#### 4.6.4.2.2. Análisis histológico de la madurez de hembras de reineta

El análisis histológico de ovarios de reineta que se informa cubre el período mayo a octubre de 2016. Respecto de la frecuencia de oocitos destaca el estado Primario, concordando con el tipo de desarrollo gonadal de reineta, esto es, crecimiento oocitario asincrónico con desove parcial máximo en invierno (Fig. 69, Tabla 36), lo que se confirma por localidad (Fig. 70, Tabla 37).

Tabla 36. Frecuencia de oocitos por estado de madurez de *Brama australis* por mes.

<b>Mes</b>	<b>I-II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>
May.	73.389	6.134	7.533	87.056
Jun.	77.587	4.045	3.383	85.015
Jul.	33.311	2.731	3.192	39.234
Ago.	9.761	2.404	3.600	15.765
Oct.	50.370	2.282	871	53.523
<b>Total</b>	244.418	17.596	17.579	280.593

Tabla 37. Frecuencia de oocitos por estado de madurez de *Brama australis* por localidad.

<b>Localidad</b>	<b>I-II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>
Lebu	144.053	12.860	12.475	169.388
Talcahuano	38.551	2.387	3.989	44.927
San Vicente	12.404	21	0	12.455
Anahuac/Pto Montt	22.186	1.253	1.307	24.746
Puerto Aysen	22.224	1.045	808	29.077
<b>Total</b>	244.418	17.655	18.579	280.593

En relación al desarrollo oocitario, el tamaño promedio de los oocitos en Estados I y II (Primario) es  $0,068 \pm 0,014$  mm; para el Estado III (Previtelogénico) el tamaño promedio de los oocitos es  $0,150 \pm 0,022$  mm; y para oocitos en estado IV (Vitelogénico) el tamaño promedio es  $0,260 \pm 0,033$  mm (Fig. 71). Para un mismo estado de desarrollo no se observa diferencias significativas en el tamaño promedio de los oocitos por mes ni localidad (Fig. 72). El tamaño del núcleo en el oocito disminuye conforme el tamaño del oocito aumenta, lo que se confirma por mes (Fig. 73), localidad de muestreo de reinetas hembras (Fig. 74) y para el total de las muestras (Fig. 75).

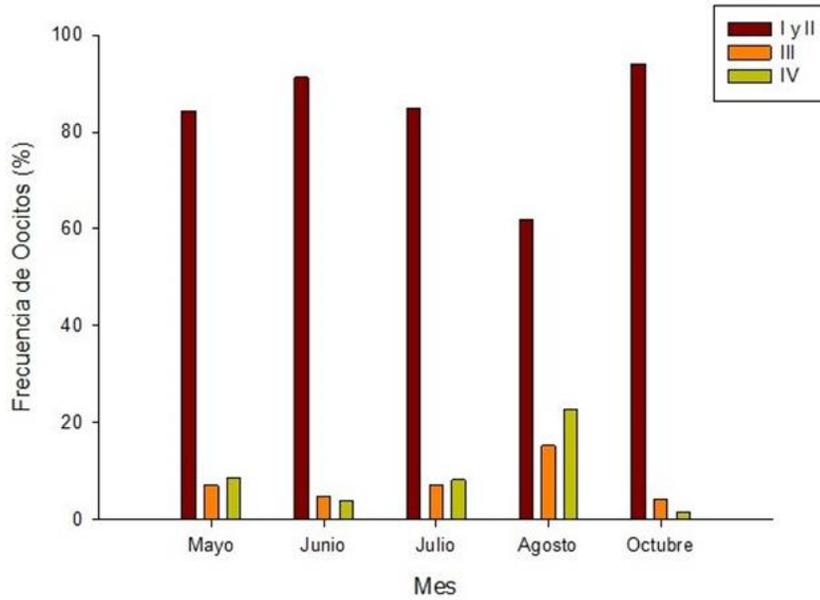


Figura 69. Frecuencia de oocitos de *B. australis* por mes.

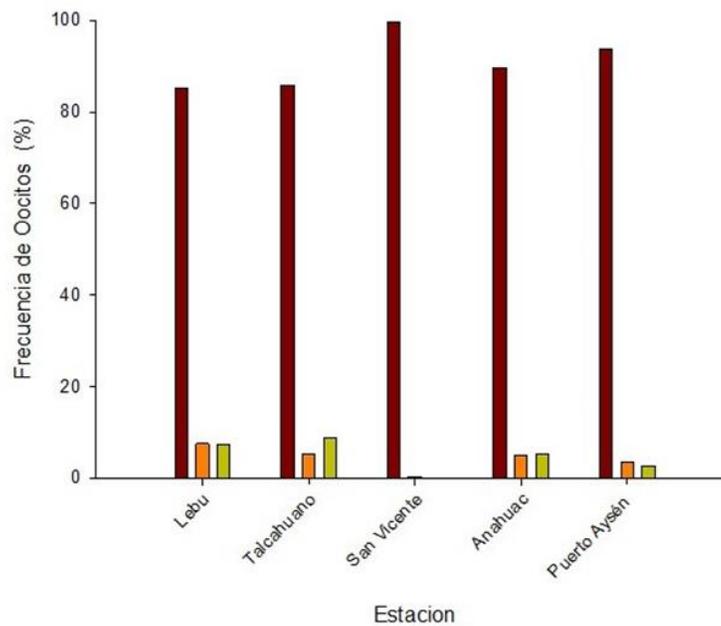


Figura 70. Frecuencia de oocitos de *B. australis* por localidad de muestreo. Estados de madurez: I y II = rojo; III = naranja; y IV = verde.

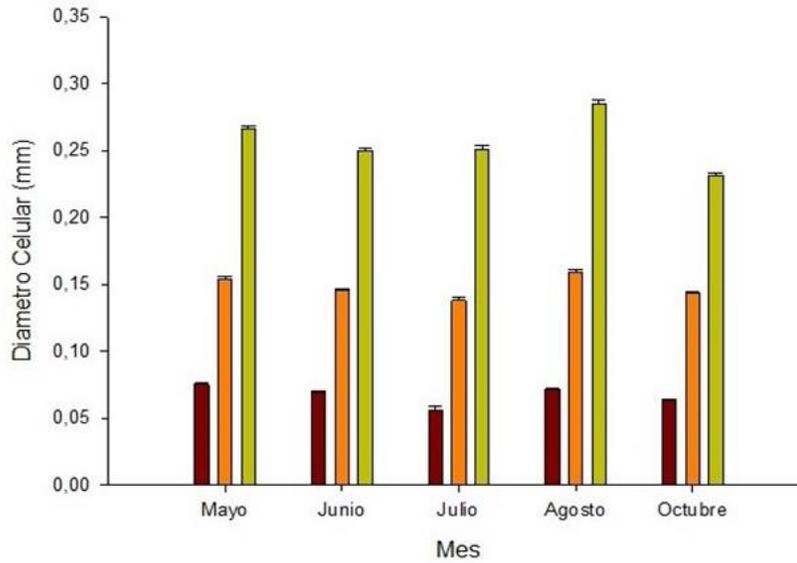


Figura 71. Diámetro de oocitos de *B. australis* por mes. Estados de madurez: I y II = rojo; III = naranja; IV = verde.

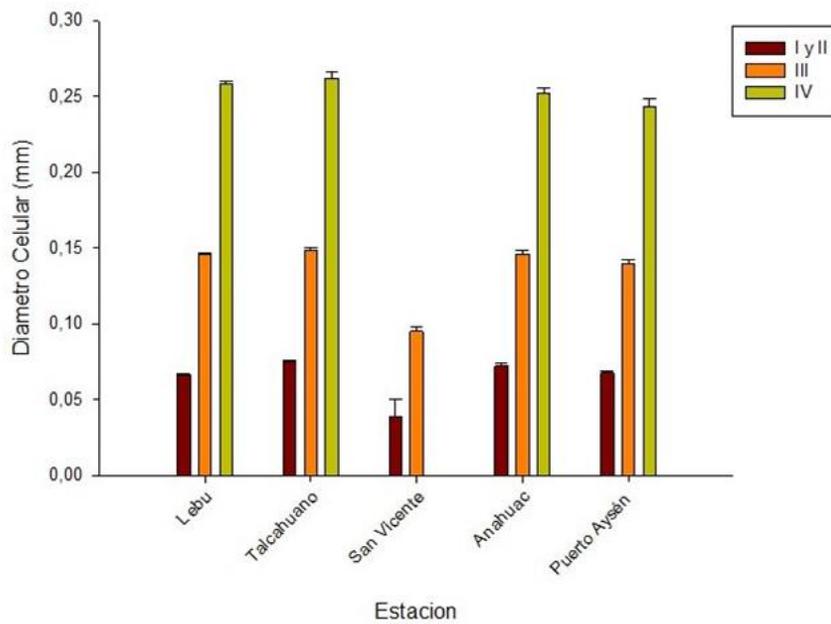


Figura 72. Diámetro de oocitos de *B. australis* por localidad de muestreo.

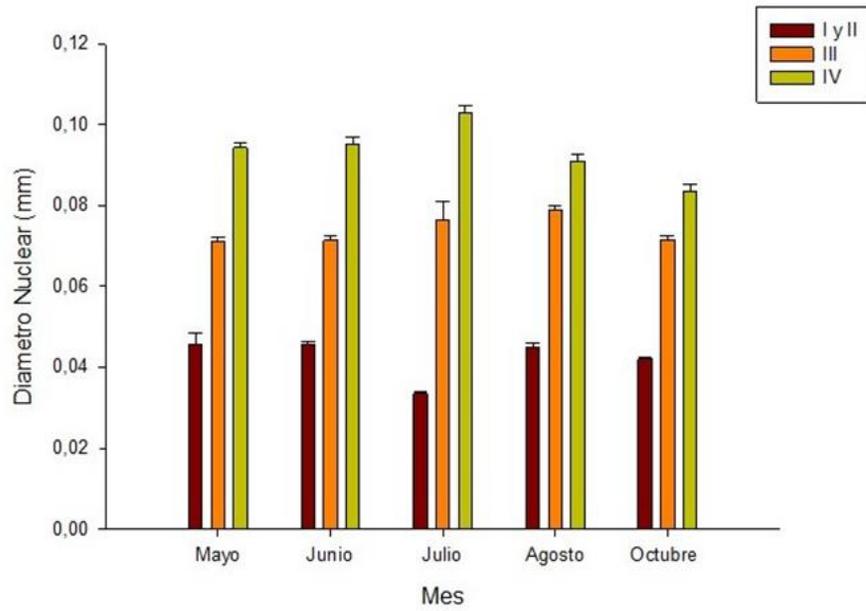


Figura 73. Diámetros nucleares de oocitos de *B. australis* por mes.

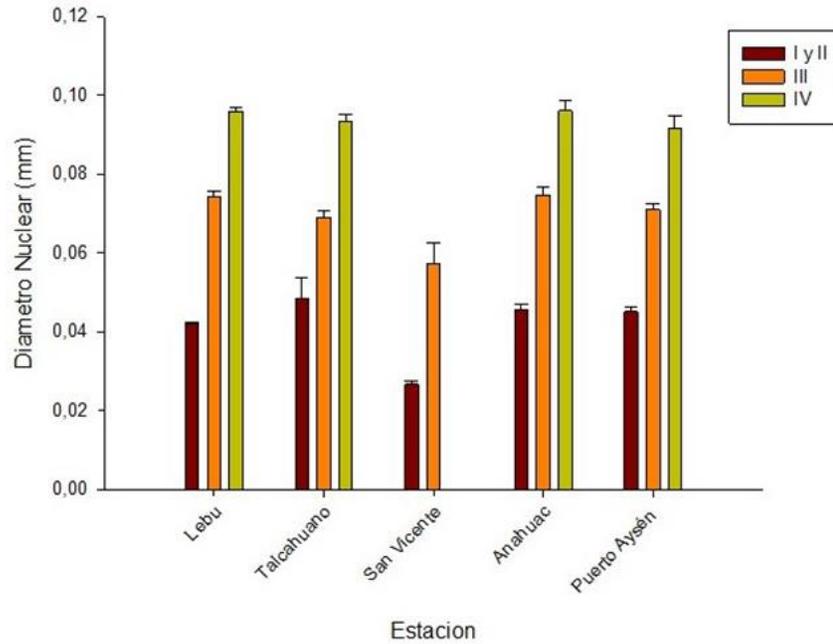


Figura 74. Diámetros nucleares de oocitos de *B. australis* por localidad de muestreo.

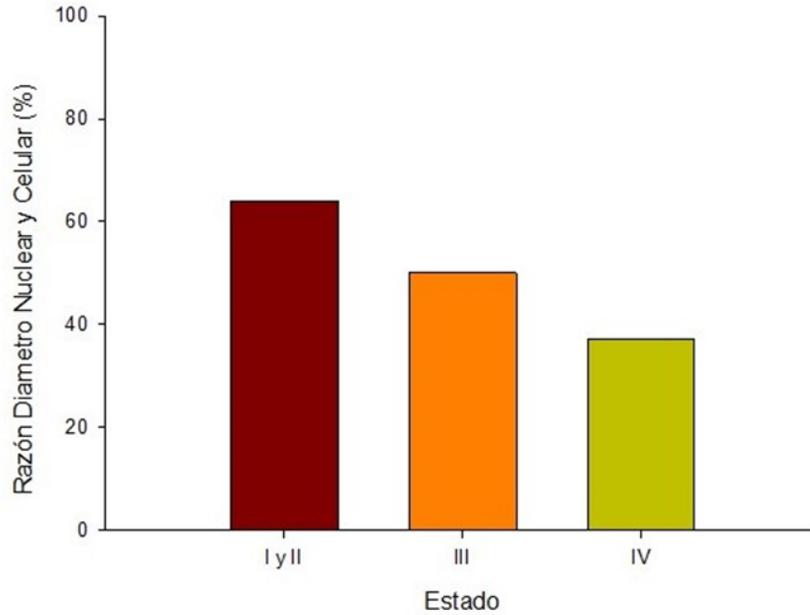


Figura 75. Razón entre el diámetro nuclear y el diámetro celular por estado de madurez del oocito de *B. australis* (todas las muestras).

#### 4.6.4.3. Talla media de madurez sexual

A partir de las observaciones del estadio de madurez sexual en hembras, definidos de acuerdo a escalas de madurez macroscópicas, se ajustó un modelo logístico a la proporción de ejemplares maduros por clase de talla, tanto para la longitud total (LT, cm) como para la longitud horquilla (LH, cm). Para la estimación de los parámetros de la función de madurez se consideró los ejemplares colectados de junio a octubre de 2016, período donde se alcanzó los valores más altos del índice gonadosomático (IGS) y que, por lo tanto, correspondería a la época de máximo reproductivo de *B. australis*. La estimación de la función de madurez y talla media de madurez sexual se realizó independientemente para las Regiones VIII, X y XI, y para el total de las muestras.

En el caso de la VIII Región, la talla media de madurez se estimó en 39,1 cm de LH (IC: 36,4 – 42,2 cm) y 45,5 cm de LT (IC: 42,2 – 49,1 cm), mientras que en la X Región alcanzó a 39,1 cm de LH (IC: 35,8 – 43,3 cm). En la XI Región la talla de madurez fue menor que en las otras regiones y alcanzó 37,6 cm de LH (IC: 34,2 – 40,8 cm). Para toda el área de estudio la

talla media de madurez es estimó en 38,3 cm de LH (IC: 36,4 – 40,1 cm) y 43,6 cm de LT (IC: 41,4 – 46,1 cm) (Fig. 76; Tabla 38).

Tabla 38. Parámetros ( $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ) de la función de madurez y talla media de madurez sexual (TMMS) de *B. australis* por región y total para el año 2016. ICinf, ICsup: intervalos de confianza (inferior y superior) de la TMMS.

Parámetro	VIII Reg.	X Reg.	XI Reg.	Total	
	$\beta_2$	-13,121	-19,345	-19,187	-15,874
Longitud horquilla (LH)	$\beta_3$	0,336	0,495	0,511	0,415
	TMMS	39,1	39,1	37,6	38,3
	ICinf	36,4	35,8	34,2	36,4
	ICsup	42,2	43,3	40,8	40,1
	$\beta_2$	-13,215	-21,825	-15,253	-13,552
Longitud total (LT)	$\beta_3$	0,291	0,475	0,366	0,310
	TMMS	45,5	46,0	41,7	43,6
	ICinf	42,2	41,6	37,4	41,4
	ICsup	49,1	51,4	45,8	46,1

La talla media de madurez de reineta no mostró diferencias significativas entre Regiones, tanto para la estimación basada en la longitud horquilla (LH, cm), como en el caso de la longitud total (LT, cm) (Fig. 77). En el caso de LH se observa un gradiente latitudinal decreciente de la talla media de madurez, lo que estaría dado por el gradiente latitudinal observado en la composición de tamaños en Chile central y sur.

#### 4.6.4.4. Estimación de la fecundidad

Para determinar la fecundidad (total y relativa) se contabilizó el número de ovocitos en el estado de desarrollo más avanzado como *proxy* de los ovocitos hidratados, asumiéndose que todos ellos llegarán a ser desovados en la época reproductiva principal. El intervalo de tamaños de ejemplares (hembras) utilizados en el análisis de fecundidad fue 37 a 56 cm de LT (equivalente a 32 – 48 cm de LH).

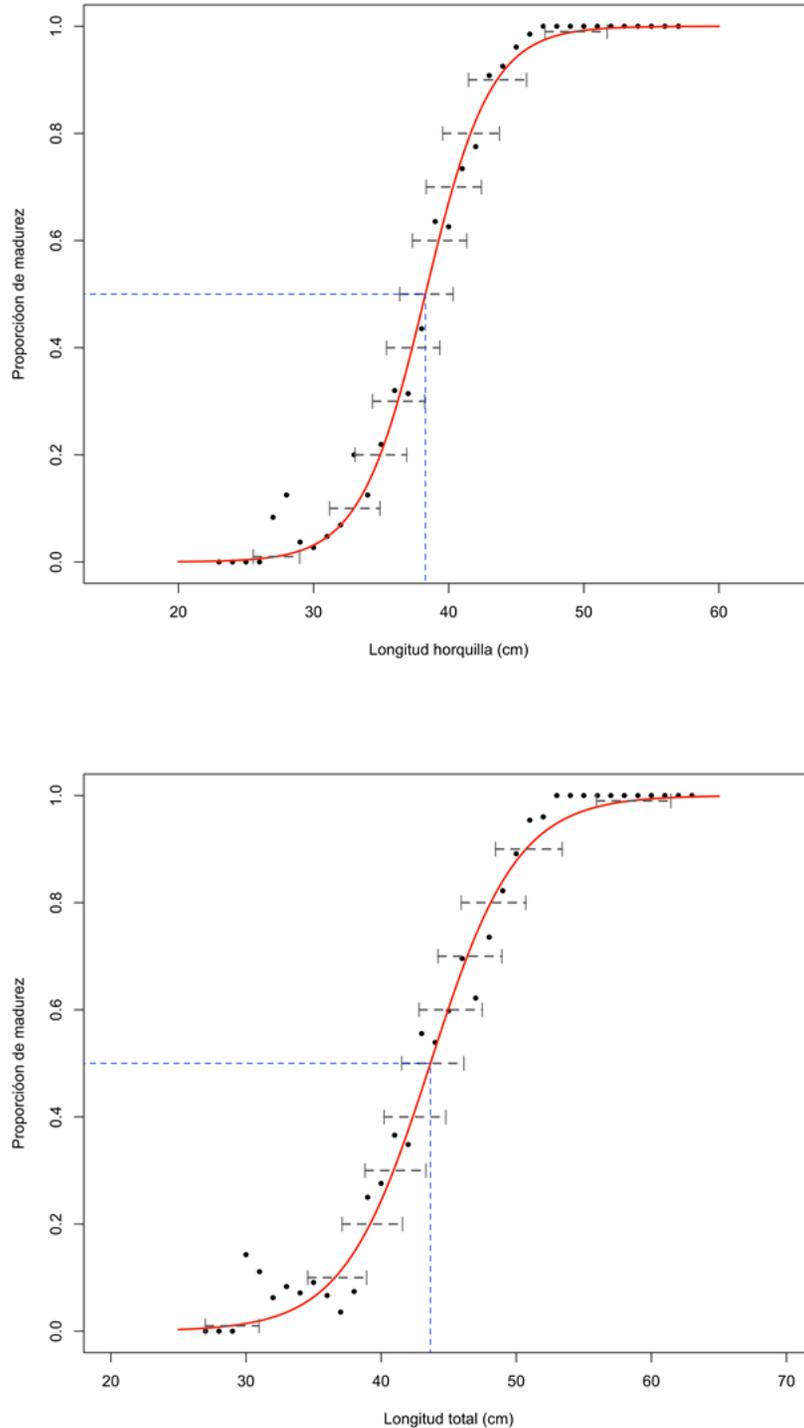
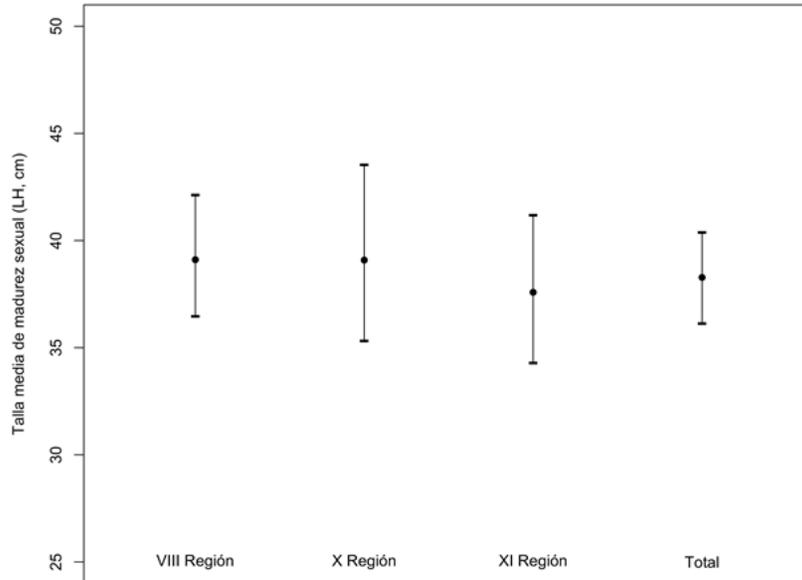
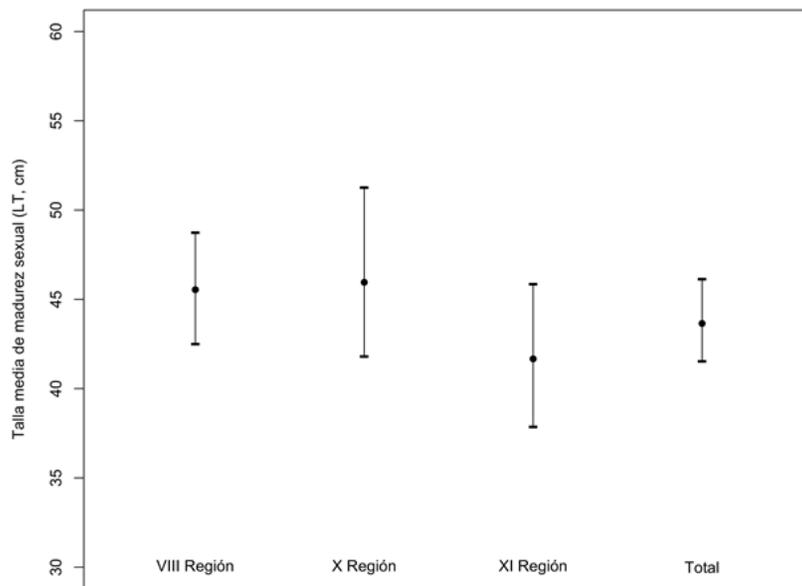


Figura 76. Función de madurez (línea roja) ajustada a la proporción de hembras maduras (puntos negros) de *B. australis* de la VIII a XI Regiones, año 2016. Las barras horizontales representan el intervalo de confianza de la talla a distintos niveles de madurez. Arriba: longitud horquilla (LH); abajo: longitud total (LT).



Región - Estimación



Región - Estimación

Figura 77. Talla media de madurez sexual (e intervalos de confianza) de *B. australis* por Región y total en el año 2016. Arriba: longitud horquilla (LH); abajo: longitud total (LT).

La fecundidad total fluctuó entre 12.825 y 89.888 ovocitos, mientras que la fecundidad relativa fluctuó entre 14,4 y 79,0 ovocitos por gramo de peso del pez (ovocito/gr; sin gónada). La relación entre la fecundidad total y la longitud total del pez se ajustó a una función de tipo lineal con parámetro de posición  $\alpha = -68.785,9$  (ovocitos) y pendiente  $\beta = 2.226,8$  (ovocitos/cm), y coeficiente de determinación  $r^2 = 0,387$  (Fig. 78). Adicionalmente, la relación entre la fecundidad total y el peso total (gramos) del pez también se ajustó a una función lineal con parámetro de posición  $\alpha = -860,3$  (ovocitos) y pendiente  $\beta = 31,8$  (ovocitos/gr), y coeficiente de determinación  $r = 0,404$  (Fig. 79).

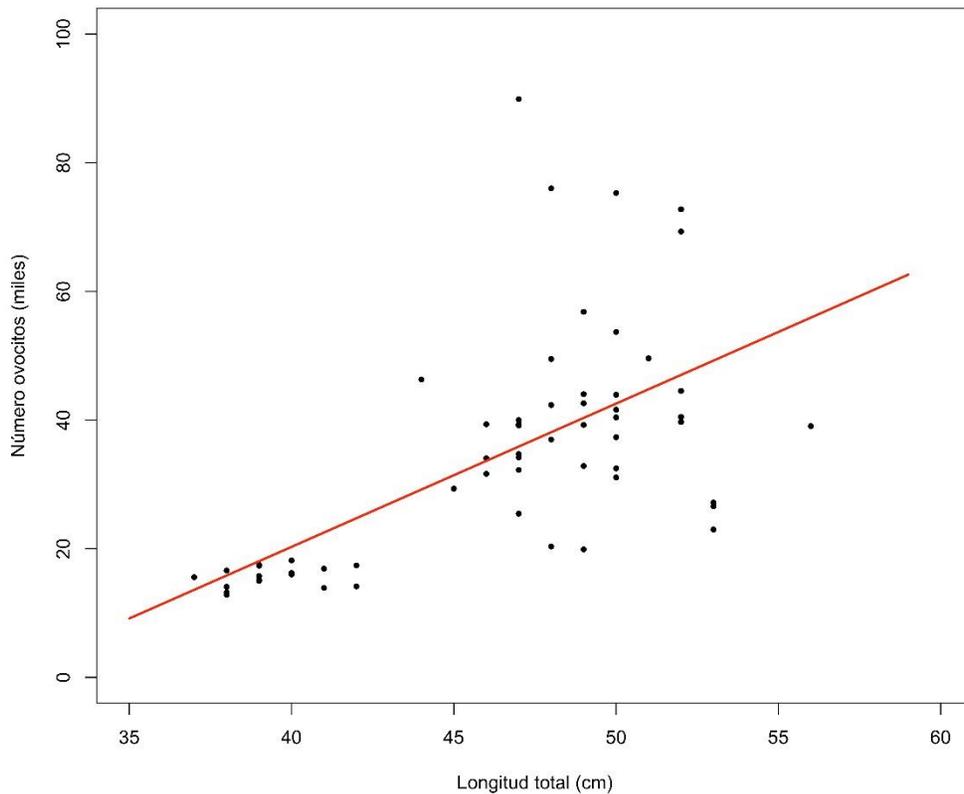


Figura 78. Relación entre la fecundidad total (número de ovocitos) y la longitud total (LT, cm) de reineta (*B. australis*) en Chile central y sur en el año 2016. Línea roja = ajuste lineal.

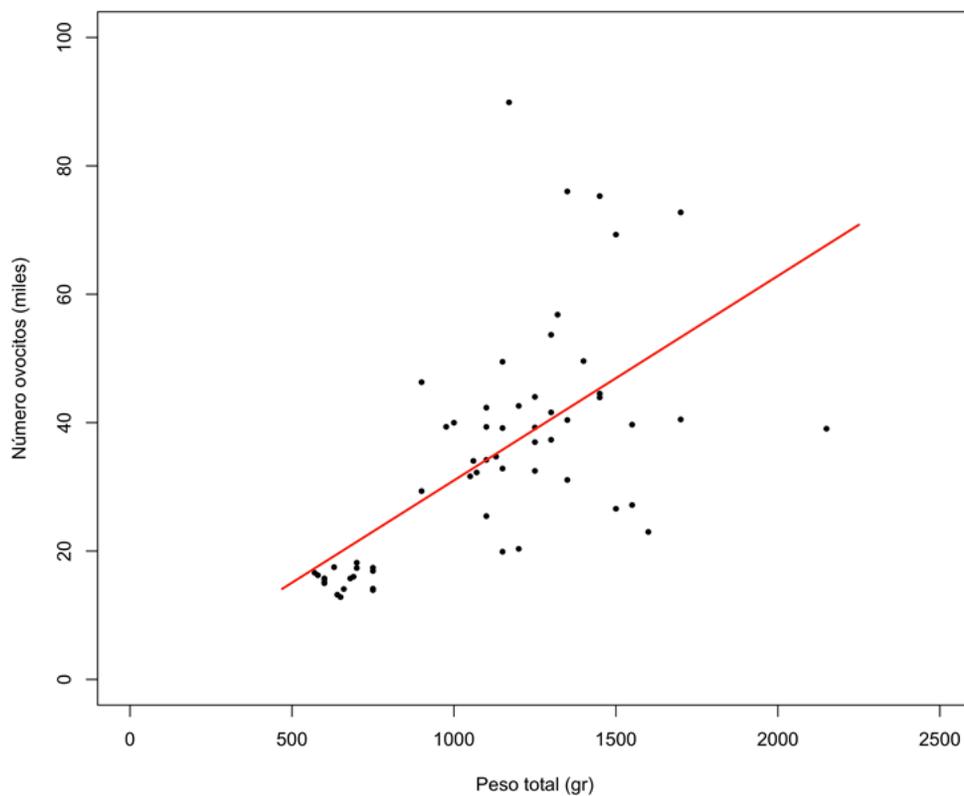


Figura 79. Relación entre la fecundidad total (número de ovocitos) y el peso total (PT, gr) de reineta (*B. australis*) en Chile central y sur en el año 2016. Línea roja = ajuste lineal.

#### 4.6.5. Discusión

Los resultados en el presente trabajo de los índices fisiológicos tales como el índice gonadosomático corregido (IGSc) y el factor de condición ( $K$ ,  $\text{g/cm}^3$ ), así como la proporción de estadios de madurez sexual (EMS) macro y microscópicos confirman lo señalado por Leal & Oyarzún (2003) respecto que la época reproductiva principal de reineta ocurre en invierno (junio a agosto). Sobre la base de la información histórica y la evolución del índice gonadosomático (IGS) se consideró los ejemplares colectados de junio a octubre de 2016 para la determinación de la talla media de madurez en reineta entre la VIII y XI Regiones, la que, para toda el área de estudio, se estimó en 38,3 cm de LH (IC: 36,4 – 40,1 cm), la que no es significativamente distinta de aquella estimada por Leal & Oyarzún (2003) que fue de 36,9 cm LH (IC: 35,3 – 37,8 cm).

Para determinar la fecundidad (total y relativa) se contabilizó el número de ovocitos en el estado de desarrollo más avanzado como *proxy* de los ovocitos hidratados bajo el supuesto de que todos continuarán su maduración y llegarán a ser desovados en la época reproductiva principal. La fecundidad total fluctuó entre 12.825 y 89.888 ovocitos, mientras que la fecundidad relativa fluctuó entre 14,4 y 79,0 ovocitos por gramo de peso (ovocito/gr; sin gónada) de pez. Estos valores de fecundidad son muy bajos en comparación con otras especies pelágicas de tamaño medio, como el jurel (*Trachurus murphyi*), que presenta una fecundidad media cercana a 163 mil ovocitos por desove (Perea *et al.*, 2013). Entonces, la baja fecundidad de reineta podría explicarse porque: (1) los ejemplares en mayor estado de maduración no estaban disponibles en las capturas cuando se realizó muestreos en los meses de mayor actividad reproductiva en, y (2) porque todavía faltan ovocitos que inicien la vitelogénesis (Estado IV) y, por lo tanto, no habrían sido contabilizados.

#### **4.6.6. Conclusiones**

- Se confirma que el máximo del desove de hembras de reineta ocurre en invierno (junio a agosto).
- La talla media de madurez sexual de las hembras, a partir de la asignación macroscópica de madurez, se estimó en 38,3 cm de longitud LH (I.C.: 36,4 - 40,1 cm), equivalente a 43,6 cm de LT (I.C.: 41,4 – 46,1 cm).
- No se encontró diferencias significativas en la talla media de madurez de reineta entre Regiones (VIII, X y XI Regiones), ni tampoco respecto de antecedentes históricos (Leal & Oyarzún, 2013).
- La fecundidad total de reineta es entre 12.825 y 89.888 ovocitos, mientras que la fecundidad relativa es entre 14,4 y 79,0 ovocitos por gramo de peso del pez (ovocito/gr; sin gónada).

#### 4.6.7. Referencias Bibliográficas

- Caddy, J.F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 347. Rome, FAO, 83 p.
- Chambers, J. M. 1977. Computational methods for data analysis. John Wiley and Sons, New York, NY, 268 p.
- Cubillos, L., M. Canales, D. Bucarey, A. Rojas & R. Alarcón. 1999. Época reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el período 1993-1997, en la zona centro-sur de Chile. Invest. Mar., Valparaíso. 27: 73-85.
- Draper, N. R. & H. Smith. 1981. Applied regression analysis. John Wiley and Sons, New York, NY, 736 p.
- Efron, B. & R.J. Tibshirani. 1982. An introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, New York, NY, 436 p.
- Holden, M.J. & D.F.S. Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc. Téc. FAO. Pesca (115), Rev. 1: 211 p.
- Hosmer, D. W. & S. Lemeshow. 1989. Applied logistic regression. John Wiley and Sons, New York, NY, 328 p.
- Johansen, S. 1984. Functional relations, random coefficients, and nonlinear regression with application to kinetic data. Springer-Verlag, New York, N.Y., 126 p.
- Leal, E. & C. Oyarzún. 2003. Talla de madurez y época de desove de la reineta (*Brama australis* Valenciennes, 1836) en la costa central de Chile. Investigaciones Marinas, Valparaíso 31(2): 17-24.
- Orrego R., Moraga-Cid G., González M., Barra R., Valenzuela A., Burgos A. y Gavilán J.F. (2005). Reproductive, physiological, biochemical responses in juvenile female rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) exposed to sediments from pulp and paper mill industrial areas. Environmental toxicology and Chemistry, 24: 92-100.
- Perea, A., J. Mori, B. Buitrón & J. Sánchez. 2013. Aspectos reproductivos del jurel *Trachurus murphyi*. Rev. Peru biol. vol.20 no.1. 29-34.
- Roa, R., B. Ernst & F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: en evaluation of analytical and resampling procedures. Fish. Bull., 97: 570-580.
- Shanubhogue, A. & P.A. Gore. 1987. Using logistic regression in ecology. Current Sciences, 56: 933-936.

#### 4.7. Objetivo Específico 6

Determinar la composición de la dieta y tasa de consumo de alimento (Q) de reineta mediante modelos indirectos.

##### 4.7.1. Resumen

*B. asutralis* es una especie considerada como un recurso de importancia comercial para la pesca artesanal e industrial que opera en aguas chilenas por lo que la determinación de la alimentación es importante para avanzar en el manejo pesquero basado en el ecosistema. Se estimó tasas de consumo y alimentación de reineta basado en contenidos estomacales y estabilidad isotópica. Se analizó 1.448 individuos de *B. asutralis* provenientes de la pesca comercial en Chile central y sur en 2016. Con los métodos del peso relativo (en porcentaje) y modelos de mezcla basados en la contribución de los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  se encontró que la reineta presenta alimentación basada principalmente en crustáceos (52%; predominando eufáusidos con 24%), seguidos de peces (42%) y cefalópodos (6%). Los ejemplares de *B. asutralis* de menor tamaño se alimentan preferentemente de eufáusidos y los de mayor tamaño de pequeños pelágicos (sardina común), aunque estas diferencias pueden estar asociadas a cambios espaciales. La estabilidad isotópica posiciona a *B. asutralis* como especie pelágica que se alimenta en zonas costeras con patrón de consumo del tipo frecuente y tasa de evacuación gástrica de 0,3 gr / hora, lo que equivale a consumir individualmente 1% de su peso corporal en promedio por día, lo que está en el rango de consumo relativo al peso corporal en peces carnívoros.

##### 4.7.2. Introducción

Recientemente las pesquerías han atraído la atención debido a su impacto sobre los recursos y ecosistemas marinos (Worm *et al.*, 2009; Murawski *et al.*, 2007). En este contexto, para el uso sustentable de los recursos pesqueros, por un lado, y mantener la función, estructura y

diversidad de los ecosistemas marinos, por el otro, es necesario evaluar de manera fiable los impactos de la pesca comercial y otras actividades antrópicas sobre los ecosistemas marinos dentro de las cambiantes condiciones ambientales (Botsford *et al.*, 1997). De esta forma, en los últimos años las modelaciones ecotróficas han adquirido relevancia, permitiendo evaluar el impacto de los recursos pesqueros en la estructura comunitaria, lo que posteriormente permite realizar manejos integrados de los ecosistemas marinos (Pauly *et al.*, 2000; Christensen & Pauly, 1993; Walters *et al.*, 1997).

Los modelos tróficos y los análisis de isótopos estables (SIA) son usados comúnmente como aproximaciones para cuantificar niveles tróficos en las cadenas alimentarias (Nilsen *et al.*, 2008; Du *et al.*, 2015). El análisis de isótopos estables se ha convertido en una herramienta confiable comúnmente usada para evaluar y comprender las interacciones tróficas, junto a métodos tradicionales como el análisis de contenido estomacal (Wolf *et al.*, 2009; Dixon *et al.*, 2015).

Los isótopos estables de carbono y nitrógeno proporcionan una visión integrada a largo plazo de la ecología trófica de un pez, comparada con la visión “instantánea” del consumo reciente de los ítems alimenticios que proporciona el análisis de contenido estomacal (McCarthy *et al.*, 2004). En general los análisis estomacales dan cuenta de lo que realmente se alimenta el predador, mientras que el análisis usando isótopos aporta inferencias integradas del consumo y la importancia de la presa (Chiaradia *et al.*, 2014). La premisa básica que está detrás de los estudios de SIA es que la firma de carbono isotópico de un predador es enriquecida en relación a su fuente de alimento en 1‰ o menos. Este escaso fraccionamiento del isótopo de carbono proporciona información para establecer la fuente primaria de alimento, mientras que el nitrógeno es enriquecido en -0.5 a 9‰ por lo que este alto fraccionamiento permite establecer la posición trófica de los ejemplares (Revill *et al.*, 2009). Sin embargo, los resultados deben ser interpretados con precaución ya que el enriquecimiento trófico es variable, incluso entre individuos de una misma especie (DeNiro & Epstein, 1981), lo que puede estar relacionado con cambios con la ontogenia o el tamaño (Young *et al.*, 2006; Sara & Sara, 2007) o entre distintos tipos de tejidos en un mismo individuo (MacNeil *et al.*, 2006). Adicionalmente, las firmas isotópicas pueden variar tanto espacial como estacionalmente (Popp *et al.*, 2007), variaciones que se propagarán por la cadena alimentaria.

- **La reineta**

La Familia Bramidae pertenece al Orden Perciformes (Lauder & Liem, 1983) y comprende 6 géneros con 18 especies. Esta Familia posee una amplia distribución geográfica, habitando generalmente ecosistemas epipelágicos a profundidades sobre los 200 m. Mead (1972) describe que el género *Brama* incluye 7 especies, siendo una de ellas *B. australis* (Pavlov, 1991) la que es conocida en Chile como reineta, pez hacha o palometa del sur, e internacionalmente como Southern Pacific pomfret; presenta distribución circumglobal en el Hemisferio Sur dentro de los límites de circulación de las masas de agua subtropicales entre las latitudes 35°S y 48°S (Mead, 1972; Pavlov, 1991; Last, 1994). Muñoz *et al.* (1995) entregan los primeros antecedentes del comportamiento trófico de *B. australis* para la zona centro-sur de Chile, señalando un reducido espectro trófico, pues se alimenta casi exclusivamente de eufáusidos, mientras que las presas ocasionales son calamares y peces pequeños. García & Chong (2002) caracterizan los hábitos alimenticios de reineta frente a Chile central como consumidor secundario predando principalmente cangrejos, clamares y peces pelágicos pequeños como anchoveta (*Engraulis ringens*; 70% en peso). Más recientemente Santa Cruz *et al.* (2014) confirmaron el reducido espectro trófico de esta especie en verano, siendo las presas principales *Euphausia mucronata* (64% en peso) y sardina común (*Strangomera bentincki*; 13%). Este reducido espectro trófico ya se ha reportado en otras especies de *Brama* (Seki & Mundi, 1991; Pearcy *et al.*, 1993). Una dieta similar ha sido descrita para *B. japonica* por Mead (1972), Pavlov (1991) y Pearcy *et al.* (1993). Por otro lado, Horn *et al.* (2013) aumentó el espectro trófico de la reineta en aguas de Nueva Zelanda indicando que la presa con mayor importancia es mictófidios (principalmente *Lampanyctodes hectoris*), seguido por peces stoimidos (principalmente *Maurollicus australis*), camarones (*Sergetes sp.*), además de anfípodos y salpas. También se identificó que la dieta de reineta estaría influenciada por las diferentes fases lunares, principalmente por cambios producidos en la iluminación (nocturna) y las mareas.

La reineta es capturada en Chile principalmente por la pesca artesanal desde Coquimbo (29° S) hasta Valdivia (40° S) utilizando espinel, apareciendo como fauna concurrente en la pesquería industrial de cerco (Oyarzún, 2001). Hasta hace pocos años atrás *B. australis* no fue considerada como recurso pesquero, sino que era capturada incidentalmente en la pesca de

arrastre de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y en la pesca de cerco de jurel (*Trachurus murphyi*) (Muñoz *et al.*, 1995).

Actualmente la reineta es un importante recurso económico, destinada principalmente a consumo humano. Los registros oficiales de capturas en las costas chilenas se inician en 1994 (SernaPesca, 2011), alcanzando desembarques promedio de 5.000 toneladas en el período 1994-2000 con el máximo de 35.000 toneladas en 2014. La Subsecretaria de Pesca y Acuicultura (2015) clasifica a este recurso en estado de plena explotación.

#### **4.7.3. Metodología de trabajo**

Se analizó 1.448 estómagos de reineta provenientes de la pesca comercial (para detalles de muestreos ver objetivo específico 2). Se muestreó mensualmente de enero a agosto del 2016. Las muestras fueron obtenidas desde embarcaciones artesanales (VIII Región) e industrial (XI Región). Cada individuo fue medido, pesado y se identificó su sexo para eviscerarlo removiendo el estómago, el que fue almacenado en bolsa plástica individual debidamente etiquetada. Cada muestra fue congelada a -20°C y luego enviada al laboratorio en la Universidad Andrés Bello (UNAB) en Santiago.

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de Salud de Ecosistemas de la UNAB. De cada estómago analizado se registró la información en su etiqueta y luego la muestra se pesó en balanza electrónica (0,1 g de precisión). Cuidadosamente se separó las presas por taxón, identificando a los individuos al nivel taxonómico más bajo posible. Para cada taxón se contó el número de individuos y se pesó.

Para verificar si el número de estómagos analizados fue adecuado se generó una curva de diversidad trófica acumulada siguiendo a Ferry & Calliet (1996), Cortes (1997) y Gelsleichter *et al.* (1999). En este caso se asume que, cuando se alcanza la asíntota, entonces la dieta será bien caracterizada con ese número de estómagos (con contenido), ya que nuevos ítems de presas serán cada vez menos frecuentes (Letelier *et al.*, 2009).

Las presas tal como peces, crustáceos y moluscos fueron identificadas con el uso de estereomicroscopio (lupa), según claves y descripciones especializadas para crustáceos (Antezana *et al.*, 1976; Retamal, 1981; Retamal, 2000) para crustáceos; Wisner (1976) para peces mictófidios; y Xavier & Cherel (2009) para cefalópodos. Para cada muestra analizada y sus respectivas presas se almacenó tejido para posterior análisis isotópico, los que fueron procesados en el Laboratorio de Análisis Isotópico de la UNAB en Santiago.

Los análisis del contenido estomacal se basan en descriptores cuantitativos propuestos por Hyslop (1980), aunque para este informe sólo se consideró el peso de cada presa (método gravimétrico). Los ejemplares de reinetas fueron separados en distintos grupos según sexo, talla, localidad y estación. Las clases de tallas se dividieron en: Clase I ( $\leq 39$  cm); y Clase II ( $\geq 40$  cm). Las localidades correspondieron a Talcahuano, Lebu y Chacabuco. Finalmente la estacionalidad se agrupó en dos periodos, a saber: enero-abril (verano-otoño temprano) y mayo-agosto (otoño-invierno).

Para establecer diferencias de alimentación se utilizó el test estadístico no-paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar 1999). Los análisis estadísticos se realizaron con el software R (R Core Team 2011) de libre disposición en internet.

En la utilización de las curvas tróficas acumuladas se asume que, cuando se alcanza la asíntota, la dieta estará bien caracterizada con ese número total de estómagos, ya que nuevos taxa de presas serán cada vez menos frecuentes. Gartland (2002) señala que si todos los animales que son sustrato de análisis fueron capturados en el mismo lugar, entonces la asíntota se produciría más rápido; en cambio, si los individuos son colectados en diferentes lugares, entonces se requerirá mayor de estómagos y la asíntota será alcanzada más lentamente. Sin embargo, esta última proveería mejor representación de la dieta (Cortes, 1997; Gelsleichther *et al.*, 1999).

#### 4.7.3.1. Isótopos estables

Se analizó 457 tejidos de reineta, los que fueron agrupados según período de tiempo (enero a abril: 138 tejidos; mayo a agosto: 299 tejidos), talla ( $\leq 39$  cm: 195 tejidos;  $\geq 40$  cm: 260 tejidos) y localidad (Talcahuano: 128 tejidos; Lebu: 84 tejidos; Puerto Chacabuco: 195 tejidos). De las presas en el contenido estomacal de reineta se analizó 213 tejidos debido a que el análisis de modelo mixto requiere trabajar con grupos de presas cercanas para disminuir los errores e incertidumbre (Fry, 2013). Las muestras fueron reunidas en los siguientes grupos: camarones = CAM (*Sergestes arcticus*), cefalópodos = CEF (cefalópodos), clupeidos = CLUPE (sardinas), EUF (eufausidos), MESO (mictofidos y *M. parvipinnis*) y STOMA (stomatópodos).

Para los análisis isotópicos en el laboratorio cada tejido fue reducido hasta ~10 mg y luego lavado con abundante agua mili-Q. Luego todas las muestras fueron secadas por 16-18 horas a 55°C para después extraer el exceso de lípidos en agitación continua, sumergiendo en solución de cloroformo: etanol = 2:1 por 30 minutos en tandas de tres tiempos. Este procedimiento se realiza hasta obtener a una solución blanquecina (Hussey *et al.*, 2010). Posteriormente cada tejido es lavado con agua mili-Q, para extraer la solución y reducirlo hasta alcanzar un rango entre 0,4 y 0,6 mg. Posteriormente cada muestra es depositada en “tin capsules” de estaño de 5 mm x 9 mm. Los tejidos fueron analizados en el Laboratorio de Isótopos Estables de la UNAB en Viña del Mar, los que fueron leídos en espectrómetro de masas en modo de flujo continuo (CF) “Nu-Instruments” modelo Perspective acoplado a un analizador elemental (EA) de Eurovector modelo EA-3024. Los radio isótopos fueron reportados en notación de  $\delta$  con sus desviaciones estándar (Pee Dee Belemita para  $\delta^{13}\text{C}$  y N atmosférico para  $\delta^{15}\text{N}$ ). Por lo tanto, se tiene que:

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ó } \delta^{15}\text{N} = [(R \text{ muestra} / R \text{ estándar}) - 1] \times 10^3$$

donde: R es  $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$  ó  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ , respectivamente. Además, la precisión ha sido registrada en el orden de  $\pm 0,5\%$  para  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\pm 0,2\%$  para  $\delta^{13}\text{C}$ .

Los análisis isotópicos de la alimentación de reineta fueron realizados con el paquete para R “MixSIAR”: Bayesian Mixing Models in R (Moore & Semmens, 2008; Stock & Semmens,

2013) usando las siguientes opciones: para la modelación de las dietas de los predadores se usó modelos de mezcla basado en parsimonia Gaussiana con mixtura “dirichlet-distributed”, expresada en valores promedio por cada individuo. Adicionalmente se incorporó información *a priori* por medio de la estimación de un valor alpha ( $\emptyset$ ), el que se estimó como

$$\emptyset = \frac{Wi}{Ni} + \frac{Ni}{SCA}$$

donde:  $Wi$  y  $Ni$  es el peso y número en estómagos la presa  $i$ , respectivamente;  $SCA$  es el número efectivo de estómagos con contenido estomacal.

Adicionalmente, el paquete “RInSp”: R Individual Specialization (Araujo *et al.*, 2008; Zaccarelli *et al.*, 2013) se utilizó para comparar la dieta entre distintos grupos de predadores analizados en el presente proyecto mediante un índice de sobreposición  $O$ , el cual representa el valor medio de la medida del grado total de la red de sobreposición entre los grupos en estudio, cuyos valores se presenta entre 0 y 1; resultados cercanos a cero corresponden a grupos sin presas en común y cercanos a uno son grupos que consumen la misma presa en fracciones idénticas. Adicionalmente, se estimó un índice de especiación  $E$ , cuyo rango es entre 0 y 1, donde valores cercanos a cero indican que no existe diferencias entre los grupos, y cercanos a uno sugieren que existe alta diferencia entre los grupos evaluados (Araujo *et al.*, 2008; Zaccarelli *et al.*, 2013).

Finalmente se estimó el nivel trófico (NT) promedio para cada grupo de predadores a través de la ecuación de Post (2002):

$$TL = TL_{orgbase} + (\delta^{15}N_{predador} - \delta^{15}N_{orgbase}) / \Delta^{15}N_{predador}$$

Se utilizó como presa base a eufáusidos, cuyo nivel trófico es 2.

Para comparar valores de  $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$  y nivel trófico con el software Past se aplicó el test de Kruskal-Wallis con correcciones de Bonferroni por la naturaleza no paramétrica de los valores y la desigualdad en el número de muestras entre los grupos (Hammer *et al.*, 2001).

- **Consumo de alimento a través de isótopos estables y calorimetría**

La tasa de consumo se calculó con los contenidos estomacales y mediante isótopos estables, en este último caso utilizando la siguiente expresión (Inger *et al.*, 2006):

$$b = d * p / e * a$$

donde: **b** corresponde a la biomasa consumida por día; **d** es el requerimiento energético diario; **p** es la fracción de la presa en la dieta por valores isotópicos; **e** es el valor energético de la presa; **a** es la eficiencia de la asimilación de la presa.

Para calcular la energía (en gramos húmedos) se derivó la siguiente ecuación:

$$\text{Cal en 1 gr húmedo (Calhu)} = (1 - (\% W_i / 100)) * E_i$$

donde: %W es el porcentaje de agua del tejido de la especie i; E es el número de calorías en 1 gramo seco de la especie i.

Para evaluar la importancia energética de cada presa se aplicó la siguiente ecuación, la que denominaremos Índice de Importancia Energética (I.E.):

$$\text{I.E.} = ((E_i \times \Sigma P_i) / F_c) / \Sigma N_i$$

donde:  $E_i$  es la energía entregada por la presa i (en esta ocasión  $E_i$  será igual a Calhu);  $P_i$  corresponde a los pesos totales húmedos en los análisis estomacales de la presa i;  $F_c$  es el factor de corrección de los análisis energéticos;  $N_i$  es el número total de individuos presa de la especie i.

Para disponer de una mejor resolución de I.E, ésta se evaluó (porcentualmente) con la siguiente expresión:

$$\% \text{ I.E} = 100 \text{ IE}_i / \Sigma \text{ I.E}_i$$

La ración diaria (RD) de alimento se calculó con la siguiente ecuación (Harvel & Hardy, 2002):

$$RD = 1,25 \times (G + M)$$

donde: G es la energía diaria de crecimiento; M es la energía diaria metabolizada de las presas. RD es expresado como porcentaje del peso del cuerpo (%BW). De esta manera, G se calcula a partir del modelo de crecimiento individual de von Bertalanffy (VBF), según:

$$Dgr = \Delta t_{n-1} / \text{Num días del año}$$

$$DG \text{ gr} = (Dgr * Wm / Lm) * 1000$$

donde: Wm es el peso promedio; Lm es la longitud promedio proveniente de von Bertalanffy. Las ecuaciones anteriores fueron tomadas de Harvel & Hardy (2002). Para el cálculo de la energía diaria metabolizada de las presas (M) se usó la siguiente expresión:

$$M = (Gt - U) - Dint$$

donde: Gt es la tasa de energía gastada en la respiración; U es orina; Dint corresponde a la energía digerida por cada presa. Todas fueron calculadas como promedios.

Para calcular Dint se derivó la siguiente ecuación:

$$Dint = Fint - Feces$$

donde: Fint es el alimento real ingerido expresado en porcentaje de energía (% Kilojoule), el que se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Fint = Foff - Fref$$

donde: Foff (%Kj) es el alimento total ingerido; Fref (%Kj) es el alimento no asimilado. Este último se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F_{ref} = (\% W * F_{off}) / 100$$

donde: %W es el porcentaje de agua de cada presa. Para obtener los valores de energía gastada por Gt, U y las heces se siguió a Harvel & Hardy (2002), donde Gt corresponde al 7% de la energía total ingerida, U al 3% y heces al 24%.

#### 4.7.3.2. Tasa de evacuación gástrica y ración diaria de alimento

Para reineta se estimó el consumo alimenticio general. Para la estimación de la ración diaria (RD) de alimento es necesario estimar primero la tasa de evacuación gástrica (TEG) a partir de datos del contenido estomacal (Winberg, 1960; Elliot, 1972; Swenson & Smith, 1973; Cortes & Gruber, 1990; Wetherbee & Cortes, 1990; Bromley, 1994; Cortes, 1997; Andersen, 1999; Nillson & Bronmark, 2000; Wetherbee & Cortes, 2004). Se asume que la tasa instantánea de evacuación gástrica (R) se ajusta a un modelo de tipo exponencial. Para artrópodos ( $R_{cr}$ ) (Mehl & Westgård, 1983) y para peces ( $R_{pc}$ ) (Macpherson, 1985) R se obtiene de las siguientes ecuaciones:

$$R_{cr} = 0.005 * e^{0.2*T}$$

$$R_{pc} = 0,0149 * e^{0,1209*T}$$

donde:  $R_{cr}$  es la tasa instantánea de evacuación gástrica para artrópodos;  $R_{pc}$  es la tasa instantánea de evacuación gástrica para peces; T es la temperatura promedio del agua a la profundidad de captura y en un período dado.

La ración diaria de alimento se expresa como la fracción en peso consumida por un predador en un periodo de tiempo determinado. De esta forma se ocupó dos modelos, a saber: (1) de

alimentación continua (Elliot & Persson, 1978); y, (2) de alimentación intermitente (Diana, (1979). El modelo de Elliot & Persson (1978) tiene la siguiente expresión (Método 1):

$$Ct = (St - S_0 e^{-rt}) R / (1 - e^{-rt}); RD = \sum Ct = WR$$

El modelo de Diana (1979) tiene la siguiente expresión (Método 2):

$$F = B / (1-E); RD = S_0 / F$$

donde: Ct es el consumo entre periodos de muestreo; St es la cantidad de alimento en los estómagos al final del intervalo de tiempo; S<sub>0</sub> es la cantidad de alimento en los estómagos al comienzo del periodo de muestreo; R es la tasa de evacuación gástrica; RD es la ración diaria de alimento; W es el peso del alimento en los estómagos; F es la frecuencia de alimentación; B es el tiempo completo de la evacuación gástrica; E es la proporción de estómagos vacíos en la muestra total.

#### **4.7.4. Resultados**

##### **4.7.4.1. Estómagos analizados**

De 1.448 estómagos de reineta analizados, 727 (equivalente a 50,2%) presentaron algún tipo de contenido, mientras que los restantes 721 (49,8%) estuvieron vacíos. El desglose por estómagos analizados por estrato se presenta en la Tabla 39. La curva de diversidad trófica (Fig. 76) alcanzó la asíntota aproximadamente en 200 estómagos.

Tabla 38. Estómagos analizados según período, zona de pesca y rango de tallas de reineta de enero a agosto de 2016.

<b>Estratos</b>	<b>Número de estómagos</b>	
	Vacíos	Con contenido
<b>Período</b>		
Enero- Abril	299	292
Mayo- Agosto	422	435
<b>Total</b>	<b>721</b>	<b>727</b>
<b>Talla</b>		
< 39 cm	103	151
≥ 40 cm	619	575
<b>Total</b>	<b>722</b>	<b>726</b>

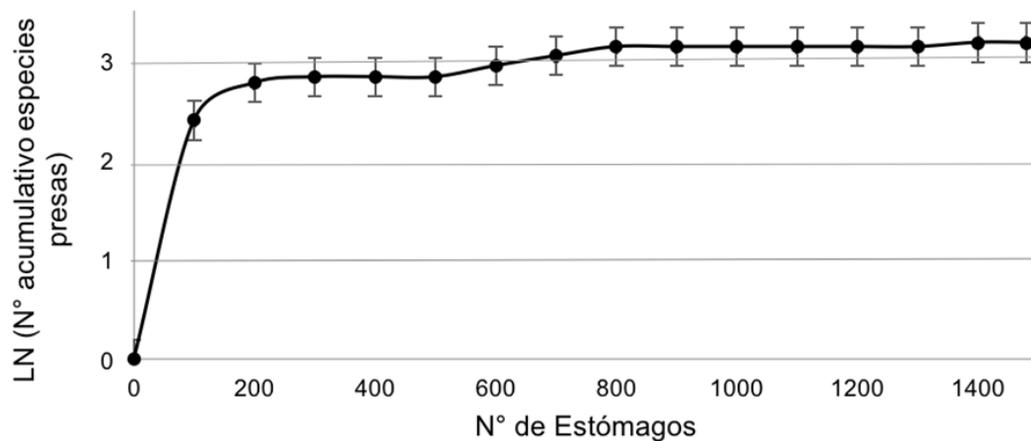


Figura 80. Curva de diversidad trófica para los individuos de *B. australis* para el área y tiempo estudiado.

#### 4.7.4.2. Alimentación general

La alimentación general de reineta estuvo representada por crustáceos (principalmente *Euphausia* con 20% en peso), seguido de peces (principalmente sardina *Strangomera bentincki* con 11%) y cefalópodos (6,4%). La mayor parte de las presas en los estómagos de reineta se encontraban altamente digeridas (Tabla 40)

#### 4.7.4.3. Alimentación por tamaños

- **Clase de talla I:  $\leq 39$  cm**

La alimentación de reineta en el grupo de menor tamaño estuvo compuesta principalmente por *Euphausia* sp. (35% en peso), aunque los crustáceos como macro grupo aportan con 77% en peso, seguido de peces (21%) y cefalópodos (1,93%; Tabla 41).

- **Clase de talla II:  $\geq 40$  cm**

En el grupo de talla de  $\geq 40$  cm de reinetas predominan tanto crustáceos como peces (ambos con 45% del contenido estomacal en peso. El principal ítem de presa es *Euphausia* (19%), seguido de *Strangometa bentinkii* (14%) y cefalópodos (10%; Tabla 42).

Tabla 39. Espectro trófico general de reineta (toda el área de estudio y tiempo del estudio).  
Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.

<b>Ítem</b>	<b>P</b>	<b>%P</b>
<b>Cefalópoda</b>		
<i>Dosidicus gigas</i>	13,47	0,33
<i>Gonatus</i> sp.	1,13	0,03
<i>Graneledone</i> sp.	0,22	0,01
<i>Histioteuthis</i> sp.	0,24	0,01
<i>Ommastrephes bartramii</i>	23,46	0,58
<i>Onykia</i> sp.	4,19	0,10
<i>Todarodes</i> sp.	17,81	0,44
Onychoteuthidae	0,26	0,01
Oegopsida	0,33	0,01
Indeterminado	148,89	3,68
Restos	49,83	1,23
Subtotal	259,83	6,42
<b>Crustacea</b>		
<i>Euphausia mucronata</i>	208,38	5,15
<i>Euphausia</i> sp.	568,95	14,05
<i>Munida gregaria</i>	34,92	0,86
<i>Sergestes arcticus</i>	407,86	10,07
Amphipoda	57,43	1,42
Larva Decapoda	1,05	0,03
Larva Stomatopoda	162,13	4,00
Isopoda	0,09	0,00
Restos	657,12	16,23
Subtotal	2097,93	51,80
<b>Peces</b>		
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	152,27	3,76
<i>Sprattus fueguensis</i>	7,18	0,18
<i>Strangomera bentincki</i>	471,25	11,64
Myctophidae	274,82	6,79
Restos	786,56	19,42
Subtotal	1692	42
<b>TOTAL</b>	<b>4050</b>	<b>100</b>

Tabla 40. Alimentación de reineta para rango de talla I ( $\leq 3.9$  cm) Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso

<b>Ítem</b>	<b>P</b>	<b>%P</b>
<b>Cefalópoda</b>		
<i>Onycoteuthis</i> sp.	9,47	0,90
<i>Onykia</i> sp.	0,54	0,05
Indeterminado	8,72	0,83
Restos	1,55	0,15
Subtotal	20,28	1,93
<b>Crustacea</b>		
<i>Sergestes arcticus</i>	128,00	12,17
<i>Euphausia</i> sp.	370,61	35,23
Amphipoda	57,41	5,46
Restos	249,75	23,74
Subtotal	805,77	76,60
<b>Peces</b>		
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	27,22	2,59
<i>Strangomera bentincki</i>	20,21	1,92
Myctophidae	26,07	2,48
Restos	152,37	14,48
Subtotal	225,87	21,47
<b>TOTAL</b>	<b>1051,92</b>	<b>100,00</b>

Tabla 41. Alimentación de reineta para rango de talla II ( $\geq 40$  cm). Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.

<b>Ítem</b>	<b>P</b>	<b>%P</b>
<b>Cefalópoda</b>		
<i>Dosidicus gigas</i>	13,47	0,42
<i>Ommastrephes bartramii</i>	23,46	0,73
<i>Gonatus</i> sp.	1,13	0,04
<i>Graneledone</i> sp.	0,22	0,01
<i>Histioteuthis</i> sp.	38,36	1,20
<i>Onycoteuthis</i> sp.	7,35	0,23
<i>Onykia</i> sp.	9,33	0,29
<i>Todarores</i> sp.	17,46	0,55
Oegopsida	0,33	0,01
Indeterminado	80,96	2,53
Restos	48,29	1,51
<b>Subtotal</b>	<b>240,36</b>	<b>7,09</b>
<b>Crustacea</b>		
<i>Euphausia mucronata</i>	208,38	6,51
<i>Euphausia</i> sp.	399,31	12,48
<i>Munida gregaria</i>	34,92	1,09
<i>Sergestes arcticus</i>	279,86	8,75
Amphipoda	0,02	0,00
Isopoda	0,09	0,00
Larva Decapoda	1,05	0,03
Larva Stomatopoda	162,13	5,07
Restos	407,37	12,73
<b>Subtotal</b>	<b>1493,13</b>	<b>46,67</b>
<b>Peces</b>		
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	124,36	3,89
<i>Strangomera bentincki</i>	451,04	14,10
<i>Sprattus fueguensis</i>	7,18	0,22
Myctophidae	248,75	7,78
Restos	634,19	19,82
<b>Subtotal</b>	<b>1465,52</b>	<b>45,81</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3199,01</b>	<b>100,00</b>

#### 4.7.4.5. Alimentación por zona

La alimentación de reineta por zona de desembarque es algo diferente (Tabla 43), aunque tales diferencias no son significativas (Test Kruskal-Wallis;  $p > 0.05$ ). En reinetas desembarcadas en Talcahuano dominan crustáceos (73% en peso), de los que *Euphausia* aporta 27%, seguido de larvas de estomatópodos (21%). En los peces dominan los mictófidios (10%) (Tabla 44). En Lebu también dominan los crustáceos (Tabla 45), aunque en Puerto de Chacabuco aportan de manera similar a la dieta los crustáceos (52%) y peces (46%) (Tabla 46).

Tabla 42. Espectro trófico de reineta por localidad de desembarque. Nomenclatura: CEF = Cefalópodos; CRU = Crustáceos; PEC = Peces.

	Talcahuano	Lebu	Chacabuco
CEF	9,2	10,58	2,31
CRU	73,51	50,9	45,74
PEC	17,29	38,53	51,95

Tabla 43. Espectro trófico de reineta desembarcada en Talcahuano. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.

<b>Ítem</b>	<b>P</b>	<b>%P</b>
<b>Cefalópoda</b>		
<i>Ommastrephes bartramii</i>	2,09	0,32
<i>Gonatus</i> sp.	1,13	0,17
<i>Histioteuthis</i> sp.	0,24	0,04
<i>Todarodes</i> sp.	15,01	2,32
Oegopsida	0,33	0,05
Indeterminado	21,29	3,29
Restos	19,49	3,01
<b>Subtotal</b>	<b>59,58</b>	<b>9,20</b>
<b>Crustacea</b>		
<i>Euphausia mucronata</i>	72,08	11,13
<i>Euphausia</i> sp.	102,84	15,88
<i>Munida gregaria</i>	23,25	3,59
Amphipoda	0,73	0,11
Isopodo	0,09	0,01
Larva Decapoda	0,98	0,15
Larva Stomatopoda	138,90	21,45
Restos	137,10	21,17
<b>Subtotal</b>	<b>475,97</b>	<b>73,51</b>
<b>Peces</b>		
<i>Strangomera bentincki</i>	4,00	0,62
Myctophidae	63,51	9,81
Restos	44,46	6,87
<b>Subtotal</b>	<b>111,97</b>	<b>17,29</b>
<b>TOTAL</b>	<b>647,52</b>	<b>100,00</b>

Tabla 44. Espectro trófico de reineta desembarcada en Lebu. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.

<b>Ítem</b>	<b>P</b>	<b>%P</b>
<b>Cefalópoda</b>		
<i>Dosidicus gigas</i>	5,89	0,40
<i>Graneledone</i> sp.	0,22	0,01
<i>Histioteuthis</i> sp.	38,12	2,58
<i>Onikya</i> sp.	4,88	0,33
<i>Onycoteuthis</i> sp.	16,82	1,14
Indeterminado	61,92	4,20
Restos	28,23	1,91
Subtotal	156,08	10,58
<b>Crustacea</b>		
<i>Euphausia</i> mucronata	136,30	9,24
<i>Euphausia</i> sp.	300,64	20,38
<i>Munida gregaria</i>	11,67	0,79
Larva Decapoda	0,07	0,00
Larva Stomatopoda	23,23	1,57
Restos	278,98	18,91
Subtotal	750,89	50,90
<b>Peces</b>		
<i>Strangomera</i> <i>bentincki</i>	467,25	31,67
Myctophidae	48,86	3,31
Restos	52,29	3,54
Subtotal	568,40	38,53
<b>TOTAL</b>	<b>1475,37</b>	<b>100,00</b>

Tabla 45. Espectro trófico de reineta desembarcada en Puerto Chacabuco. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.

<b>Ítem</b>	<b>P</b>	<b>%P</b>
<b>Cefalópoda</b>		
<i>Dosidicus gigas</i>	7,58	0,39
<i>Ommastrephes bartramii</i>	21,37	1,10
<i>Onykia</i> sp.	4,99	0,26
<i>Todarodes</i> sp.	2,80	0,14
Indeterminado	6,16	0,32
Restos	2,11	0,11
Subtotal	45,01	2,31
<b>Crustacea</b>		
<i>Sergestes arcticus</i>	407,86	20,96
<i>Munida gregaria</i>	23,25	1,19
<i>Euphausia</i> sp.	161,41	8,29
Amphipoda	56,70	2,91
Restos	241,04	12,38
Subtotal	890,26	45,74
<b>Peces</b>		
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	151,58	7,79
<i>Sprattus fueguensis</i>	7,18	0,37
Myctophidae	162,45	8,35
Restos	689,81	35,44
Subtotal	1011,02	51,95
<b>TOTAL</b>	<b>1946,29</b>	<b>100,00</b>

#### 4.7.4.6. Alimentación periodo de tiempo

En el periodo enero a abril de 2016 dominan los crustáceos (86%) en la dieta de reineta, principalmente eufáusidos (38%), seguido por peces (11%) y cefalópodos (3,5%) (Tabla 47). Sin embargo, en el periodo de mayo a agosto dominan los peces (60%), seguidos de crustáceos (33%) y cefalópodos (7%) (Tabla 48).

Tabla 46. Espectro trófico de reineta en el período enero-abril de 2016. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.

<b>Ítem</b>	<b>P</b>	<b>%P</b>
<b>Cefalópoda</b>		
<i>Todarodes</i> sp.	5,03	0,34
<i>Gonatus</i> sp.	1,13	0,08
<i>Graneledone</i> sp.	0,22	0,01
<i>Histioteuthis</i> sp.	0,24	0,02
Oegopsida	0,33	0,02
Indeterminado	8,27	0,55
Restos	37,10	2,48
Subtotal	52,32	3,50
<b>Crustacea</b>		
<i>Euphausia mucronata</i>	208,38	13,94
<i>Euphausia</i> sp.	371,60	24,87
<i>Munida gregaria</i>	34,63	2,32
Amphipoda	56,72	3,80
Larva Decapoda	1,05	0,07
Larva Stomatopoda	143,79	9,62
Isopodo	0,09	0,01
Restos	456,32	30,54
Subtotal	1272,58	85,16
<b>Peces</b>		
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	35,49	2,37
<i>Strangomera bentincki</i>	4,00	0,27
Myctophidae	39,11	2,62
Restos	90,83	6,08
Subtotal	169,43	11,34
<b>TOTAL</b>	<b>1494,33</b>	<b>100,00</b>

Tabla 47. Espectro trófico de reineta en el período mayo-agosto de 2016. Nomenclatura: P = peso (g); %P = porcentaje en peso.

<b>Ítem</b>	<b>P</b>	<b>%P</b>
<b>Cefalópoda</b>		
<i>Dosidicus gigas</i>	13,47	0,53
<i>Ommastrephes bartramii</i>	2,46	0,10
<i>Todarodes</i> sp.	12,78	0,51
<i>Histioteuthis</i> sp.	38,12	1,51
<i>Onycoteuthis</i> sp.	16,82	0,67
<i>Onykia</i> sp.	9,33	0,37
Onycoteuthidae	0,26	0,01
Indeterminado	80,80	3,20
Restos Cefalopoda	12,73	0,50
Subtotal	186,77	7,39
<b>Crustacea</b>		
<i>Euphausia</i> sp.	197,35	7,81
<i>Munida gregaria</i>	0,29	0,01
<i>Sergestes arcticus</i>	407,86	16,14
Amphipoda	0,71	0,03
Larva Stomatopoda	18,34	0,73
Restos Crustacea	200,80	7,94
Subtotal	825,35	32,65
<b>Peces</b>		
<i>Strangomera bentincki</i>	467,25	18,49
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	116,78	4,62
Myctophidae	235,71	9,33
Restos	695,73	27,53
Subtotal	1515,47	59,96
<b>TOTAL</b>	<b>2527,59</b>	<b>100,00</b>

#### 4.7.4.7. Análisis de isotopos

El análisis isotópico general de los tejidos musculares de reineta sugiere que a su dieta contribuyen principalmente eufáusidos (~56%) y secundariamente cefalópodos (~19%) (Tabla 49). El nivel trófico de la reineta se estimó en 3,9 para el período y área estudiada (Tabla 50).

Tabla 48. Aporte (en porcentaje) por ítem de presa a la dieta de reineta estimado a través de la técnica de isótopos estables. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufausidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos. Promedio general corresponde al análisis sin separación por estrato.

Presa	Promedio general	Período		Talla (cm)		Localidad de desembarque		
		Enero-Abril	Mayo-Agosto	<39	>40	Talcahuano	Lebu	Pto. Chacabuco
<b>CAM</b>	2,7 ± 11	0,2 ± 2,8	11 ± 21,6	4,7 ± 14,2	3,4 ± 12,2	0,1 ± 1,7	1 ± 7,1	18,9 ± 16,3
<b>CEF</b>	19 ± 27,7	10,7 ± 22,5	21,4 ± 29,1	20,7 ± 28,3	16,9 ± 26,5	8 ± 21,9	18,2 ± 26,5	23,3 ± 17,7
<b>CLUPE</b>	14 ± 23,6	4,2 ± 14,8	19,1 ± 27,6	7,2 ± 17,4	15 ± 25,1	16,2 ± 22,4	39,1 ± 33,7	19,5 ± 16,3
<b>EUF</b>	56,3 ± 35	69,8 ± 32,6	42,1 ± 35,3	61,9 ± 33,2	55,7 ± 34,5	47,2 ± 39,9	36,8 ± 33	18,7 ± 16,2
<b>MESO</b>	3,4 ± 12,1	3 ± 12	4,9 ± 15	4,5 ± 14,6	3 ± 11,7	1,7 ± 7,9	3,8 ± 13,1	19,6 ± 16,2
<b>STOMA</b>	4,5 ± 13,9	12,2 ± 23,9	1,6 ± 9,2	0,9 ± 6,8	6 ± 16,2	26,8 ± 31,3	1,1 ± 6,9	0,00

Tabla 49. Valores promedio de isótopos estables  $\pm$  desviación estándar y nivel trófico (NT) de reineta por período, talla y localidad de desembarque. General corresponde al análisis sin separación por estrato

		$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	NT
General		$-15,89 \pm 0,80$	$16,94 \pm 2,33$	3,9
Período	Enero-Abril	$-15,93 \pm 0,56$	$16,91 \pm 2,30$	3,9
	Mayo-Agosto	$-15,83 \pm 0,89$	$16,98 \pm 2,37$	4,0
Talla	$\leq 39$ cm	$-16,06 \pm 1,03$	$15,88 \pm 1,73$	3,6
	$\geq 40$ cm	$-15,76 \pm 0,55$	$17,71 \pm 2,40$	4,2
Localidad de desembarque	Talcahuano	$-15,75 \pm 0,58$	$17,57 \pm 2,79$	4,1
	Lebu	$-15,59 \pm 0,43$	$18,69 \pm 1,48$	4,5
	Puerto Chacabuco	$-15,96 \pm 1,00$	$15,86 \pm 1,70$	3,6

En análisis dietario isotópico de reineta por periodos de pesca reveló que la principal presa corresponde a eufáusidos (70%) en enero-abril (verano y principios de otoño) de 2016, lo que disminuye a 42% en el período mayo-agosto (otoño-invierno) (Tabla 49), correlacionándose con los índice de sobreposición ( $O$ ) y de especialización ( $E$ ) ( $O = 0,62$ ;  $E = 0,38$ ), sugiriendo que entre los dos períodos de tiempo existió una leve diferenciación en el uso de los recursos tróficos (alimento). Adicionalmente, no se registró diferencias significativas en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ni  $\delta^{15}\text{N}$  ( $p = 0,66$  y  $p = 0,74$ , respectivamente), como tampoco en el nivel trófico ( $p = 0,738$ ) (Tabla 50).

Al comparar entre los distintos tamaños de reineta los índices de sobreposición ( $O = 0,86$ ) y de especialización ( $E = 0,16$ ) sugieren que los dos grupos de tamaños de reineta ( $\leq 39$  cm y  $\geq 40$  cm) no difieren en la alimentación de las presas (Tabla 49). Sin embargo, los resultados revelan diferencias significativas entre ambos grupos de tamaños de reineta respecto a los valores de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y nivel trófico ( $p < 0,001$  en todos los casos), sugiriendo que los ejemplares de reineta de tallas mayores ( $\geq 40$  cm) están más enriquecidas en  $\delta^{15}\text{N}$ , con un nivel trófico superior (Tabla 50).

En el análisis de la dieta isotópica por zona de desembarque de reineta revela un gradual cambio latitudinal en la importancia de las presas, caracterizándose Puerto Chacabuco por alguna homogeneidad en la importancia de las presas (Tabla 49). Los índices de sobreposición ( $O = 0,45$ ) y de especialización ( $E = 0,54$ ) sugieren que entre Talcahuano y Puerto Chacabuco existió baja similitud en el uso de recursos presa, situación contraria a las comparaciones entre Talcahuano y Lebu ( $O = 0,64$ ;  $E = 0,34$ ), y entre Lebu y Puerto Chacabuco ( $O = 0,61$ ;  $E = 0,39$ ), lo que indica que las mayores diferencias respecto a la dieta de reineta está dada entre las localidades más lejanas. Al comparar los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  (Tabla 50) entre Talcahuano y Lebu no se registran diferencias significativas respecto a  $\delta^{13}\text{C}$  ( $p = 0,09$ ), pero si en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $p < 0,001$ ) y nivel trófico ( $p = 0,006$ ), relacionado con el mayor enriquecimiento en nitrógeno de los peces en Lebu y su mayor nivel trófico. Al analizar los datos de Puerto Chacabuco, éste difiere significativamente con las otras dos localidades tanto en  $\delta^{13}\text{C}$  como en  $\delta^{15}\text{N}$  y nivel trófico ( $p < 0,001$  en los tres casos) dado por menos alimento enriquecido en nitrógeno y nivel trófico, y mayor dispersión de los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  respecto Talcahuano y Lebu.

#### **4.7.4.8. Estimación del aporte energético de reinetas**

Los resultados de la aplicación de los métodos energéticos para la estimación de adición de biomasa y su aporte en calorías señalan que la reineta presentó en promedio  $4,41 \pm 0,86$  calorías por gramo de músculo, equivalente a 441 calorías por cada 100 g de peso corporal del pez.

#### **4.7.4.9. Consumo de alimento a través de métodos indirectos a través de contenido estomacal**

Los individuos de reineta presentaron consumo alimenticio de 2,91 g/h (Tabla 51). La tasa de evacuación gástrica se determinó en 0,3 g/h, de lo que se infiere que la reineta es predador con alimentación frecuente debido a que 2,91 g (peso promedio encontrado en los contenidos

estomacales) podría digerirlo en aproximadamente 10 horas. Con el método 1 (Elliot & Persson 1978) se estimó que la ración diaria (RD) de alimento de reineta es 209,4 g/día, lo que equivale a 10,43% del peso corporal. RD2 de la reineta se estimó en 21,08 g/día, lo que equivale a 1% de su peso promedio. En la Tabla 52 se presenta resultados de consumo, biomasa y razón consumo/biomasa por períodos del año (mensual, trimestral, semestral y anual). Para una biomasa de reineta de 2,12 t, se calculó que mensualmente  $Q = 3,5$  t y  $Q/B = 1,65$ . Para 120 días, (trimestre)  $Q = 13,9$  t con la razón de  $Q/B = 6,6$ .

Los resultados de consumo de reineta por período (verano-principio de otoño, esto es, enero-abril; y otoño-invierno, esto es, mayo-agosto) son presentados en las Tablas 53, 54, 55 y 56. De allí se desprende que en verano-principio de otoño los individuos de reineta presentan consumo de alimento de 1,14 g/h (Tabla 53). La tasa de evacuación gástrica se determinó en 0,36 g/h y RD2 en 9,9 g/día, equivalente a 1% del peso corporal. En la Tabla 54 muestra la razón consumo/biomasa semestralmente, esto es,  $Q/B = 1,08$ . Para invierno (Tablas 55 y 56), la reineta presentó consumo alimenticio de 1,14 g/h (Tabla 54); RD2 se estableció en 8.11 gr/día. En la Tabla 56 muestra el consumo/biomasa semestralmente de  $Q/B = 1,1$ . Resultados análogos se presentan para individuos de reineta desembarcados en Puerto Chacabuco (Tablas 57 y 58), Lebu (Tablas 59 y 60) y Talcahuano (Tablas 61 y 62). Los consumos para individuos inmaduros de reineta se presentan en las Tablas 63 y 64, y para individuos inmaduros en las Tablas 65 y 66.

Tabla 50. Consumo de alimento de reineta a través de contenidos estomacales, año 2016. Nomenclatura: Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufáusidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.

	Total	CAM	CEF	CLUPE	EUF	MESO	STOMA
TEG (g/h)	0,30	0,26	0,38	0,27	0,22	0,23	0,37
Wprom contenido (g)	2,91	12,75	0,53	52,40	6,80	4,06	0,16
Tasa incorporación (g/h)	172,02	157,72	363,93	360,88	39,20	39,99	154,14
RD1 (g/día)	2094,33	1920,29	4430,80	4393,69	477,26	486,90	1876,68
RD2 (g/día)	21,08	80,76	4,81	338,93	35,23	22,21	1,40
RD1/W	10,43	1,31	3,02	2,99	0,32	0,33	1,28
RD2/W	1	0,05	0,00	0,23	0,02	0,02	0,00

Tabla 51. Razón consumo/biomasa a nivel general de reineta, año 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días

	Q (días)			
	30	120	180	365
Biomasa (t)				2,12
Q (t)	3,50	13,99	20,98	42,54
Q/B (adimensional)	1,65	6,60	9,90	20,07

Tabla 52. Estimación del consumo de alimento de reineta en el primer semestre de 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufáusidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.

	Total	CEF	EUF	MESO	STOMA
TEG (gr/hora)	0,36	0,25	0,25	0,18	0,36
Wprom contenido (gr)	1,14	0,09	8,86	3,06	0,08
Tasa incorporación (g/h)	469,62	12,28	117,06	11,96	126,02
RD1 (gr día)	6269,43	163,91	1562,73	159,72	1682,35
RD2 (gr día)	9,90	0,55	53,57	13,04	0,73
RD1/W	3,79	0,10	0,95	0,10	1,02
RD2/W	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00

Tabla 53. Razón consumo/biomasa de reineta en el primer semestre de 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica de este estrato. Q calculado solo para 180 días.

Biomasa (toneladas)	1,07
Tiempo (días)	180
Q (toneladas)	1,15
Q/B (adimensional)	1,08

Tabla 54. Estimación del consumo de alimento de reineta en el segundo semestre de 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufáusidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.

	Total	CAM	CEF	CLUPE	EUF	MESO	STOMA
TEG (g/h)	0,3	0,24	0,22	0,25	0,2	0,22	0,3
Wprom contenido (g)	1,14	12,75	12,61	52,4	3,91	4,62	0,61
Tasa incorporación (g/h)	80,02	80,81	54,96	182,71	20,36	30,85	59,15
RD1 (g/día)	880,23	888,87	604,57	2009,79	223,99	339,38	650,62
RD2 (g/día)	8,11	73,46	67,42	308,3	19,2	24,31	4,33
RD1/W	0,66	0,67	0,46	1,51	0,17	0,26	0,49
RD2/W	0,01	0,06	0,05	0,23	0,01	0,02	0

Tabla 55. Razón consumo/biomasa de reineta en el segundo semestre de 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica de este estrato. Q calculado solo para 180 días.

Biomasa (toneladas)	1,26
Tiempo (días)	180
Q (toneladas)	1,39
Q/B (adimensional)	1,10

Tabla 56. Estimación del consumo de alimento de reineta desembarcada en Puerto Chacabuco en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufáusidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.

	Total	CAM	CEF	EUF	MESO
TEG (g/h)	0,23	0,24	0,28	0,26	0,21
Wprom contenido (g)	6,13	12,75	5,77	4,60	4,00
Tasa incorporación (g/h)	48,16	78,73	131,73	68,13	21,98
RD1 (g/día)	527,33	862,12	1442,43	746,04	240,70
RD2 (g/día)	34,33	73,18	39,03	28,26	19,95
RD1/W	0,47	0,76	1,28	0,66	0,21
RD2/W	0,03	0,06	0,03	0,03	0,02

Tabla 57. Razón consumo/biomasa de reineta en la zona de Puerto Chacabuco en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días.

Tiempo (días)	30	120	180	365
Biomasa (t)				1,01
Q (t)	0,92	3,69	5,53	11,21
Q/B (adimensional)	0,91	3,65	5,47	11,10

Tabla 58. Estimación del consumo de alimento de reineta desembarcada en Lebu en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufáusidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.

	<b>Total</b>	<b>CLUPE</b>	<b>EUF</b>	<b>MESO</b>	<b>STOMA</b>
TEG (g/h)	0,37	0,3	0,2	0,26	0,36
Wprom contenido (g)	2,19	52,4	7,45	6,51	0,08
Tasa incorporación (g/h)	725,33	850,9	28,93	120,76	131,9
RD1 (g/día)	9719,44	11402,03	387,67	1618,21	1767,44
RD2 (g/día)	19,25	378,1	34,97	40,6	0,73
RD1/W	5,59	6,56	0,22	0,93	1,02
RD2/W	0,01	0,22	0,02	0,02	0

Tabla 59. Razón consumo/biomasa de reineta en la zona de Lebu en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días

Tiempo (días)	30	120	180	365
Biomasa (t)				0,91
Q (t)	0,30	1,21	1,81	3,68
Q/B (adimensional)	0,33	1,33	1,99	4,04

Tabla 60. Estimación del consumo de alimento de reineta desembarcada en Talcahuano en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufáusidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.

	Total	CEF	EUF	MESO	STOMA
TEG (g/h)	0,35	0,31	0,25	0,15	0,35
Wprom contenido (g)	1,09	0,16	4,35	3,98	0,38
Tasa incorporación (g/h)	363,22	54,01	85,24	7,48	194,56
RD1 (gr día)	4867,13	723,76	1142,25	100,17	2607,05
RD2 (gr día)	9,2	1,16	26,46	14,68	3,18
RD1/W	2,65	0,39	0,62	0,05	1,42
RD2/W	0,01	0	0,01	0,01	0

Tabla 61. Razón consumo/biomasa de reineta en la zona de Talcahuano en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días.

Tiempo (días)	30	120	180	365
Biomasa (t)				0,73
Q (t)	0,11	0,44	0,66	1,34
Q/B (adimensional)	0,15	0,60	0,90	1,83

Tabla 62. Estimación del consumo de alimento de individuos inmaduros de reineta desembarcada en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufáusidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustáceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.

	Total	CAM	EUF	MESO
TEG (g/h)	0,25	0,26	0,20	0,22
Wprom contenido (g)	7,17	12,08	9,14	3,47
Tasa incorporación (g/h)	79,55	139,08	29,83	30,42
RD1 (g/día)	968,51	1693,33	363,15	370,37
RD2 (g/día)	42,32	75,26	43,35	18,27
RD1/W	1,15	2,02	0,43	0,44
RD2/W	0,05	0,09	0,05	0,02

Tabla 63. Razón consumo/biomasa de individuos inmaduros reineta en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días.

Tiempo (días)	30	120	180	365
Biomasa (t)		0,29		
Q (t)	0,44	1,76	2,63	5,34
Q/B (adimensional)	1,51	6,05	9,08	18,41

Tabla 64. Estimación del consumo de alimento de individuos maduros de reineta desembarcada en 2016 a través de contenidos estomacales. Nomenclatura: CAM = Camarones; CEF = Cefalopodos; CLUPE = Clupeideos; EUF = Eufáusidos; MESO = Peces mesopelágicos; STOMA = Crustaceos stomatopodos; TEG Tasa de evacuación gástrica; Wprom = peso promedio del contenido estomacal; RD1 Ración diaria calculada por el método 1; RD2 = Ración diaria calculada por el método 2; RD1/W = Consumo por peso corporal a través del método 1; RD2/W = Consumo por peso corporal a través del método 2.

	<b>Total</b>	<b>CAM</b>	<b>CEF</b>	<b>CLUPE</b>	<b>EUF</b>	<b>MESO</b>	<b>STOMA</b>
TEG (gr/hora)	0,32	0,27	0,38	0,27	0,22	0,23	0,37
Wprom contenido (gr)	2,33	13,17	0,53	52,40	6,41	4,17	0,16
Tasa incorporación (gr/hora)	225,48	182,80	363,93	360,88	42,71	42,68	154,14
RD1 (gr día)	2745,17	2225,60	4430,80	4393,69	519,97	519,57	1876,68
RD2 (gr día)	17,86	85,35	4,81	338,93	33,96	23,05	1,40
RD1/W	1,71	1,39	2,76	2,73	0,32	0,32	1,17
RD2/W	0,01	0,05	0,00	0,21	0,02	0,01	0,00

Tabla 65. Razón consumo/biomasa de individuos maduros reineta en 2016. Biomasa calculada solo por los individuos analizados para la parte trófica. Q calculado para 30, 120, 180 y 365 días.

Tiempo (días)	30	120	180	365
Biomasa (t)				2,37
Q (t)	0,79	3,16	4,74	9,62
Q/B (adimensional)	0,33	1,33	2,00	4,06

#### 4.7.5. Discusión

El número de estómagos analizados en este trabajo (mínimo  $n = 200$  por localidad) es suficiente para la adecuada descripción de la dieta de reineta (Fig. 76). Los resultados cuantitativos de los análisis de contenido y de la estabilidad isotópica coinciden en señalar la importancia de eufáusidos como presa principal, concordando con Muñoz *et al.* (1995), García & Chong (2002) y Santa Cruz *et al.* (2014). Otros autores como Mead (1972), Pavlov (1972) y Pearcy *et al.* (1993) describen la alimentación de especies congéneres de la Familia Bramidae compuesta de calamares, eufáusidos y peces de pequeño tamaño. Esta similitud trófica pudiese estar asociada a características morfológicas y evolutivas, donde su cuerpo aplanado lateralmente, el tamaño de sus aletas pectorales y la forma de la cola hacen de *Brama* un predador pelágico con preferencias en pequeños crustáceos (Muñoz *et al.* 1995).

De acuerdo a lo descrito por Watanabe *et al.* (2003) para otra especie, en el presente trabajo también se manifestaron diferencias entre 1 clases de tallas, sugiriendo diferenciación en las preferencias alimentarias relacionadas al tamaño corporal, lo que puede deberse a patrones biológicos como cambios en la fisiología y la conducta o alguna diferenciación espacial (Wootton 1998). Siguiendo la hipótesis que la ontogenia alimenticia está supeditada a la variación de la oferta en el ambiente, la fluctuación alimentaria también puede relacionarse con la disponibilidad ambiental de eufáusidos asociados a periodos de alta productividad primaria (Fernández *et al.* 2002), postulando que la ontogenia de reineta estaría dada por presentar características oportunistas. En este sentido, Antezana (1981) reportó que la dieta de *B. australis* estaba compuesta casi en su totalidad por eufáusidos, coincidente con la abundancia de especies como *E. mucronata*, *E. lamelligera* y *Nyctiphanes simplex*. Similares resultados han sido reportados para *B. japonica*, cuya principal presa es el calamar, y que predomina en aguas del Océano pacífico Noroccidental (Pearcy *et al.* 1993). La hipótesis que sustenta a la ontogenia de reineta es favorecida por la abundancia de la oferta ambiental, principalmente sujeta la doctrina de que la oferta ambiental de las presas de reineta presenta fluctuaciones naturales en abundancia y distribución que obedecen a factores propios de su historia de vida o a de su hábitat (Lagler *et al.* 1990; Nelson 1994).

Los valores de isótopos estables (Tabla 50) para *Brama australis* reportados en este trabajo difieren con lo descrito para otras especies congéneres como *B. japonica* ( $\delta^{15}\text{N}$   $10.9 \pm 2.1$ ;  $\delta^{13}\text{C}$   $-19.2 \pm 0.8$ ), *B. brama* ( $\delta^{15}\text{N}$   $13.4 \pm 0.3$ ;  $\delta^{13}\text{C}$   $-18.1 \pm 0.3$ ) y *B. orconi* ( $\delta^{15}\text{N}$   $13.4 \pm 0.6$ ;  $\delta^{13}\text{C}$   $-18.2$ ) (Gould *et al* 1997; Revill *et al* 2009; Carlisle *et al* 2015). Por lo tanto, los ejemplares de reineta presentes frente a las costas de Chile presentan nivel trófico superior y tienen uso diferenciado de la columna de agua, posiblemente relacionado a aguas más profundas o cercanas a la costa (Post 2002; Newsome *et al* 2007).

En términos de consumo alimenticio, la reineta se ajusta a las características de un predador carnívoro con alimentación frecuente debido a los valores estimados de su tasa de evacuación y ración diaria. Diversos son los factores que hacen que un predador presente alimentación frecuente y que tienen relación con las presas según las siguientes hipótesis: 1) densidad, 2) efectos conspecíficos y 3) efectos de los predadores (Harvey & Hardy 2002). El patrón de consumo de reineta se ajusta a la primera hipótesis alimenticia. En efecto, la alta densidad de eufáusidos como presa hace de la reineta un predador con alimentación frecuente. De hecho, la relación entre el número de presas por predador y la densidad de las presas está asociada a una respuesta funcional, esto es, a mayor densidad de las presas, mayor será la captura, por lo tanto mayor será el consumo (Wootton 1998).

La evaluación de los modelos de consumo de Elliot & Persson (1978) y Diana (1979) mediante estómagos y, por otro lado, el de isótopos estables muestran que en este estudio no se ajustó el modelo de Elliot & Persson (1978). Frecuentemente se asume que el modelo Elliot & Persson (1978) es el más adecuado para peces con alimentación frecuente. Sin embargo, diversos factores hacen de este modelo irreal. Por ejemplo, las múltiples presas que presenta un predador hacen que el modelo de Elliot & Persson (1978) entreguen valores irreales, como también TEG con curvas no exponenciales (Cortes & Grubber 1990). Por lo tanto, los modelos de Diana (1979) y el de estabilidad isotópica se ajustan mejor a los patrones de consumo de los ejemplares de reineta frente a Chile.

#### **4.7.6. Conclusiones**

- La reineta presenta alimentación basada principalmente en crustáceos (mayormente eufáusidos), seguido de peces y cefalópodos.
- Los individuos de reineta presentan diferente espectro de presas dependiendo del tamaño del predador, esto es, peces de menor tamaño se alimentan principalmente de eufáusidos, y peces de mayor tamaño se alimentan principalmente de pequeños peces pelágicos.
- Los valores de estabilidad isotópica posicionan a la reineta como especie pelágica que se alimenta en zonas costeras.
- La reineta presenta patrón de consumo del tipo frecuente con tasa de evacuación gástrica de 0,3 gr / hora, equivalente a un consumo promedio de 1% de su peso corporal por día.

#### 4.7.7. Referencias Bibliográficas

- Antezana T, Aguirre N & R Bustamante. 1976. Clave ilustrada y distribución latitudinal de los eufáusidos del Océano Antártico (Crustacea, Zooplancton). Ser. Cient. Antárt. Chileno. 4(1):53-68.
- Antezana T .1981. Zoogeography of euphausiids of the South Eastern Pacific Ocean. Memorias del seminario sobre indicadores biológicos del plancton. UNESCO, Montevideo, pp. 5-23.
- Araujo MS, Jr PR Guimaraes, R Svanback, A Pinheiro, P Guimaraes, SF dos Reis & DI Bolnick. 2008. Network analysis reveals contrasting effects of intraspecific competition on individual vs. population diets. Ecology 89: 1981-1993.
- Botsford LW, JC Castilla, CH Peterson. 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. Science 277, 509–515.
- Carlisle AB, KJ Goldman, SY Litvin, DJ Madigan, JS Bigman, AM Swithenbank & BA Block. 2015. Stable isotope analysis of vertebrae reveals ontogenetic changes in habitat in an endothermic pelagic shark. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 282(1799), 20141446.
- Chiaradia A, M Forero, J McInnes & F Ramirez F. 2014. Searching for the true diet of marine predators: incorporating Bayesian priors into stable isotope mixing models. PLoS ONE 9(3): e92665. doi:10.1371/journal.pone.0092665.
- Christensen V & D Pauly (eds.). 1993. Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM Conference Proceedings, 26: 390 p.
- Cortes E 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 726-738.
- Cortes E & Gruber S. 1990. Diet, Feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). Copeia 1:204-218
- DeNiro MJ, S Epstein. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. Geochim Cosmochim Acta 45:341–351. doi:10.1016/0016-7037(81)90244-1
- Dixon HJ, JB Dempson & M Power. 2015. Assessing the use of different marine growth zones of adult Atlantic salmon scales for studying marine trophic ecology with stable isotope analysis. Fisheries Research 164:112–119.

- Diana J. 1979. The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike, *Esox lucius*. *Can. J. Zool.* 57: 2121-2128.
- Du J, w Cheung, X Zheng, B Chen, J Liao & W Hu. 2015. Comparing trophic structure of a subtropical bay as estimated from mass-balance food web model and stable isotope analysis. *Ecological Modelling* 312:175–181
- Elliot JM & Persson L. 1978. The estimation of daily rates of food consumption for fish. *J. Anim. Ecol.* 47:977-991
- Fernández D, R Escribano & P Hidalgo. 2002. Distribución de eufáusidos en el sistema de surgencia frente a la península de Mejillones (23°S) asociada a condiciones previas y durante El Niño 1997-98. *Investigaciones Marinas.* 30(1):25-43.
- Ferry L. & G.M. Caillet. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly? In: D. MacKinlay & K. Shearer (ed.). *Feeding ecology and nutrition in fish, Symposium Proceedings.* American Fisheries Society, San Francisco, pp. 71-80.
- Fry B. 2013. Alternative approaches for solving underdetermined isotope mixing problems. *Marine Ecology Progress Series*, 472, 1-13.
- García M & J Chong. 2002. Composición de la dieta de *Brama australis* Valenciennes 1837 en la zona centro sur de Chile (VIII región) en otoño de 2000 y verano de 2001. *Gayana* 66: 225-230.
- Gartland J. 2002. Diet composition of young-of-the-year bluefish, *Pomatomus saltatrix*, in the lower Chesapeake Bay and Virginia's coastal ocean. Master's Thesis, College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia, USA.
- Gelsleichter J, JA Musick & S Nichols. 1999. Food habits of the smooth dogfish, *Mustelus canis*, dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terranova*, and the sand tiger, *Carcharias taurus*, from the northwest Atlantic Ocean. *Environmental Biology of Fishes* 54:205-217.
- Gould P, Ostrom P, & W Walker. 1997. Trophic relationships of albatrosses associated with squid and large-mesh drift-net fisheries in the North Pacific Ocean. *Canadian Journal of Zoology*, 75(4), 549-562.
- Hammer Ø, DAT Harper & PD Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4.
- Harvel, JV & RW Hardy. 2002. *Fish Nutrition.* Academic press. San Diego CA. USA, 839 p.

- Mehl, S. & Westgard, T. 1983. Gastric evacuation rates in Mackerel (*Scomber japonicus*) ICES C.M./H:33. Pelagic Fish. Comm: 11.
- Horn P, J. Forman & M. Dunn. 2013. Moon phase influences the diet of southern ray's bream *Brama australis*. J. Fish Biol., 82(4): 1376-1389.
- Hussey NE, MacNeil MA, Fisk AT. 2010. The requirement for accurate diet-tissue discrimination factors for interpreting stable isotopes in sharks. Hydrobiologia 654:1–5. doi: 10.1007/s10750-010-0361-1
- Hyslop E.J. 1980. Stomach contents analysis, a review of methods and their application. Journal of Fish Biology 17:711- 429.
- Inger R, Ruxton G, Newton J, Colhoun K, Mackie K, Robinson J & Bearhop S. 2006. Using daily ration models and stable isotopes analysis to predict biomass depletion by herbivores. Journal of Applied Ecology. 43:1022-1030.
- Lagler, K., J. Bardach, R. Miller & D. May Passino. 1990. Ictiología. AGT editor. México, Primera edición, 489 pp.
- Last P. 1994. Rays bream. A new pelagic fishery? Australian Fisheries. 20:19-22.
- Lauder GV & KF Liem. 1983. The evolution and interrelation of the Actinopterygian fishes. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology 150: 95-197
- Letelier S, R Meléndez, E Carreño, S López & P Barría. 2009. Alimentación y relaciones tróficas del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758), frente a Chile centro-norte durante 2005. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(1): 107-119
- MacNeil MA, Drouillard KG, Fisk AT (2006) Variable uptake and elimination of stable nitrogen isotopes between tissues in fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 63:345–353. doi:10.1139/f05-219
- McCarthy ID, D Fraser, S Waldron & CE Adams. 2004. A stable isotope analysis of trophic polymorphism among Arctic charr from Loch Ericht, Scotland. J. Fish. Biol. 65, 1435–1440.
- Mead, G. W. 1972. Bramidae. Dana Report. 81:1-175
- Moore JW, Semmens BX (2008) Incorporating uncertainty and prior information into stable isotope mixing models. Ecol. Lett. 11:470–480

- Muñoz G, N Cortez, M Arriaza & C Oyarzún. 1995. Alimentación de una especie poco conocida *Brama australis* Valenciennes 1836 (Pisces: Bramidae) en la costa Centro Sur de Chile. *Biología Pesquera* 24: 51-55.
- Murawski, S, Methot, R & G Tromble. 2007. Biodiversity loss in the Ocean: How bad is it? *Science* 316, 1281.
- Newsome SD, C Martinez del Rio, S Bearhop, & DL Phillips. 2007. A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(8), 429-436.
- Nilsen M, T Pedersen, EM Nilssen & S Fredriksen. 2008. Trophic studies in a highlatitude fjord ecosystem-a comparison of stable isotope analyses ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) and trophic level estimates from a mass-balance model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65, 2791–2806.
- Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the world*. 3rd edition. John Wiley & Sons Inc, USA, 539 p.
- Oyarzún, C. 2001. Catálogo de los peces presentes en el sistema de corrientes de Humboldt frente a Chile Centro-Sur. Material de apoyo para los cursos de Biología de Recursos II y Biología de Peces. Departamento de Oceanografía. Sección Pesquerías. Universidad de Concepción, Chile.
- Pauly D, V Christensen & C Walters. 2000. Ecopath, Ecosim and Ecospace as tools evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 697-706.
- Pavlov YP. 1991. Information on morphometrics and ecology of Pomfrets of the Genus *Brama* inhabiting the Southeastern Pacific Ocean. *Journal of Ichthyology* 31(2):120-124.
- Pearcy WG, JP Fisher & MM Yoklavich. 1993. Biology of the Pacific pomfret (*Brama japonica*) in the North Pacific Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 50:2608-2625.
- Popp BN, Graham BS, Olson RJ, Hannides CCS, Lott MJ, Lopez- Ibarra GA, Galvan-Magafia & FB Fry. 2007. Insight into the trophic ecology of yellowfin tuna *Thunnus albacares*, from compound specific nitrogen isotope analysis of proteinaceous amino acids. In: Dawson TE, Siegwolf R (eds). *Stable isotopes as indicators of ecological change*. Academic press, Elsevier
- Post D. 2002. Using stable methods to estimate trophic positions: models, methods and assumptions. *Ecology* 83:703-718

- Post DM. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83:703–718. doi: Doi 10.2307/3071875
- R Development Core Team. 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Retamal M. 1981. Catálogo Ilustrado de los Crustáceos Decápodos de Chile. *Gayana Zool.* 44: 1-110.
- Retamal M. 2000. Catálogo multimedia de los crustáceos decápodos de Chile. World Biodiversity Data Base ETI series.
- Revell AT, Young JW & M Lansdell. 2009. Stable isotopic evidence for trophic groupings and bio-regionalization of predators and their prey in oceanic waters off eastern Australia. *Mar. Biol.* 156:1241–1253
- Santa Cruz F, Oyarzún C, Aedo G & P Gálvez. 2014. Hábitos tróficos de la reineta *Brama australis* durante el periodo estival frente a Chile central. *Latin American Journal Aquatic Research* 42(5): <http://dx.doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-24>
- Sara G & Sara R. 2007. Feeding habits and trophic levels of bluefin tuna *Thunnus thynnus* of different size classes in the Mediterranean Sea. *J. Appl. Ichthyol.* 23:122–127. doi:10.1111/j.1439-0426.2006.00829.
- Seki M & B Mundi. 1991. Some notes on the early life stages of the Pacific Pomfret, *Brama japonica*, and other Bramidae from the Central North Pacific Ocean. *Japanese Journal of Ichthyology* 38: 63-68.
- Stock BC, Semmens BX (2013) MixSIAR GUI User Manual. Version 3.1. <https://github.com/brianstock/MixSIAR>. doi: 10.5281/zenodo.56159.
- Walters C, V Christensen & D Pauly. 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Rev. Fish Biol.*, 7: 139-172.
- Watanabe et al. (2003): Watanabe, H., Kubodera, T. & Kawahara, S. (2003). Feeding habits of Pacific pomfret *Brama japonica* in the transition zone of the central North Pacific. *Fisheries Science* 69, 269–276. doi: 10.1046/j.1444-2906.2003.00617.x
- Wisner R. 1976. The taxonomy and distribution of Lanternfishes (Family Myctophidae) of the Eastern Pacific Ocean. *NORDA Report* 3: i-vii + 1-220.
- Wolf N, Carleton SA & CM del Rio. 2009. Ten years of experimental animal isotope ecology. *Funct. Ecol.* 23, 17–26.

- Worm B, Hilborn R, JK Baum, TA Branch, JS Collie, C Costello, MJ Fogarty, EA Fulton, JA Hutchings, S Jennings, OP Jensen, HK Lotze, PM Mace, TR McClanahan, C Minto, SR Palumbi, AM Parma, D Ricard, AA Rosenberg, R Watson & D Zeller. 2009. Rebuilding global fisheries. *Science* 325, 578–585.
- Wootton RJ. 1998. Ecology of teleost of fishes. 2 ed. Kluwer academic publishers. Fish and Fisheries Series 24. Dordrech, The Netherlands, 386 p.
- Xavier JC & Y Cherel. 2009. Cephalopod Beak Guide for the Southern Ocean. British Antarctic Survey, Cambridge, UK, 129 p.
- Young JW, MJ Lansdell, S Riddoch & AT Reville. 2006. Feeding ecology of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, off easter Australia in relation to physical and environmental variables. *Bull. Mar. Sci.* 79:793–810
- Zaccarelli N, DI Bolnick & G Mancinelli. 2013. RInSp: an r package for the analysis of individual specialization in resource use. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(11), 1018-1023.
- Zar J. 1999. Biostatistical analysis. 4<sup>th</sup> ed. Prentice hall, Princeton, NJ, USA, 663 pp.

#### 4.8. Objetivo Específico 7

Formular un modelo conceptual de la historia de vida del stock de reineta que incluya el alineamiento de edades ( $t_r$ ,  $t_c$ ,  $t^*$ ,  $t_{max}$ ), postulando un posible patrón de distribución espacial de las fracciones adulta y juvenil, y migraciones.

##### 4.8.1. Resumen

La revisión bibliográfica realizada en este proyecto indica que los estudios de la historia de vida de reineta *Brama australis* son escasos tanto a nivel nacional como internacional. La síntesis de la información disponible indica que *B. australis* posee amplia distribución en el Océano Pacífico Sur (desde Nueva Zelanda hasta Chile) y en Chile (desde los 27°S hasta los 57°S). La ausencia de hembras con indicios de desove reciente o inminente en la captura de las flotas artesanal e industrial no permite identificar zonas de desove costero. Su alimentación se basa en crustáceos (principalmente eufáusidos) y sería de tipo oportunista, lo que se corrobora con resultados de la sección alimentación de este proyecto. Existiría diferencia en las tallas de individuos capturados frente a Lebu en la VIII Región (mayor talla promedio) y los capturados en la X Región. Estas partes de información permiten hipotetizar el siguiente modelo de historia de vida para *B. australis*: i) luego de alcanzada la talla media de madurez (~37 cm LH y ~2 a 3 años), los individuos migran estacionalmente con propósitos reproductivos, probablemente hacia aguas oceánicas donde se produciría el desove en invierno y primavera temprana; ii) luego del desove se ocurriría migración estival trófica hacia aguas costeras más productivas. En cuanto al alineamiento de edades, el ciclo de vida comenzaría con el desove oceánico, aunque es escaso el conocimiento de la distribución y biología de los primeros estadios de vida (huevos, larvas y juveniles menores que 2 años). El reclutamiento a la pesca en Chile centro-sur ocurriría cuando individuos de entre 20 y 30 cm de LH (1 a 2 años) se hacen disponibles a los artes de pesca. Entonces, la edad de reclutamiento ( $t_r$ ) se superpone con la edad de primera captura ( $t_c$ ). Esta cohorte se mantendría en la zona de pesca por 1 año hasta alcanzar la edad media de madurez ( $t_{50\%}$ ), iniciando luego una migración reproductiva invernal hacia aguas oceánicas para desovar y comenzar de nuevo el ciclo. Una vez ocurrido el desove los individuos realizarían una nueva migración alimentaria hacia zonas costeras más

productivas. Este ciclo se repetiría hasta que los individuos alcanzan la edad máxima ( $t_m$ ), lo que podría corresponder a unos 12 a 14 años.

#### 4.8.2. Distribución de *B. australis*

En los últimos veinte años distintos autores han propuesto límites biogeográficos para la distribución de *B. australis*. En efecto, Pavlov (1994) indica que esta especie se distribuye dentro de los límites de circulación de masas de aguas subantárticas y en las costas de Chile y su rango iría entre 27°S y 48°S. Luego Pavez *et al.* (1998) propusieron un rango posible distribución para la especie basado en lo descrito para *B. japonica* en el Hemisferio Norte, señalando que *B. australis* podría distribuirse entre 20°S y 40°S. Posteriormente Oyarzún (2001) indica que la reineta se encontraría presente entre Coquimbo (29°S) y el extremo sur-austral de Chile.

Más recientemente, San Martín y Leal (enviado) recopilan y sintetizan antecedentes de varias fuentes de información, entre las que se cuentan: i) los cruceros de evaluación directa desarrollados por IFOP desde 1992 hasta 2013, en cuyos lances de identificación aparece reineta como fauna acompañante; ii) información de expediciones pesqueras de la ex Unión Soviética informada por Pavlov (1991a, 1994); y, iii) información pública del National Institute of Water and Atmospheric Research de Nueva Zelanda ([www.nabis.govt.nz](http://www.nabis.govt.nz)). Al desplegar esta información en un mapa del Océano Pacífico se observa que *B. australis* se distribuye por todo el Océano Pacífico Sur entre 65°W y 185°W. Latitudinalmente abarcaría entre 42°53'S y 53°28,2'S en el límite occidental (Nueva Zelanda), mientras que en el límite oriental (costa de Chile) se distribuiría más extendidamente entre 27°S y 57°S, incluyendo aguas interiores (Fig. 81).

Sin embargo, respecto del límite distribución de reineta hacia el sur del continente americano, es necesario indicar que las bases de datos registradas por el National Aquatic Biodiversity Information System (NABIS) de Nueva Zelanda describen a la especie *Xenobrama microlepis* (Bramidae) como especie presente en la zona sur austral de Chile, pudiendo ser

confundida con *B. australis*. Análogamente, Nakamura (1986) y Pequeño (1989) describen a *B. dussumieri* como parte de los brámidos presentes frente a la costa de Chile. Consecuentemente, aún existe incertidumbre de la clasificación taxonómica de los ejemplares catalogados como *B. australis* en el extremo sur de Chile.

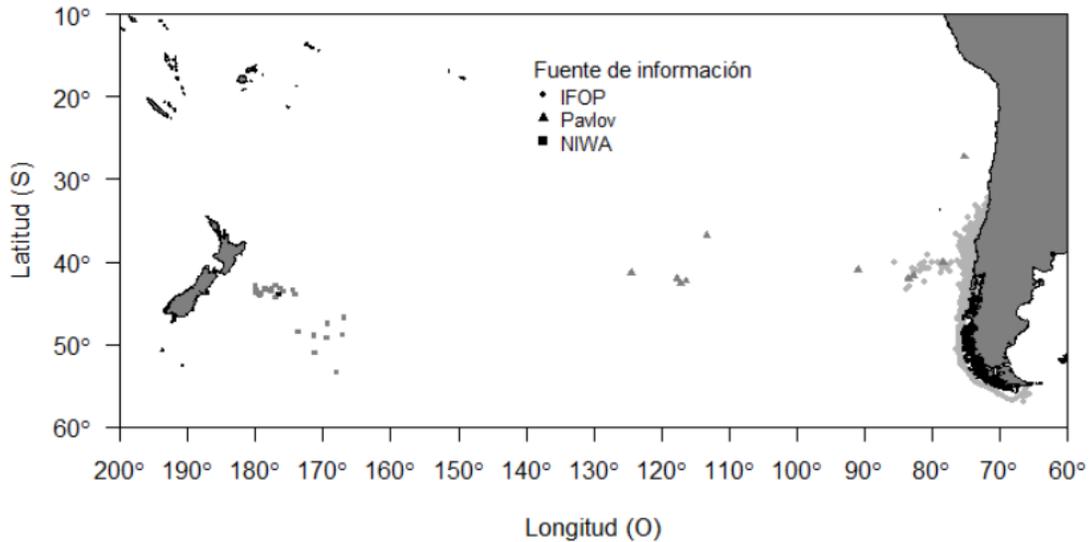


Figura 81. Distribución de lances de pesca con presencia de *B. australis* a partir de registros provenientes de los cruceros de evaluación hidroacústica y seguimientos a las pesquerías arrastreras industrial centro sur y e industrial sur austral. Fuente: base de datos de IFOP, Pavlov (1991a), Pavlov, (1994) y Sistema de Información de la Biodiversidad Acuática de Nueva Zelanda (<http://www.nabis.govt.nz/map.aspx?topic=Fish#>).

#### 4.8.3. Migraciones

No se dispone de estudios específicos de migraciones en *B. australis* por lo que las potenciales migraciones sólo pueden ser inferidas a partir de información de otros procesos biológicos y pesqueros (ver más adelante en este mismo objetivo específico). Recientemente, Ferrada *et al.* (2015) mencionan que la reineta posee una carga parasitaria característica de peces oceánicos altamente migratorios.

#### 4.8.4. Alimentación

En Chile los estudios de alimentación de *B. australis* son escasos. Esta especie exhibe reducido espectro trófico dominado principalmente crustáceos pelágicos (particularmente *Euphausia mucronata*), secundariamente peces pelágicos menores y ocasionalmente calamares (Muñoz *et al.* 1995, García & Chong 2002, Santa Cruz *et al.*, 2014). Esta especie es predador oportunista que aprovecha la disponibilidad y abundancia de los recursos alimentarios presentes en el ambiente (Muñoz *et al.*, 1995; García & Chong, 2002), lo que es respaldado recientemente por Santa Cruz *et al.* (2014), quienes reportan a *E. mucronata* como principal ítem alimentario, seguido de estomatópodos y anfípodos, los que son más abundantes en la zona estudiada en verano. Otro punto que refuerza el carácter predador oportunista de *B. australis* es el cambio en la importancia relativa del aporte de peces en la dieta en la última década. Santa Cruz *et al.* (2014) indican el reemplazo *Engraulis ringens* por *Strangomera bentincki*, que es lo opuesto a lo reportado por García y Chong (2002) más de 10 años antes. Este cambio estaría reflejando la fuerte disminución en la abundancia de *E. ringens* y el incremento de *S. bentincki*.

#### 4.8.5. Reproducción

Los estudios reproductivos en *B. australis* son también escasos. Pavlov (1994) señala que las hembras maduran sobre 35 cm de LH principalmente en invierno y primavera en aguas oceánicas (42°-47°S; 105°-127°W). En Chile la información del proceso reproductivo de reineta se limita a Pavez *et al.* (1998) y Leal & Oyarzún (2003), quienes coinciden en que las hembras maduran en 36,9 cm de LH y en invierno. Tanto Pavez *et al.* (1998) como Leal & Oyarzún (2003) descartan la presencia de hembras con actividad ovulatoria reciente o inminente, lo que ha impedido identificar posibles zonas de reproducción frente a la costa de Chile. Recientemente, Leal *et al.* (enviado) confirman histológicamente que la longitud media de madurez de reineta es en torno 37 cm LH. Sin embargo, el proceso reproductivo (al menos en longitud) sería diferenciado entre machos y hembras (Fig. 82). Estos mismos autores también indican la ausencia de hembras con signos de desove (i.e., hembras hidratadas o en

post-desove) en la zona costera de Chile central, lo que también ocurrió en el presente estudio (ver resultados del objetivo específico 5), lo que refuerza la hipótesis que el desove en *B. australis* se produce en áreas alejadas de la costa, más allá del rango de operación de las flotas chilenas (Leal & Oyarzún, 2003). Pavlov (1994) propone que *B. australis* desovaría en el invierno y la primavera austral con un patrón migratorio norte-sur en aguas oceánicas (42°-47°LS; 105°-127°LW), sugiriendo también para reineta un proceso de desove disperso en una extensa zona en aguas abiertas del Océano Pacífico sur. Luego del desove los individuos de reineta migrarían hacia zonas costeras frente a Chile para alimentarse.

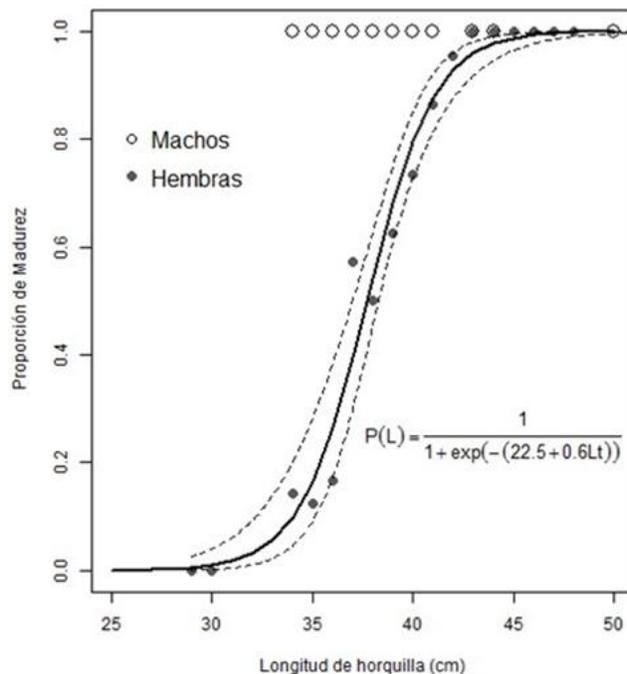


Figura 82. Fracción de madurez en longitud de machos y hembras de *B. australis* capturados frente la costa de Chile central. La ecuación describe la ojiva de madurez ajustada para hembras (línea continua). Las líneas segmentadas corresponden al intervalo de confianza (95%) del modelo ajustado. Extraído de Leal *et al.* (enviado).

#### 4.8.6. Edad y crecimiento

Los estudios de edad y crecimiento de en reineta son escasos. Pavlov (1994) reporta que individuos de 13 a 48 cm de LH tendrían 1 y 6 años de edad, respectivamente. Recientemente

Oyarzún *et al.* (2013) reportan los parámetros de crecimiento de reineta e indican que ejemplares de 20 y 58 cm de LH tendrían 2 y 8 años, respectivamente (Fig. 83).

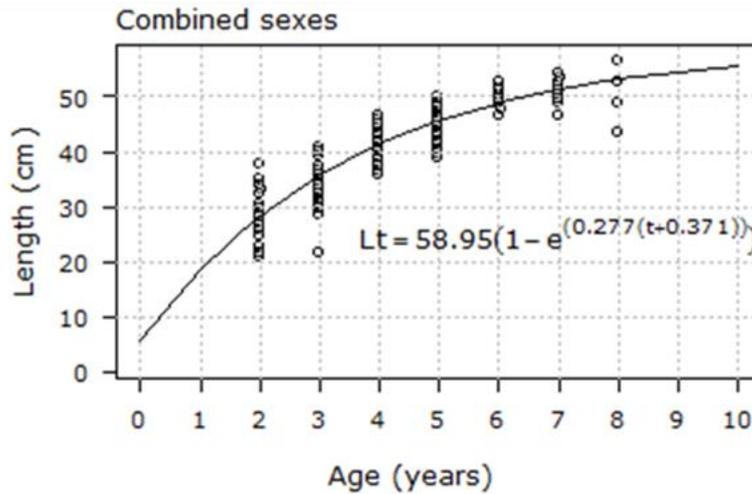


Figura 83. Curva de crecimiento de *B. australis* (sexos combinados) para muestras obtenidas enfrente de la costa central de Chile. Período: noviembre de 1994 a diciembre de 1996 (modificado de Oyarzún *et al.*, 2013).

En el presente proyecto se estimó que el crecimiento en longitud de reineta mediante la lectura de incrementos de crecimiento anual ( $n = 459$  otolitos; 282 machos y 177 hembras) en un rango de longitud horquilla (LH) de 25 cm a 57 cm. Los parámetros de crecimiento de reineta estimados aquí son:  $L_{\infty} = 59,5$  cm de LH;  $K = 0,2$  año<sup>-1</sup>;  $t_0 = -1,96$  años para el caso de los machos; y, para el caso de hembras los parámetros de crecimiento son:  $L_{\infty} = 59,6$  cm de LH;  $K = 0,22$  año<sup>-1</sup>;  $t_0 = -2,23$  años. Obviamente el parámetro  $t_0$  presenta sesgo debido a la ausencia de ejemplares pequeños en las muestras por lo que no debe ser considerado, proponiéndose usar  $t_0 = 0$ .

#### 4.8.7. Estructura de longitudes de reineta y actividad de la flota pesquera

Según datos del SernaPesca ([www.senapesca.cl](http://www.senapesca.cl)), la actividad pesquera artesanal sobre reineta se concentra actualmente frente al litoral de la VIII Región, siendo Lebu (37°37' LS) el puerto principal de desembarque. A partir del año 2008, sin embargo, se ha observado un patrón

espacial-temporal en la actividad de esa flota con el desplazamiento hacia el sur en otoño e invierno para realizar actividad extractiva por fuera de la isla de Chiloé. Esa captura se desembarcaba principalmente en Calbuco y Carelmapu (X Región). Los informes de seguimiento la pesquería (Gálvez *et al.*, 2015) y los resultados preliminares del proyecto FIP 2013-21 (Ferrada *et al.*, 2015) reportan diferencias en la estructura de tamaños de los ejemplares de reineta capturados en ambas zonas, encontrando que los ejemplares son de mayor tamaño en los desembarques en Lebu comparados con aquellos desembarcados más al sur.

#### **4.8.8. Síntesis de información y modelo hipotético conceptual de historia de vida**

A partir de i) la amplia distribución y posición de los lances de pesca en los que se ha descrito para reineta (Fig. 81), ii) la ausencia de evidencia de desove costero y de los primeros estadios del ciclo de vida -huevos y larvas- frente a Chile, iii) su alimentación oportunista, iv) cambios en la distribución espacio-temporal de la flota artesanal, v) gradiente norte-sur en el tamaño de los individuos capturados, y vi) la biología de otras especies de peces con distribución oceánica y altamente migratorios, entonces es posible proponer el siguiente modelo conceptual de la historia de vida de *B. australis* (Fig. 84): en otoño-invierno la fracción adulta de reineta de la “zona norte” (VIII Región) migra reproductivamente a desovar hacia aguas oceánicas (más allá del área de operación de la flota). El desove ocurriría principalmente en invierno y primavera en aguas oceánicas donde se encontrarían las zonas de desove. Las zonas de crianza se localizarían también en el océano abierto. La fracción de ejemplares más pequeños presentes en la “zona sur” (X Región) correspondería a la fracción juvenil que recluta por primera vez a las zonas de pesca frente a Chiloé desde aguas oceánicas en otoño e invierno. Por lo tanto, esta zona podría considerarse como zona de reclutamiento a la pesquería. Posteriormente, estos individuos de reineta comenzarían una migración sur-norte por la costa hacia zonas más productivas de la VIII Región, creciendo en talla y acumulando energía para la maduración gonadal. Por lo tanto, esta última zona podría considerarse como área de alimentación y crecimiento. Una vez maduros los individuos de reineta completarían el ciclo anual, iniciando la migración invernal para desovar en aguas oceánicas.

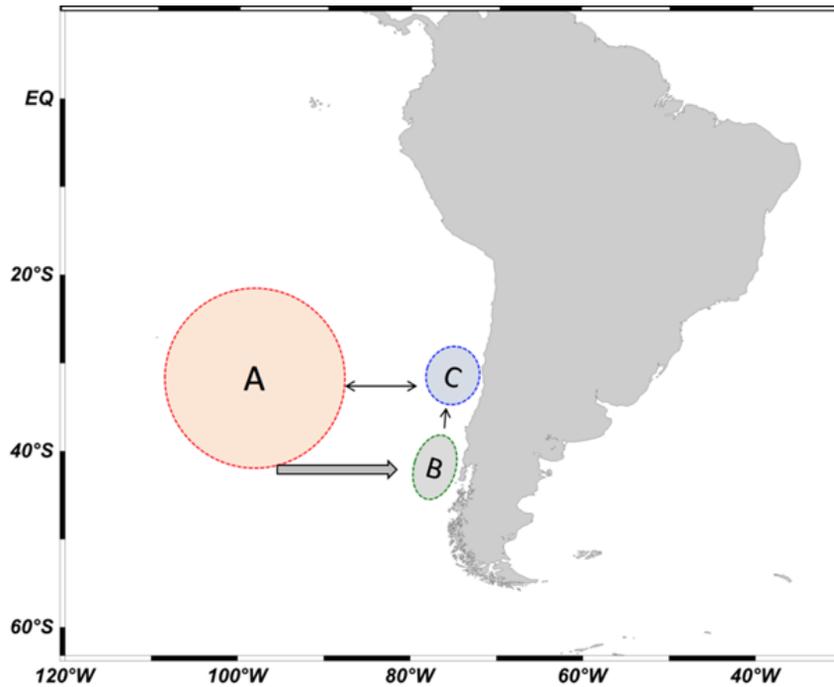


Figura 84. Distribución espacial de las zonas de desove y crianza ubicadas en la zona oceánica (círculo A), zonas de reclutamiento a la pesquería (círculo B) y zona de alimentación (círculo C). Las flechas que conectan B-C y A-C indican migraciones. La flecha gruesa de A-B representa migración de juveniles de la zona oceánica a la zona costera asociada a la Corriente de Deriva del Oeste.

En todo este ciclo podría existir asociación entre la distribución de individuos de reineta y sus distintos estadios de vida con la corriente circumpolar o de Deriva del Oeste. En efecto, esta corriente presenta extensa distribución a través del Océano Pacífico Sur y también enfrente de las costas de Chile, influenciando recursos pesqueros como jurel (*Trachurus murphyi*) y albacora (*Xiphias gladius*) (Gatica *et al.*, 2009). La hipótesis de migraciones extensas se sustenta también en la plasticidad en el espectro trófico de reineta, la que aprovecharía la oferta ambiental de alimento, aun cuando podría preferir alimentarse en zonas costeras con mayor concentración de alimento tal como eufáusidos.

#### 4.8.9. Alineamiento de edades ( $t_r$ , $t_c$ , $t^*$ , $t_{max}$ ) de reineta

El ciclo de vida de reineta comienza con el proceso de desove principalmente en invierno y primavera en zonas oceánicas. Hasta el momento no se ha encontrado individuos maduros ni se ha registrado huevos y larvas de reineta en la Zona Económica Exclusiva de Chile, lo que indicaría que esta especie no utiliza esta área como zona de desove y/o crianza. Para efectos prácticos, en este proyecto se adopta por convención como fecha de nacimiento ( $t_0$ ) a noviembre de cada año. La distribución y biología de los primeros estadios de vida (huevos, larvas, juveniles menores a 1 año) es poco conocida y transcurriría en océano abierto. El reclutamiento de *B. australis* a la pesquería ( $t_r$ ) se produciría en invierno, cuando los individuos ingresan a las zonas de pesca con aproximadamente entre 1 y 2 años de edad (25 a 30 cm LH). El origen de estos individuos reclutas no es claro, aunque considerando la ausencia de desove en aguas chilenas se puede plantear que provienen de la zona oceánica. Por lo tanto,  $t_r$  se superpone con la edad de primera captura ( $t_c$ ). La cohorte permanecería en la pesquería un año más hasta alcanzar 37 cm LH (julio de un año a julio del año siguiente). En ese momento la cohorte abandonaría la zona de pesca con aproximadamente 3 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 oceánica hacia el oeste en busca de aguas más propicias (cálidas) para desovar. Luego del desove los individuos de reineta realizarían una migración alimentaria estacional hacia zonas productivas frente a Chile central. Este ciclo se repetiría hasta que la cohorte alcance la longevidad máxima ( $t_{max}$ ), que para el stock de reineta frente a Chile centro-sur fue estimada en este proyecto en aproximadamente 20 años (59 cm de LH). Este último valor de  $t_{max}$  parece un tanto excesivo considerando que se trata de una especie de hábito pelágico. Una alternativa es calcular  $t_{max}$  como el valor obtenido al considerar  $0.95 * L_{\infty}$ , esto es, la longevidad máxima ( $t_{max}$ ) debería ser 10 y 11 años (y no 20 años por estar este valor muy cerca de  $L_{\infty}$ , que es la longitud máxima teórica).

Entonces, se concluye que el stock de reineta frente a Chile central no es una población cerrada, sino abierta, ya que su dinámica dependería fuertemente de procesos de inmigración (reclutas) y emigración (adultos). Además, la reineta utilizaría las zonas de surgencia de Chile

centro-sur sólo como áreas de alimentación. Este modelo de alineamiento de edades se resume en la Fig. 85.

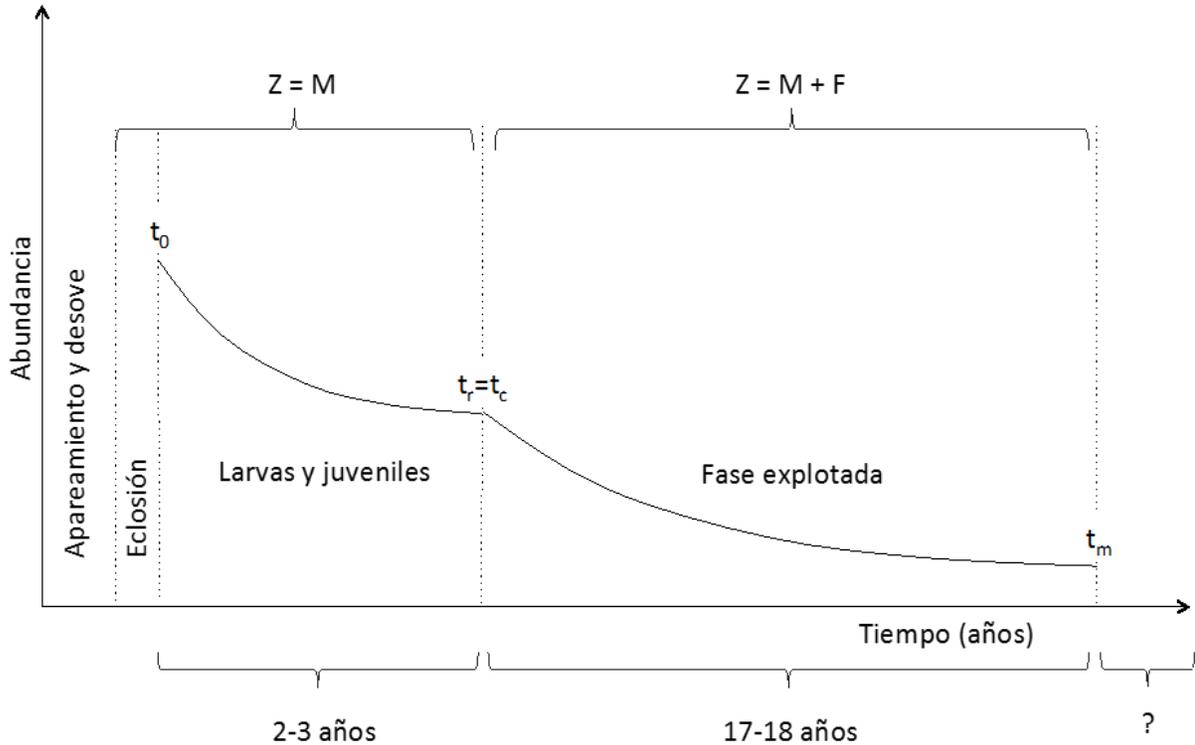


Figura 85. Modelo de alineamiento de edades para el stock de reineta (*B. australis*) capturado frente a las costas de Chile. Clave:  $t_0$ = nacimiento;  $t_r$ =edad de reclutamiento;  $t_c$ =edad de primera captura;  $t_m$ =longevidad máxima;  $Z$ =tasa de mortalidad total;  $M$ = tasa de mortalidad natural;  $F$ =tasa de mortalidad por pesca.

Si la información y supuestos que sustentan el modelo conceptual planteado por nosotros más arriba no son correctos, entonces se debería aceptar hipótesis alternativas que conducen a una representación de la historia de vida de *B. australis* diametralmente opuesta a nuestra interpretación de la información disponible. En este sentido se debería plantear que el desove de *B. australis* no ocurre en la zona oceánica, sino que en la zona costera, y que simplemente aún no se ha descubierto las zonas de desove y crianza dentro de la ZEE de Chile. También se debería plantear que no existen migraciones longitudinales (costa-océano) y latitudinales (sur-norte) asociadas a procesos reproductivos y de alimentación, sino que el recurso *B. australis*

no está disponible debido, por ejemplo, a migraciones batimétricas. Si estas hipótesis alternativas fueren correctas, entonces el modelo conceptual de historia de vida indicaría que el stock de *B. australis* explotado por las flotas nacionales no se comporta como una especie altamente migratoria, sino que se mantiene y realiza todo su ciclo de vida al interior de la ZEE de Chile, lo que no parece razonable ni menos creíble. Sin embargo, la información disponible no sustenta este modelo conceptual alternativo y nosotros no lo consideramos como la mejor representación (o la más plausible) de la historia de vida de *B. australis*.

#### **4.8.10. Discusión**

La información disponible indica que *B. australis* posee amplia distribución en el Océano Pacífico Sur (desde Nueva Zelanda hasta Chile) y en Chile (desde los 27°S hasta los 57°S) (Pavlov, 1994); Pavez *et al.*, 1998; Oyarzún, 2001; [www.nabis.govt.nz](http://www.nabis.govt.nz)). Sin embargo, los estudios de historia de vida de esta especie son escasos, tanto a nivel nacional como internacional. Específicamente, se conoce muy poco sobre la dinámica espacial y temporal de procesos clave como el desove y el desarrollo de las primeras etapas del ciclo de vida (huevos, larvas y juveniles < 2 años). De ahí que gran parte de nuestras inferencias, e.g., zonas de desove y crianza oceánicas y no costeras, se basan en la ausencia de hembras con indicios de desove reciente o inminente en la captura de las flotas artesanal e industrial. Las migraciones del stock de reineta tampoco son conocidas y también las inferimos desde la actividad de la flota. Sin embargo, las migraciones propuestas en este informe coinciden con el conocimiento de la especie similar *B. japonicus* en el Pacífico Norte. En efecto esta especie posee también una distribución amplia y exhibe extensas migraciones tanto alimentarias (primavera-verano) como reproductivas (el desove ocurre en invierno y primavera temprana) en ese sistema (Pearcy *et al.*, 1993). Entonces, nuestra propuesta de modelo de historia de vida para el stock de reineta es aún hipotético y como tal puede ser mejorado o descartado a medida que nueva y mejor información científica se haga disponible.

#### 4.8.11. Conclusión

- El modelo hipotético de historia de vida para *B. australis* en las costas de Chile sería el siguiente: i) en otoño-invierno la fracción adulta (~37 cm LH y ~2 a 3 años) de la zona norte (VII región) realiza una migración estacional reproductiva, probablemente hacia aguas oceánicas donde se produciría el desove en invierno y primavera temprana; ii) ocurrido el desove, esta fracción adulta realiza una migración estival trófica hacia aguas costeras más productivas; iii) los ejemplares pequeños presentes en la “zona sur” (X Región) correspondería a la fracción juvenil que recluta por primera vez a las zonas de pesca frente a Chiloé desde aguas oceánicas en otoño e invierno; iv) esta fracción migra sur-norte por la costa hacia zonas más productivas de la VIII Región y una vez maduros completan el ciclo anual iniciando la migración invernal reproductiva.
- Este modelo indica las siguientes áreas o zonas de interés para el ciclo de vida de reineta: i) zonas de desove ubicadas en aguas oceánicas (más allá del área de operación de la flota); ii) zonas de crianza ubicadas también en el océano abierto; iii) zona de reclutamiento ubicada en zonas de pesca frente a Chiloé; y, iv) zonas de alimentación y crecimiento ubicadas principalmente en zonas más productivas de la VIII Región.
- En cuanto al alineamiento de edades, el ciclo de vida sería el siguiente: i) desove y crecimiento (huevos, larvas y juveniles menores que 2 años) oceánico; ii) reclutamiento a la pesca en Chile centro-sur a los 20 y 30 cm de LH (1 a 2 años), por lo que la edad de reclutamiento ( $t_r$ ) = edad de primera captura ( $t_c$ ); iii) esta cohorte se mantendría en la zona de pesca por 1 año hasta alcanzar la edad media de madurez ( $t_{50\%}$ ), iniciando luego una migración reproductiva oceánica a la que le seguiría una migración alimentaria hacia zonas costeras productivas; y, iv) este ciclo se repetiría hasta que los individuos alcanzan la edad máxima ( $t_m$ ), lo que podría corresponder a unos 12 a 14 años.
- El stock de reineta frente a Chile central no seguiría la dinámica de una población cerrada, sino abierta, ya que esta dependería fuertemente de procesos de inmigración

(reclutas) y emigración (adultos). Además, la reineta utilizaría las zonas de surgencia de Chile centro-sur sólo como áreas de alimentación.

#### 4.8.11. Referencias Bibliográficas

- Ferrada S, Canales C, Oliva M, Niklitschek E, Leal E, Carrasco C. 2015. “Origen natal y distribución geográfica de reineta en Chile”. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Departamento de Oceanografía. Informe Final. Proyecto del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) N° 2013-21. 152 pp +anexos.
- Gálvez P, Sateler J, Yung Z, Belmar K, Garcés E, San Juan R, Olivares J, Riquelme K, Gonzalez J. 2015. Convenio de Desempeño 2014. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas: Sección II: Pesquerías Demersales Centro Sur. Informe Final. 184 pp + anexos.
- Gatica C, Quiñones RA, Figueroa D, Wiff R, Navarro E, Donoso M. 2009. Asociación entre la Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste y la abundancia relativa del pez espada (*Xiphiasgladius*) frente a la costa de Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(1): 97-105.
- García M, Chong J. 2002. Composición de la dieta de *Brama australis* Valenciennes 1837 en la zona centro sur de Chile (VIII región) en otoño de 2000 y verano de 2001. Gayana 66: 225-230.
- Leal E, Oyarzún C. 2003. Talla de madurez y época de desove de la reineta (*Brama australis* Valenciennes, 1836) en la costa central de Chile. Investigaciones Marinas 31: 17-24.
- Leal E, Díaz E, Claramunt G. (Enviado) Parámetros reproductivos de reineta *Brama australis* (Valenciennes 1836) en Chile central a través de análisis histológico. Lat. J. Aq. Res. (LAJAR).
- Muñoz G, Cortés N, Arriaza M, Oyarzún C. 1995. Comportamiento trófico de una especie poco conocida, *Brama australis* Valenciennes, 1837 (Pisces: Bramidae). Biología Pesquera 24: 51-55.
- Oyarzún, C. 2001. Catálogo de los peces presentes en el sistema de corrientes de Humboldt frente a Chile Centro-Sur. Departamento de Oceanografía, Sección Pesquerías, Universidad de Concepción, Chile, 159 p.
- Oyarzún C, Cortés N, Leal E. 2013. Age, growth and mortality of southern rays bream *Brama australis* (Bramidae) off the southeastern Pacific coast. Revista de Biología Marina y Oceanografía 48 (3): 585-590.
- Pavez P, Melo T, Ceriola H, Hurtado F, Rasmussen P. 1998. Análisis y Evaluación de la Pesquería de la Reineta (*Brama australis*) en el Litoral de la V Región. Inf. Téc. FIP-IT/96-26, 125 p.

- Pavlov Yu. P. 1991a. *Brama australis* Valenciennes- A valid species of sea bream (Bramidae) from southeastern Pacific Ocean. J. Ichthyol., 31(1): 141-143.
- Pavlov, Yu. P. 1991b. Information on morphometrics and ecology of pomfrets of the genus *Brama* Inhabiting the Southern Pacific Ocean. J. Ichthyol., 30 (6) 1019-1022.
- Pavlov, Yu. P. 1994. Data on ecology of southern pomfret, *Brama australis* in the southeastern Pacific Ocean. J. Ichthyol., 34(5): 144-148.
- San Martín, M., E. Leal & T. M. Canales (enviado). Spatial and bathymetrical occurrence of *Brama australis* off the Chilean coast and in the South Pacific Ocean. Journal of Applied Ichthyology.
- Santa Cruz F, Oyarzún C, Aedo G, Gálvez P. 2014. Hábitos tróficos de la reineta *Brama australis* (Pisces: Bramidae) durante el periodo estival frente a Chile central. Lat. Am. J. Aquat. Res., 42(5): 1200-1204.

#### 4.9. Objetivo Específico 8

Formular un modelo conceptual de explotación pesquera de reineta con sustento biológico que incluya, eventualmente, vedas y de qué tipo se trataría (de reclutamiento y/o reproductiva).

##### 4.9.1. Resumen

Se formula un modelo conceptual de explotación pesquera del recurso reineta (*Brama australis*) en su unidad de pesquería. Considerando que esta especie desarrolla una dinámica de población abierta, no es posible por ahora determinar su estatus y fijar una captura biológicamente aceptable (CBA) que conduzca al stock al rendimiento máximo sostenible (RMS). Por lo tanto, se propone que el modelo de manejo (y futuro plan de manejo) debiera basarse en dos pilares principales, a saber: i) prevenir la sobrepesca del stock de reineta en el área de influencia de la pesquería chilena; y, ii) diseñar, poner en marcha y mantener un programa de toma de información, investigación y monitoreo del recurso reineta y su pesquería en el área de influencia de las flotas chilenas.

##### 4.9.2. Antecedentes generales

Una descripción general de las especies de pomfrets (Familia Bramidae) y sus pesquerías se encuentra en Maguire *et al.* (2006). Esta Familia incluye 8 géneros y 21 especies, todas consideradas como altamente migratorias de acuerdo con la Convención del Mar de las Naciones Unidas ([http://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/annex1.htm](http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/annex1.htm)). El género *Brama* agrupa ocho especies, a saber: *B. dussumieri*, *B. brama*, *B. caribbea*, *B. orcini*, *B. japonica*, *B. myersi*, *B. pauciradiata* y *B. australis*. La Familia Bramidae corresponde a peces pelágicos y bentopelágicos que habitan aguas templadas en los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico. La principal característica de la mayoría de estas especies es que son oceanódromas, i.e., realizan migraciones oceánicas entre zonas de desove y zonas de

alimentación. Estas migraciones son cíclicas, predecibles y llegan a cubrir cientos de miles de kilómetros.

Hasta 2006 la documentación de los desembarques globales de pomfrets era pobre (Maguire *et al.*, 2006). Por ejemplo, las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sólo contienen los siguientes campos para pomfrets: “pomfrets del Atlántico” (*Brama brama*), “pomfrets” y “ocean breams” no incluidas en otra categoría. Las series de tiempo de desembarque total de pomfrets (provenientes de 18 países que informan capturas en los Océanos Atlántico y Pacífico) muestran cambios importantes con desembarques cercanos a 18 mil toneladas en 2001 (Fig. 86). Existe nula a escasa información biológica sobre estas especies debido a que la gran mayoría de ellas son capturadas como fauna acompañante de otras pesquerías (e.g., <http://www.siodfa.org/index.php/programmes/fisheries-management>; Bruce *et al.*, 2002). Hasta 2006 se incluía a pomfrets en planes de manejo en Estados Unidos y Australia, pero no existía un cuerpo pesquero internacional que las evaluara. Su estado de conservación parecería saludable (no se ha declarado sobreexplotación de estas poblaciones), pero esto se debe a que su estado de explotación es desconocido. FAO (2005), indica que estos stocks podrían estar completamente explotados en el Océano Índico y moderadamente explotados en el Pacífico Sur-Occidental.

En Chile *B. australis* es capturada principalmente por flotas artesanales en aguas costeras de la V a XII Regiones con artes de pesca de espinel o red de enmalle. Sin embargo, esta especie también aparece como fauna acompañante en pesquerías industriales de cerco y arrastre. En las estadísticas de pesca recién existen registros de su captura en 1994. Hasta el año 1998 los principales desembarques se registraron en la V Región y a partir del año 1999 en la VIII región (Lebu).

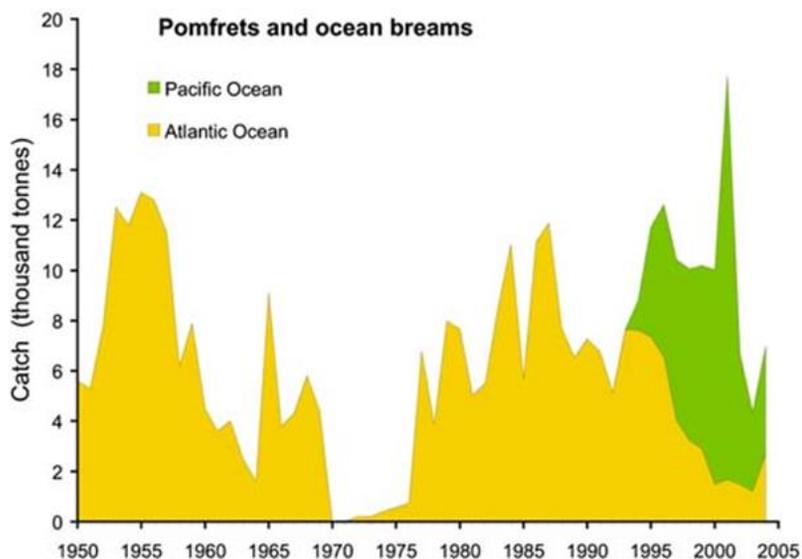


Figura 86. Captura de pomfrets desde de información base pesquera de la FAO (tomado de Maguire *et al.*, 2006).

#### 4.9.3. Modelo de manejo y explotación pesquera de reineta

Las especies altamente migratorias como la reineta se desplazan regularmente por largas distancias atravesando tanto zonas oceánicas como áreas bajo jurisdicción nacional. Las especies tranzonales se encuentran tanto dentro de la ZZE de un país como en el área oceánica adyacente. El acuerdo para la implementación de las provisiones de la Convención del Mar de la Naciones Unidas para la conservación y manejo de stocks altamente migratorios y tranzonales, firmado en 1995, establece que el manejo de este tipo de stocks debe basarse en enfoque precautorio y en la mejor información científica disponible. Este acuerdo se basa en el principio fundamental que los Estados deberían cooperar para asegurar la conservación y promover los objetivos de la utilización óptima de los recursos pesqueros tanto dentro como fuera de la ZEE. A partir de febrero de 2013 la Ley de Pesca y Acuicultura de Chile declara que su propósito central es lograr los objetivos de conservación y sustentabilidad de las pesquerías nacionales, el que debe lograrse mediante la aplicación de los enfoques ecosistémico y precautorio. Entonces, es obvio que un modelo conceptual de manejo y

explotación para el recurso reineta debe considerar este contexto general nacional e internacional.

Sin embargo, la consecución de estos objetivos no es trivial y el enfoque ecosistémico está aún en su infancia en Chile. Adicionalmente, la pesquería de reineta presenta características que la hacen compleja, a saber: dinámica de población abierta, adolecer de indicadores de abundancia relativa independientes de la pesquería, inexistencia de cuota y afectada por dificultades de fiscalización, y dificultad de construir un modelo poblacional de evaluación de stock que permita establecer el estatus y proyectar capturas biológicamente aceptables (CBA) por lo que tales características incrementan los riesgos de sobrepesca en la pesquería de reineta, más aún en un contexto en el cual otras pesquerías artesanales e industriales se encuentran en situación de sobrepesca o colapso, con la consecuencia que la pesquería de reineta podría recibir el esfuerzo que antes se destinaba a esas otras pesquerías.

Entonces, de acuerdo con nuestra oferta técnica se revisó literatura internacional considerando medidas de manejo para pesquerías con las características de reineta. Los componentes principales del plan, pero no excluyentes, son los siguientes:

### **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.

La Ley General de Pesca y Acuicultura considera que la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SubPesca) cuenta con dos comités asesores para la toma de decisiones de manejo, a saber: i) Comités Científicos Técnicos; y, ii) Comités de Manejo. En Chile la pesquería de reineta no es administrada mediante cuotas por lo que no existe un Comité de Manejo y mucho menos un Plan de Manejo. Tampoco se revisa rutinariamente el estatus de la pesquería y las

recomendaciones de CBA, aunque en 2013 SubPesca solicitó al “Comité Científico de Recursos Demersales Zona Centro Sur” la revisión de esos aspectos. Tal como quedó consignado en el informe técnico correspondiente, en esa ocasión el CCT “consideró que por el momento esta pesquería es de tipo “pobre en datos”. Por lo tanto, no es posible determinar RMS o algún *proxy* ya que las metodologías existentes suponen algún tipo de compensación (población cerrada), que no es el caso en reineta” (CCTRDZCS, 2013). El documento continúa indicando que... “En efecto, la distribución de esta especie es mucho más amplia que la de su pesquería en las costas de Chile, desconociéndose la fracción del stock total que es explotada por la flota”.

Considerando la limitada información biológico-pesquera de reineta en aguas nacionales e internacionales, a lo que se suma que no existe una evaluación de su abundancia o biomasa, entonces se propone que, en ausencia de mejor información, se establezca una cuota límite precautoria y se avance en la construcción de un modelo de dinámica poblacional que podría evaluar dos hipótesis, a saber: i) la reineta pertenece a una población abierta (i.e., un solo stock para todo el Océano Pacífico Sur); y, ii) la reineta pertenece a una población cerrada en aguas nacionales (e.g., un stock chileno).

## **ii. Consideraciones administrativas**

Pese a que la pesquería de reineta no se ha manejado nunca con cuotas, existen varias consideraciones o medidas administrativas que la afectan. En primer lugar la pesquería se encuentra categorizada en régimen de plena explotación por lo que el acceso al registro pesquero artesanal se encuentra suspendido hasta el año 2018. La extracción se encuentra restringida a los artes de línea de mano, espinel, red de pared, trampas, arpón y curricán, y se acepta 1% de reineta como fauna acompañante en la pesquería de arrastre de merluza común. En la Tabla 66 se presenta un resumen de las medidas administrativas que aplican para la pesquería de reineta.

Tabla 66. Resumen de medidas administrativas que aplican la pesquería de reineta.

<b>Tipo de medida</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Descripción</b>
Res. Ex. N° 1700	2000	Regula artes y aparejos para la pesca de este recurso entre las Regiones I a la X.
D.S. N° 411	2000	Establece porcentaje de desembarque de reineta como fauna acompañante de la pesquería de merluza común.
Res. Ex. N° 56	2003	Suspende transitoriamente la inscripción en el RPA en la pesquería de reineta entre la Regiones I a X.
Res. Ex. N° 49	2013	Suspende transitoriamente la inscripción en el RPA en la pesquería de reineta entre las Regiones XV y XII.
Res. Ex. N°1333	2013	Extiende el área de operación de pescadores artesanales inscritos en la VIII Región del Biobío en el recurso reineta a la X Región de Los Lagos.

En consecuencia, considerando la dinámica de población abierta de reineta, entonces no parece adecuado establecer medidas administrativas tal como vedas biológicas (reclutamiento o desove) o vedas extractivas.

### **iii. Propuesta de objetivo de manejo**

De acuerdo con la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPYA), el objetivo de manejo para la pesquería de reineta es asegurar la conservación de la especie y la sustentabilidad de la pesquería. La LGPYA también indica que las pesquerías deben manejarse de modo de que estas se mantengan en torno al rendimiento máximo sostenible (RMS) o sean llevadas a ese nivel. Este objetivo de manejo debiera, sin embargo, ser revisado ya que por un lado el concepto mismo de RMS es cuestionado como punto de referencia objetivo (Larkin, 1977; Mace, 2001) y, por el otro, existe dificultad cuando se trata de especies altamente migratorias.

#### **iv. Propuesta de puntos biológicos de referencia**

Los puntos biológicos de referencia (PBR) también se encuentran definidos y mandatados en la LGPyA desde febrero de 2013, y corresponden a la biomasa/mortalidad por pesca que produce el Rendimiento Máximo Sostenible ( $B_{RMS}$ ,  $F_{RMS}$ ). 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 otras legislaciones, como la de USA, usan el concepto de OY, el que corresponde a una fracción de RMS que se ajusta debido a consideraciones ecológicas, económicas y/o sociales ( $OR < RMS$ ).

#### **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 de recurso utilizando información biológica, ecológica, pesquera y social (Tabla 67).

Tabla 67. Matriz del conocimiento actualizado del recurso reineta utilizando información de aspectos biológicos, ecológicos, pesqueros y sociales.

Característica	Comentario/valor	Referencia
Abundancia/biomasa	No existe	
Edad y crecimiento	Existe estimaciones de crecimiento en talla y peso, pero basados principalmente en datos obtenidos por la flota artesanal de la VIII región.	Ver resultados de este estudio.
Patrones migratorios	No se conoce a cabalidad, aunque se postula tres tipos de migraciones, a saber: 1) inmigración alimentaria de pre-reclutas (2 años) hacia Chile; 2) posible emigración reproductiva hacia zonas oceánicas de individuos adultos; 3) posible inmigración alimentaria de individuos adultos post-desove oceánico.	Ver revisión modelo conceptual historia de vida realizada en este proyecto.
Reclutamiento	El reclutamiento a la pesquería ocurriría durante el invierno. El origen de los reclutas se desconoce, aunque se postula que tienen origen oceánico.	Ver revisión modelo conceptual historia de vida realizada en este proyecto.
Reproducción	SI bien se ha reportado actividad reproductiva (individuos maduros), no existe evidencia de desove (individuos recién desovados, huevos o larvas) en la ZEE de Chile.	Ver revisión modelo conceptual historia de vida realizada en este proyecto.
Mortalidad natural (M) y total (Z)	Poco conocidas. Se realiza estimaciones de M y Z en este proyecto.	
Factores socio-económicos asociados a la pesquería de reineta	Flota artesanal: los artes de pesca son diversos, destacando espinel y cerco. Las embarcaciones artesanales son botes y lanchas. Los principales puertos son Valparaíso, Lebu, Calbuco y Puerto Montt. Representa la mayor parte del desembarque anual.  Flota industrial: opera exclusivamente en la zona sur, principalmente entre enero y septiembre con arte arrastrero. Representa un porcentaje menor de la Cuota Total Anual.	

A partir de la Tabla 68 se identificó brechas de conocimiento que se propone completar a través de estudios en el corto (1 a 2 años) y mediano plazo (2 a 5 años) para alcanzar un manejo sustentable de esta pesquería.

Tabla 68. Brechas en el conocimiento de la pesquería de reineta en Chile e investigación necesaria para generar conocimiento que las cierre.

Brecha del conocimiento	Protocolo de Investigación	Realización
Abundancia, biomasa y reclutamiento	Objetivo: Evaluación directa del stock de reineta en la ZEE de Chile Metodología: método a proponer mediante un estudio metodológico.	Corto plazo
Biomasa, mortalidad por pesca, estatus y CBA	Objetivo: Evaluación indirecta del stock de reineta, puntos biológicos de referencia, estatus y capturas biológicamente aceptables. Metodología: métodos de evaluación basados en pesquerías pobres en datos.	Corto plazo
Patrones migratorios	Objetivo: Describir patrones migratorios de reineta hacia y desde ZEE de Chile. Metodología: Estudio de marcaje y recaptura.	Corto a mediano plazo
Reclutamiento	Objetivo: Evaluación directa/indirecta del reclutamiento de reineta en ZEE de Chile. Metodología: método a proponer mediante un estudio metodológico.	Mediano plazo
Reproducción	Objetivo: Determinación de la existencia de áreas de reproducción (desove, crianza y reclutamiento) de reineta en la ZEE de Chile central. Metodología: crucero bio-oceanográfico.	Mediano plazo.

#### 4.9.4. Modelo de manejo

Dos características biológicas diferencian a la reineta de la mayoría de las especies de peces explotadas en Chile, a saber: i) ser una especie altamente migratoria; y, ii) tener una dinámica que depende fuertemente de procesos de inmigración y emigración. Por ello el manejo de la pesquería de reineta es más complejo que el de otras pesquerías. El centro del problema es que no existiría una relación compensatoria entre la explotación del stock adulto o desovante y el reclutamiento, ya que este último está influenciado y quizás determinado por la dinámica de la población por fuera del área de influencia de las flotas chilenas. Entonces, no es posible determinar el estatus de reineta ni fijar una cuota coherente. Luego, el modelo de manejo (y

futuro plan de manejo) debería basarse en dos pilares principales, a saber: i) prevenir la sobrepesca del stock de reineta en el área de influencia de la pesquería chilena; y, ii) diseñar, poner en marcha y mantener un programa de toma de información, investigación y monitoreo del recurso reineta y su pesquería en el área de influencia de las flotas chilenas.

Actualmente no existen en ningún país medidas cuantitativas puestas en práctica para el manejo de pesquerías data-pobre, lo que se debe, principalmente, a la falta de data confiable. Aunque todas las pesquerías son en algún grado “data-pobre” debido a la incertidumbre en la dinámica del stock y la data asociada, el término data-pobre se refiere a stocks en los cuales la información disponible no es suficiente para realizar una evaluación estadística.

Una alternativa es el establecimiento de puntos biológicos de referencia (PBRs) usando análisis de biomasa desovante por recluta (Griffiths *et al.*, 1999). Este enfoque es recomendable siempre y cuando existan buenos estimados de mortalidad natural para el stock explotado. Otra alternativa es un esquema simple tipo Método del Semáforo basado en información cualitativa o juicio de experto (Caddy, 1998; Caddy, 1999). Sin embargo, el problema con las decisiones de manejo basadas en “juicio experto” es que su raciocinio no puede ser fácilmente sometido a escrutinio científico y, por lo tanto, su robustez frente a la incertidumbre no puede probarse mediante simulación. Un tercer enfoque es el propuesto por Smith *et al.* (2009) donde se usa información de stocks/pesquerías data-ricas para desarrollar reglas de control de la captura en stocks/pesquerías data-pobres.

En lo que varios autores concuerdan es que, en el caso de pesquerías “data-pobre”, las directrices de manejo deben ser simples, robustas a la incertidumbre y acordes con la información disponible o fácilmente obtenible (Pilling *et al.*, 2008). En ausencia de PBRs apropiados (e.g., BRMS y FRMS) se requiere de métodos para monitorear el impacto de las acciones de manejo. La experiencia internacional indica que algunos indicadores biológicos son útiles para monitorear los niveles de explotación. De ellos, la talla promedio en las capturas es un indicador probadamente confiable y fácil de obtener (Geromont & Buttherworth, 2015).

En la Tabla 69 se presenta dos tipos generales de modelos de manejo para pesquerías data pobre propuestos por Geromont & Buttherworth (2015) y que son aplicables a la pesquería de reineta. En el caso de este stock/pesquería no es posible estimar PBRs y tampoco existe un índice de abundancia que pueda utilizarse para ajustar un modelo poblacional simple. Sin embargo, desde 1998 existe información de frecuencia de tallas desde muestreos de desembarque y capturas (Gálvez *et al.*, 2015). Por lo tanto, la tendencia en este indicador podría servir para guiar acciones de manejo. Sin embargo, junto con la tendencia en la talla media también se dispone de un valor de referencia, que es la talla de madurez. En tal caso la regla de control podría basarse no en el cambio en la talla media en las capturas o en el desembarque, sino que en la relación entre la talla media actual (en las capturas o en el desembarque) y la talla de referencia. Entonces, considerando que la información de tallas en la captura es la única información biológica cuantitativa que se puede utilizar como *proxy* para seguir alguna tendencia que pudiere asumirse relacionada con la abundancia del recurso pesquero, en este caso *B. australis*, se propone un modelo de manejo basado en el ajuste gradual de la captura de *B. australis* dependiendo del valor de la talla promedio de la captura como función de la talla de referencia objetivo.

En ausencia de modelos de evaluación de stock, el valor de la CTP inicial (CTP\*) sólo puede ser propuesto en base al conocimiento de la pesquería y a la percepción respecto de su grado de explotación. Geromont & Buttherworth (2015) indican que el promedio anual de las capturas de los últimos 5 años es un buen valor de partida para CTP\*, que es lo que se puede considerar para la pesquería de *B. australis*, aunque especificado a “desembarques”, pues no hay estimaciones disponibles de capturas, aunque podemos asumir que son sinónimos. Este modelo no considera cambios en los actuales niveles de esfuerzo, utilización de talla mínima legal ni vedas biológicas. Esta decisión se basa en que disminuir el esfuerzo y establecer medidas como talla mínima legal sólo redundarían en aumento de la pesca ilegal, principalmente en términos de subreportes y descartes, lo que conduciría a que estas medidas sean poco prácticas, afectando negativamente la conservación del recurso pesquero. Nosotros consideramos que tampoco es necesario incorporar vedas biológicas en este modelo de manejo debido a que los procesos de desove y reclutamiento ocurrirían en aguas oceánicas fuera del área de operación de las flotas chilenas que explotan este recurso. Dicho de otra manera,

eventuales vedas de reproductivas o de reclutamiento carecen no se sustentan con la evidencia disponible.

La idea que subyace en el modelo de manejo propuesto es que la cuota total permisible (CTP) se ajuste gradualmente al alza o a la baja respecto de la CTP año anterior, dependiendo de la tasa de incremento/decremento en el tamaño de los peces capturados del recurso objetivo o si este indicador está sobre/bajo el valor considerado como referencia. Nosotros proponemos fijar el valor de referencia en la talla de madurez. La ventaja de este enfoque es que tanto el indicador (talla media en el desembarque) como el punto de referencia (talla media de madurez) están disponibles. Además, la interpretación de los cambios en la talla y su efecto sobre la sustentabilidad y conservación del recurso son fáciles interpretar y transmitir a los representantes de grupos de interés.

Sin embargo, ¿cómo sabemos si el enfoque propuesto es robusto? Para responder a esta pregunta es necesario probar el desempeño del enfoque de manejo propuesto antes de su implementación. De esta forma es posible asegurarse que el(los) enfoque(s) logran los objetivos acordados, aún en presencia de incertidumbre tanto en la pesquería como en el marco de manejo. Esta prueba requiere la construcción de modelos y la aplicación de técnicas computacionales de simulación tales como los procedimientos de manejo, también conocidos como evaluación de estrategias de manejo (e.g. IWC, 1992; Kell *et al.* 2005; De Oliveira *et al.*, 2007). De esta forma se prueba la efectividad de los enfoques de evaluación y los controles de manejo para alcanzar los objetivos de manejo en situaciones data-pobres, y poner en práctica el más efectivo.

El desarrollo de procedimientos de manejo (o la evaluación de estrategias de manejo) escapa de los objetivos de este proyecto. Sin embargo, Geromont & Buttherworth (2015) analizan detalladamente la metodología para probar dichos procedimientos mediante simulación en el caso de pesquerías data-pobres. En la Tabla 70 se presenta algunos ejemplos de estrategias de manejo (incluyendo la que nosotros proponemos), las que podrían ser probadas en el contexto de procedimientos de manejo.

Tabla 69. Tipos de modelos de manejo propuestos por Geromont &amp; Butterworth (2015) para pesquerías data pobre.

<b>Descripción</b>	<b>Situación</b>	<b>Supuestos</b>	<b>Regla</b>	<b>Desventaja</b>
Captura Constante (CC) como % de Captura Total Permissible (TAC) inicial (i.e., promedio últimos 5 años)	Sólo se tiene información de los desembarques históricos de la pesquería	La captura se conoce sin error	Se busca la CC que lleva la biomasa del recurso hasta el nivel de Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) o que lo mantiene entorno a ese nivel en el período simulado (e.g., 10 años)	Podría requerir una gran disminución en la TAC del primer año de implementación dependiendo del grado de sobreexplotación/agotamiento percibido. No existe control por retroalimentación
Cambio gradual en CC dependiente de cambios en la talla promedio de la captura.	Se tiene información de los desembarques históricos y de la talla media de las capturas. La idea es mantener la TAC en su nivel, a menos que exista una señal cuantitativa fuerte desde la data de tallas. De esta forma se evita la posibilidad de seguir ruido más que señal en un caso de data-pobre.	La captura se conoce sin error y el tamaño promedio de los peces capturados es un indicador indirecto de abundancia	La CC se incrementa/disminuye en pasos fijos dependiendo de si se cruzan ciertos umbrales (e.g., si la talla media está sobre o bajo una talla de referencia objetivo)	Se requiere series de tiempo largas para evitar que el MP siga “ruido” en lugar de la tendencia en los datos.

Tabla 70. Ejemplos de estrategias de manejo que podrían ser probados mediante simulación en un contexto de enfoque de procedimientos de manejo.

Ejemplos de MPs Candidatos	Descripción
Basados en Captura Constante (CC; sólo existe información de capturas históricas)  CC0: $TAC^*=0$ CC1: $TAC^*=C^{media}$ CC2: $TAC^*=0.9*C^{media}$ CC3: $TAC^*=0.8*C^{media}$ CC4: $TAC^*=0.7*C^{media}$ CC5: $TAC^*=0.7*C^{media}$	$TAC_{y+1} = TAC^* = (1 - x)C^{media}$ <p>donde x toma valores entre 0 y 1, y</p> $C^{media} = 1/5 \sum_{y=n-4}^n C_y$
CC gradual (con data de tallas) LppCC1: $TAC^*=C^{media}$ LppCC2: $TAC^*=0.9C^{media}$ LppCC3: $TAC^*=0.8C^{media}$ LppCC4: $TAC^*=0.7C^{media}$ LppCC5: $TAC^*=0.6C^{media}$	$TAC_{y+1} = TAC_y \pm paso$ <p>donde paso= <math>5\%C^{media}</math>, y <math>TAC^*</math> es el punto de inicio definido arriba.</p>
CC basada en talla referencia objetivo Lobjetivo1: $L_{objetivo} = 1.05$ $L^{media}, TAC^*=C^{media}$ Lobjetivo2: $L_{objetivo} = 1.10$ $L^{media}, TAC^*=C^{media}$ Lobjetivo3: $L_{objetivo} = 1.15$ $L^{media}, TAC^*=C^{media}$ Lobjetivo4: $L_{objetivo} = 1.30$ $L^{media}, TAC^*=0.8C^{media}$	$TAC_{y+1} = 0.5TAC^* \left[ 1 + \left( \frac{L_y^{reciente} - L^0}{L^{target} - L^0} \right) \right] \text{ si } L_y^{reciente} \geq L^0, 0$ $TAC_{y+1} = 0.5TAC^* \left[ \left( \frac{L_y^{reciente}}{L^0} \right) \right]^2 \text{ si } L_y^{reciente} < L^0$ <p>donde <math>L^0=0.9L^{media}</math>, <math>L_y^{reciente}</math> es la talla promedio de los últimos 5 años y <math>L^{media}</math> es la media histórica. <math>L^{target}</math>=Talla de madurez</p>

#### 4.9.5. Análisis de rendimiento por recluta y estimación de RMS

Durante el taller de difusión de resultados de este proyecto, realizado el jueves 5 de enero en la Universidad de Concepción, se sugirió realizar un análisis de rendimiento por recluta (Y/R) simple del tipo Beverton y Holt (B-H) debido a que se disponía de parámetros del stock de *B. australis* a partir del presente proyecto y de otros pocos previos (Tabla 71). Considerando el carácter pelágico de tamaño medio del recurso reineta se consideró como punto biológico de

referencia objetivo el nivel de mortalidad que reduce al 45% la biomasa desovante virginal ( $F_{45}$ ), por un lado, y como punto de referencia límite el 50% de  $F_{RMS}$ , esto es,  $F_{22,5\%}$ , por el otro lado.

Tabla 71. Parámetros de historia de vida de *B. australis* utilizados en la estimación de RMS y mortalidad por pesca asociada ( $F_{RMS}$ ).

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Longitud asintótica	L <sub>oo</sub>	59,550	cm
Coefficiente de crecimiento	k	0,190	por año
Edad cuando L=0	t <sub>0</sub>	-2,450	año
Mortalidad natural	M	0,345	por año
Edad máxima teórica	T <sub>max</sub>	15,789	años
Longitud de maduración 50%	L <sub>m</sub>	38,300	cm
Pendiente de la curva de madurez	d	0,720	
Intercepto RLP	a	0,009	g/cm
Pendiente RLP	b	3,123	-
Talla de 50% de selección	L <sub>50</sub>	40,0	cm
Talla de 95% de selección	L <sub>95</sub>	49,0	cm
Época de desove	T <sub>sp</sub>	0,5	año
Steepness	h	0,85	
Edad de reclutamiento	tr	1	años
Grupo +	plus	15	años

Se estimó el rendimiento máximo sostenido (RMS) y la mortalidad por pesca asociada a cada punto biológico de referencia, a saber: RMS ( $F_{RMS}$ ), objetivo ( $F_{45\%}$ ) y límite ( $F_{22,5\%}$ ). Para este efecto se utilizó la relación stock-recluta de Beverton y Holt parametrizada en función de steepness (h), cuyos parámetros son:

$$\alpha' = \frac{(1 - h)SPR_{F=0}}{4h}$$

$$\beta' = \frac{(5h - 1)SPR_{F=0}}{4hS_0}$$

Para la estimación de los parámetros de la relación stock-recluta y luego de RMS se requiere de un estimador de biomasa desovante virginal ( $S_0$ ). Al respecto, se consensuó, entre los investigadores de este proyecto, que la biomasa desovante virginal equivale a 210 mil toneladas. Nota: no se dispone de estimaciones indirectas de la biomasa del stock de reineta en el Océano Pacífico Sur y no es tarea de este proyecto proceder con dichas estimaciones. Por lo tanto, la alternativa para aplicar la relación stock-recluta es asumir un valor de compromiso de  $S_0$ .

El principal resultado del análisis de rendimiento por recluta (Figs. 86 y 87) muestra que RMS se alcanza con la mortalidad pesca ( $F_{RMS}$ ) de  $0,780 \text{ año}^{-1}$ , mientras que los puntos de referencia de  $45\%S_0$  y  $22,5\%S_0$  corresponden a la mortalidad por pesca de  $0,331 \text{ año}^{-1}$  y  $0,857 \text{ año}^{-1}$ , respectivamente (Tabla 72). El rendimiento máximo sostenido (RMS) alcanza a 29.635 toneladas anuales.

Tabla 72. Parámetros de historia de vida de *B. australis* utilizados en la estimación de RMS y mortalidad por pesca asociada ( $F_{RMS}$ ).

Parámetro	Valor	Unidad
Alfa ( $\alpha$ )	$7,729 \times 10^{-2}$	
Beta ( $\beta$ )	$7,795 \times 10^{-3}$	
$F_{RMS}$	0,780	$\text{año}^{-1}$
$F_{45\%}$	0,331	$\text{año}^{-1}$
$F_{22.5\%}$	0,857	$\text{año}^{-1}$
<i>RMS</i>	29.635	ton

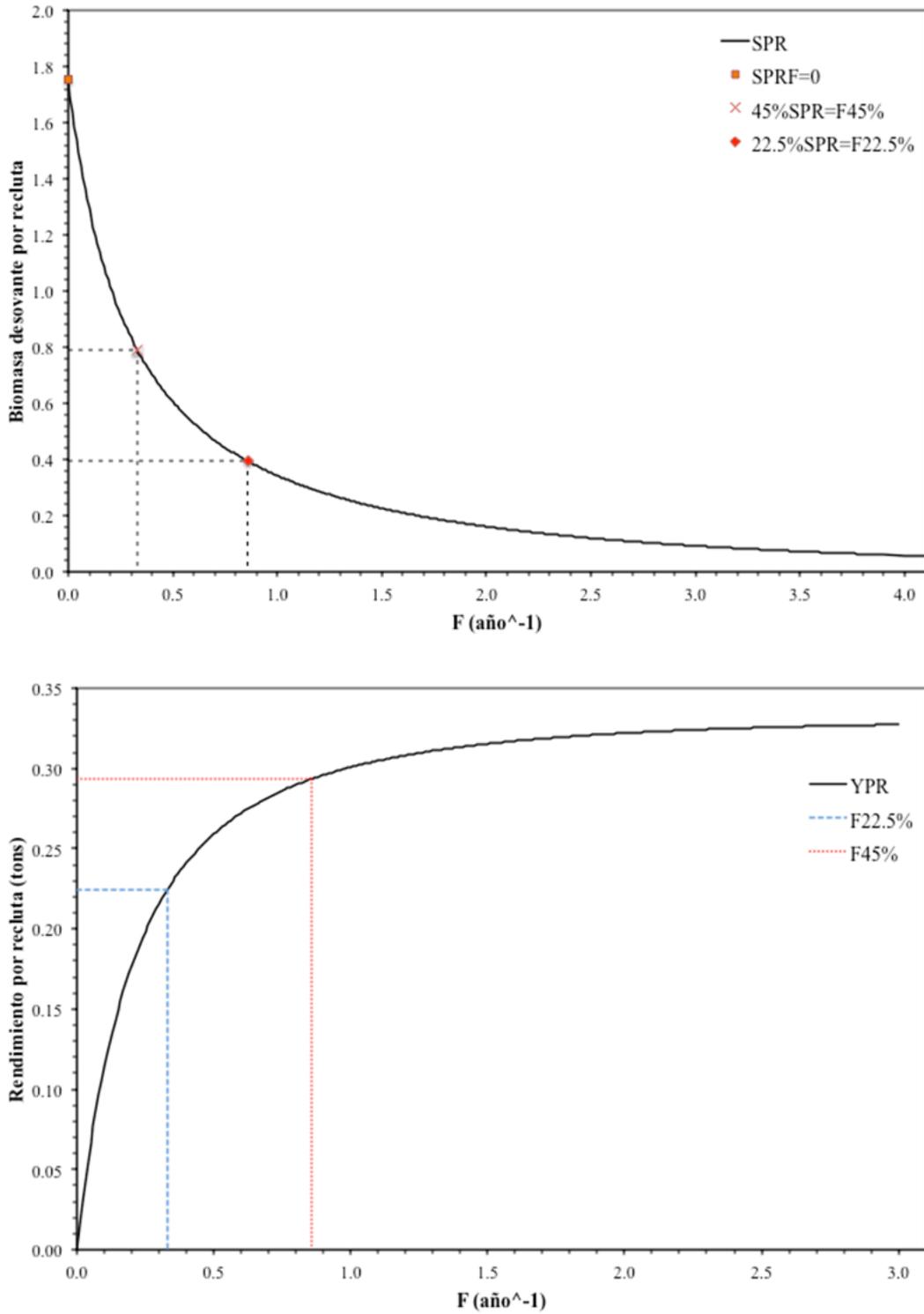


Figura 87. Biomasa desovante por recluta (arriba) y rendimiento por recluta (abajo) de *B. australis* en 2016.

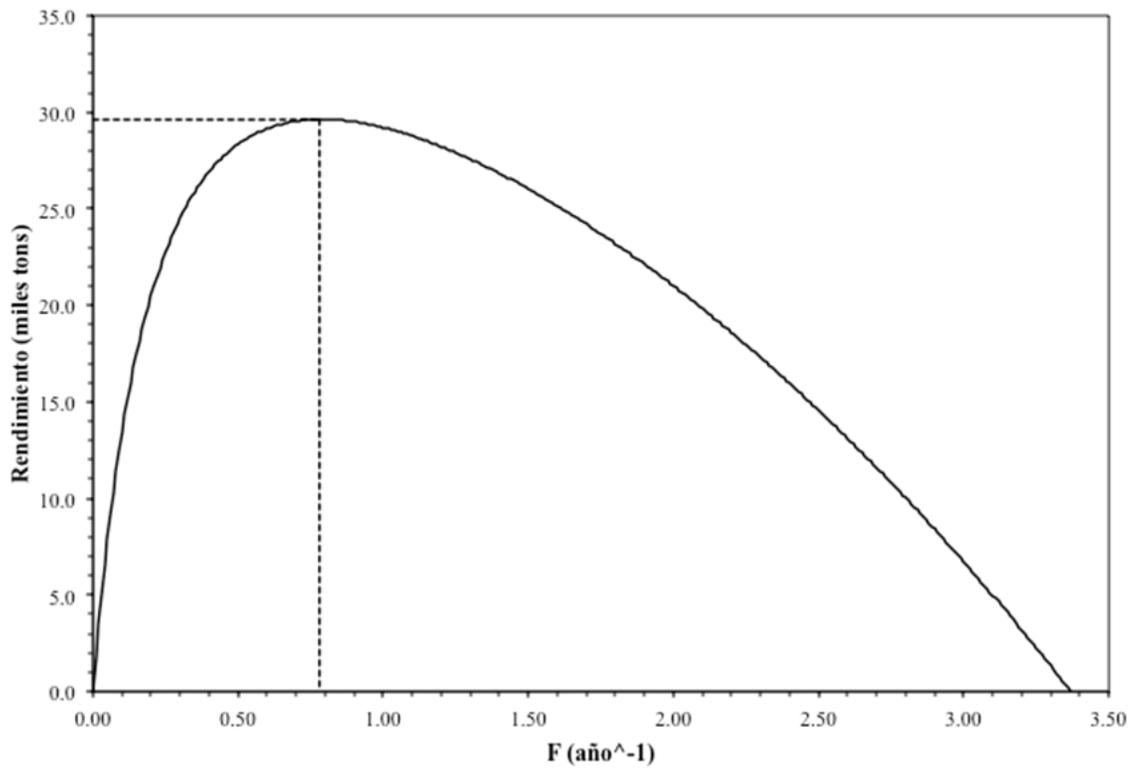


Figura 88. Curva de rendimiento por recluta de Beverton y Holt para *B. australis* en Chile central y sur en 2016. La línea de puntos indica (en el eje x) el valor de la mortalidad por pesca en RMS.

#### 4.9.5. Discusión

El stock de reineta presenta características que lo diferencian de otros stocks de peces explotados en Chile y hacen complejo su manejo. En primer lugar, su dinámica poblacional no correspondería a una de tipo “cerrada”. Esto implica que la dinámica del stock dependería y quizás esté determinada por procesos que ocurren más allá del área de influencia de las flotas chilenas (desove y crianza) y las extensas migraciones (reproductivas y de alimentación) que realizaría entre la zona costera y oceánica (ver objetivo específico 7). En segundo lugar, su pesquería es de tipo data-pobre, lo que implica que la información disponible no es suficiente para realizar una evaluación estadística. Si se suma estas características se puede entender por qué no es posible determinar la abundancia/biomasa del stock y sus puntos de referencia (e.g., RMS), que son aspectos claves para definir su estatus y proponer una captura biológicamente aceptable, como lo exige la Ley general de Pesca y Acuicultura de Chile.

Aunque existen enfoques alternativos al establecimiento de puntos biológicos de referencia (PBRs) que pueden aplicarse a pesquerías tipo data pobre (e.g., Griffiths *et al.*, 1999 Caddy, 1998; Caddy, 1999, Smith *et al.* 2009), estos requieren información (e.g., parámetros, supuestos subjetivos o juicio de experto y/o reglas de control basadas en información de pesquerías con mayor información) que no los hacen aplicables al caso de la reineta. Nosotros propusimos como alternativa a explorar el enfoque de Geromont & Buttherworth (2015), pues es una forma sencilla de monitorear los niveles de explotación utilizando indicadores biológicos confiables y relativamente fáciles de obtener como la talla promedio en las capturas. En el caso de la reineta no sólo existe una serie de tiempo de la talla promedio en las capturas, sino también una talla de referencia. Además, Geromont & Buttherworth (2015) proponen un enfoque metodológico detallado para evaluar estrategias de manejo en la reineta basado en la talla de captura, lo que permite probar si se logra los objetivos acordados en presencia de incertidumbre.

Independiente del enfoque seleccionado, se considera que el plan de manejo debería enfocarse en prevenir la sobrepesca del stock y desarrollar un programa de toma de información,

investigación y monitoreo del recurso reineta y su pesquería en el área de influencia de las flotas chilenas.

#### **4.9.6. Conclusión**

- Considerando que la dinámica del recurso reineta sería de población abierta, entonces no es posible por ahora determinar su estatus y fijar una captura biológicamente aceptable (CBA) que conduzca al stock al rendimiento máximo sostenible (RMS).
- Se propone que el modelo de manejo (y futuro plan de manejo) debiera basarse en dos pilares principales, a saber: i) prevenir la sobrepesca del stock de reineta en el área de influencia de la pesquería chilena; y, ii) diseñar, poner en marcha y mantener un programa de toma de información, investigación y monitoreo del recurso reineta y su pesquería en el área de influencia de las flotas chilenas.

#### 4.9.6. Referencias Bibliográficas

- Bruce BD, Bradford R, Daley R, Gree M, Phillips K. 2002. Targeted review of biological and ecological information from fisheries research in the southeast marine region. CSIRO Marine Research, 175 p.
- Caddy JF. 1998. A short review of precautionary reference points and some proposals for their use in data-poor situations. FAO Fisheries Technical Paper, 379, 30 p.
- Caddy JF. 1999. Deciding on precautionary management measures for a stock based on a suite of Limit Reference Points (LRPs) as a basis for a multi-LRP harvest law. NAFO Scientific Council Studies, 32: 55–68.
- CCTRDZCS. 2013. Informe Técnico, Sesión 16 y 17 de diciembre de 2013. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 14 p. ([http://www.subpesca.cl/institucional/602/articulos-82593\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/institucional/602/articulos-82593_documento.pdf)).
- De Oliveira J AA, Kell LT, Punt AE, Roel BA, Butterworth DS. 2007. Managing without best predictions: the Management Strategy Evaluation framework. In: A Payne, J Cotter, T Potter (eds) *Advances in Fisheries science: 50 years on from Beverton and Holt*, pp. 104-134. Blackwell Publishing, CEFAS.
- FAO. 2005. Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fisheries Technical Paper. No. 457. Rome. 233 p.
- Geromont HF, Butterworth, D. S. 2015. Generic management procedures for data-poor fisheries: forecasting with few data. *ICES Journal of Marine Science*, 72: 251–261.
- Griffiths MH, Attwood CG, Thomson R. 1999. A management protocol for the South African line fishery. Third South African Marine Linefish Symposium. South African Network for Coastal and Oceanic Research (SANCOR) Occ Rep, 5: 148–159.
- IWC. 1992. Report of the Scientific Committee, Annex D. Report of the Sub-Committee on Management Procedures. Report of the International Whaling Commission, 42: 87–136.
- Kell LT, Pilling GM, Kirkwood GP, Pastoors M, Mesnil B, Korsbrekke K, Abaunza P, Aps R, Biseau A, Kunzlik P, Needle C, Roel BA, Ulrich-Rescan C. 2005. An evaluation of the implicit management procedure used for some ICES groundfish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 750–759.

- Larkin, P.A. 1977. An epitaph for the concept of maximum sustained yield. *T. Am. Fish. Soc.*, 106: 1-11.
- Maguire JJ, Sissenwine M, Csirke J, Grainger R, García S. 2006. State of World highly migratory, straddling and other high seas fishery resources and associated species. *FAO Fisheries Technical Paper N° 495*, Rome: FAO, 84 p.
- Mace, P. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. *Fish Fish.*, 2: 2-32.
- Maguire JJ, Sissenwine M, Csirke J, Grainger R, Garcia S. 2006. State of World highly migratory, straddling and other high seas fishery resources and associated species. *FAO Fisheries Technical Paper N° 495*, Rome: FAO, 84 p.
- Pilling GM, Apostolaki P, Failler P, Floros C, Large PA, Morales-Nin B, Reglero P, Stergiou KI & Tsikliras AC. 2008. Assessment and management of data-poor fisheries. In: A Payne, J Cotter, T Potter (eds) *Advances in Fisheries science: 50 years on from Beverton and Holt*, pp. 280-305. Blackwell Publishing, CEFAS.
- Smith D, Punt A, Dowling N, Smith A, Tuck G, Knuckey I. 2009. Reconciling approaches to the assessment and management of data-poor species and fisheries with Australia's harvest strategy policy. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 1: 244-254.

## 5. Talleres

Cumpliendo con las Bases Técnicas del Proyecto FIPA 2015-20, el 24 de marzo se realizó el Taller de Coordinación de actividades con representantes del FIP y de la Subsecretaría de Pesca, e investigadores participantes del proyecto. Este taller se concretó vía online Skype en las dependencias de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. El Dr. Hugo Arancibia presentó una síntesis en su condición de jefe de proyecto, además de presentar al equipo de trabajo, la metodología y el cronograma de actividades.

De esa reunión se destaca principalmente:

- Análisis de la metodología de trabajo, enfatizando los representantes del FIP y SubPesca en los muestreos en las VIII, X, XI Regiones que permitan seguir a la flota pesquera que ejerce esfuerzo sobre reineta.
- Debido a la pesca ilegal el jefe de proyecto advierte anticipadamente que se obtendrá muestras de reineta donde exista disponibilidad de materia prima, sea del desembarque directamente o en plantas de procesos.
- Se resalta por parte de una profesional de SubPesca el avance de este proyecto en cuanto a la obtención de información en Puerto Montt (Anahuac) y Puerto Chacabuco, ya que los parámetros de historia de vida disponibles de la reineta están basados solo en los datos de ejemplares desembarcados en Lebu.

En el Anexo 3 se presenta el Acta.

El taller de difusión se realizó el 5 de enero de 2017 en el Auditorio “Centro de Microscopía Avanzada” de la UdeC (Anexo 4). Las temáticas fueron presentadas de acuerdo con el programa (Anexo 4a) por los relatores (investigadores que participan en el proyecto). Se abordó y discutió los principales resultados de este proyecto, los hallazgos científicos del recurso reineta y su pesquería, los modelos de la historia de vida y de explotación pesquera.

En el taller participaron las personas que aparecen en el listado de asistentes (Anexo 4c y 4d). De este taller se tomaron notas, las que se sintetizaron en el Anexo 4e. Sin embargo, se

acentúa la sugerencia de uno de los asistentes, de aplicar un modelo predictivo tipo Beverton y Holt (modelo de rendimiento por recluta), pues se cuenta con los parámetros para alimentar al modelo, haciendo variar  $F$ , solamente, determinando RMS probable. Lo que se atendió y presentó en este informe.

En el Anexo 5 se presenta las PPT mostradas en el taller.

## 6. Equipo de Trabajo

<b>Nombre</b>	<b>Título</b>	<b>Rol y Función</b>
Hugo Arancibia	Biólogo Marino Diplomado en Gestión por Competencias <i>Dr. rer. nat.</i>	Jefe proyecto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Encargado objetivos específicos 2 y 3</li> <li>• Coordinación y administración general proyecto</li> <li>• Coordinación internacional</li> <li>• Relator talleres</li> <li>• Responsable de informes</li> </ul>
Rubén Alarcón	Lic. Biología M. Sc. Pesquerías Dr.(c) Ciencias	Co-investigador y Director Alterno <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimación mortalidad total y natural reineta.</li> <li>• Participación modelo conceptual historia de vida</li> <li>• Responsable objetivos específicos 4 y 5</li> <li>• Relator Talleres</li> </ul>
Mónica Barros	Ingeniero Pesquero, M.Sc. Pesquerías	Co-investigador <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asistente técnica del jefe de proyecto</li> <li>• Coordinación actividades proyecto</li> <li>• Alimentación y mantención bases datos</li> <li>• Encargado objetivo específico 1</li> <li>• Organización talleres.</li> <li>• Responsable bases datos y edición informes</li> </ul>
Sergio Neira	Biólogo Marino M.Sc. Pesquerías Ph.D. Ecología Marina	Co-investigador <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo conceptual historia de vida reineta</li> <li>• Modelo conceptual explotación pesquera reineta</li> <li>• Responsable objetivos específicos 7 y 8</li> <li>• Confección informes.</li> <li>• Relator talleres</li> </ul>
Lilian Cisterna	Biólogo Marino M.Sc. Pesquerías	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestreo y lectura otolitos</li> <li>• Análisis e interpretación micro-incrementos diarios</li> <li>• Modelo de crecimiento</li> <li>• Responsable sub-ítem crecimiento</li> <li>• Confección informes</li> <li>• Relator talleres</li> </ul>
Juan Gavilán	Biólogo Marino Dr. Ciencias Ambientales	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Madurez reineta método microscópico, ciclo, ojiva y talla media madurez</li> <li>• Participación en confección informes</li> <li>• Relator talleres</li> </ul>
Sebastián López	Biólogo Marino M.Sc. Biología Marina Ph.D. Conservation in Medicine	Co.-investigador <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis contenido estomacal reineta</li> <li>• Espectro trófico</li> <li>• Consumo poblacional</li> <li>• Responsable objetivo específico 6</li> <li>• Participación talleres</li> <li>• Elaboración Informes</li> </ul>
Arnaldo Zúñiga Mustreador San Vicente	Ing. (E)Pesca	Técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación muestreos y responsable muestreos VIII Región</li> </ul>

<b>Nombre</b>	<b>Título</b>	<b>Rol y Función</b>
Manira Matamala Mustreador Puerto Montt	Biólogo Marino	Técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestras desembarques</li> </ul>
Hernán Rebolledo Encargado Mustreos Puerto Chacabuco	Ing. (E) Pesca	Técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación muestreos desembarques y bio-específicos</li> </ul>
René Riffo Puerto Chacabuco	Biólogo Marino	Técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestras desembarques y bio-específicos</li> </ul>
Blanca Molina	Biólogo Marino	Técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis muestras estómagos</li> <li>• Análisis muestras isótopos</li> </ul>
Francisca Hernández	Biólogo Marino	Técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis muestras estómagos</li> <li>• Análisis muestras isótopos</li> </ul>
Mauricio Quiroz Jara	Biólogo M.Sc. Fisiología	Técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis de datos y trabajo laboratorio microscopía</li> </ul>
Paúl San Martín	Biólogo	Técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo laboratorio microscopía</li> </ul>
Camila Sagua	Biólogo Marino	Técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo laboratorio otolitos</li> </ul>
Peter Horn	Ph.D. New Zealand	Experto internacional (apoyo)

# **ANEXOS**

**Anexo 1. Dossier Bibliográfico**  
**(CD Archivo: FIP2015-20\_DossierReineta.enl)**

## **Anexo 2. Composición de tamaños de reineta en el desembarque por sexo, mes y Región**

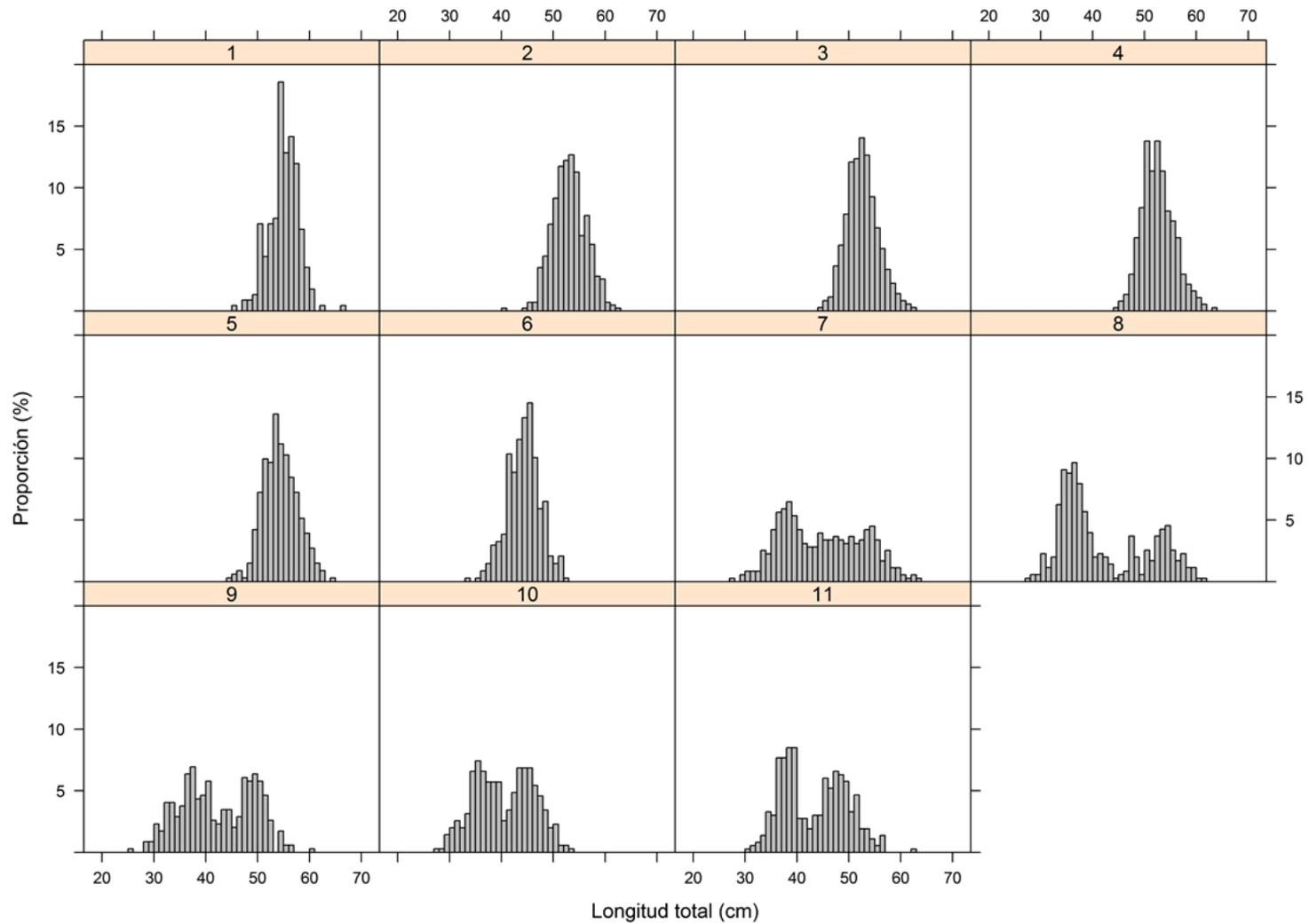


Figura 1. Composición de tamaños de machos de *B. australis* en el desembarque de la VIII Región entre enero y noviembre de 2016.

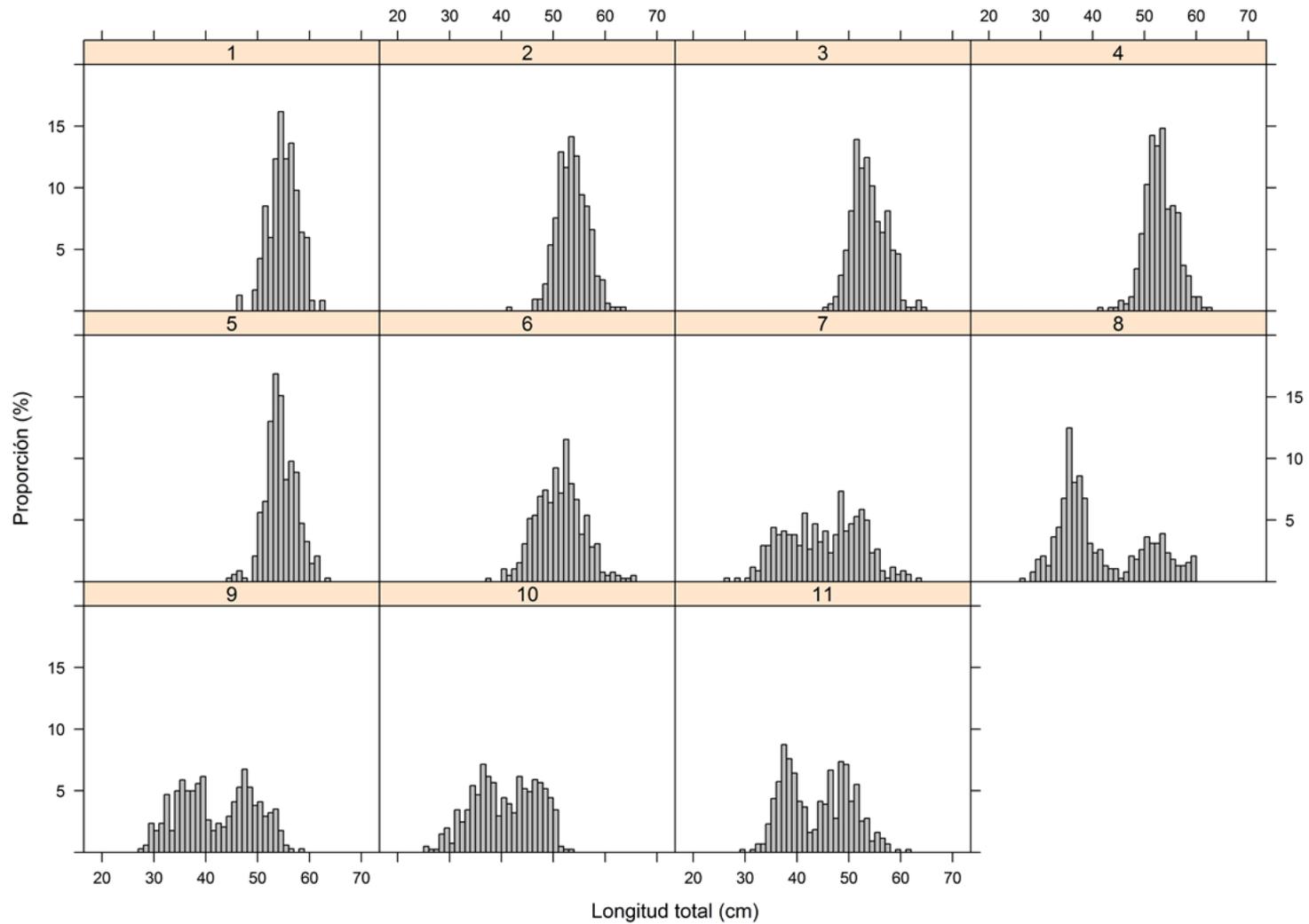


Figura 2. Composición de tamaños de hembras de *B. australis* en el desembarque de la VIII Región entre enero noviembre de 2016.

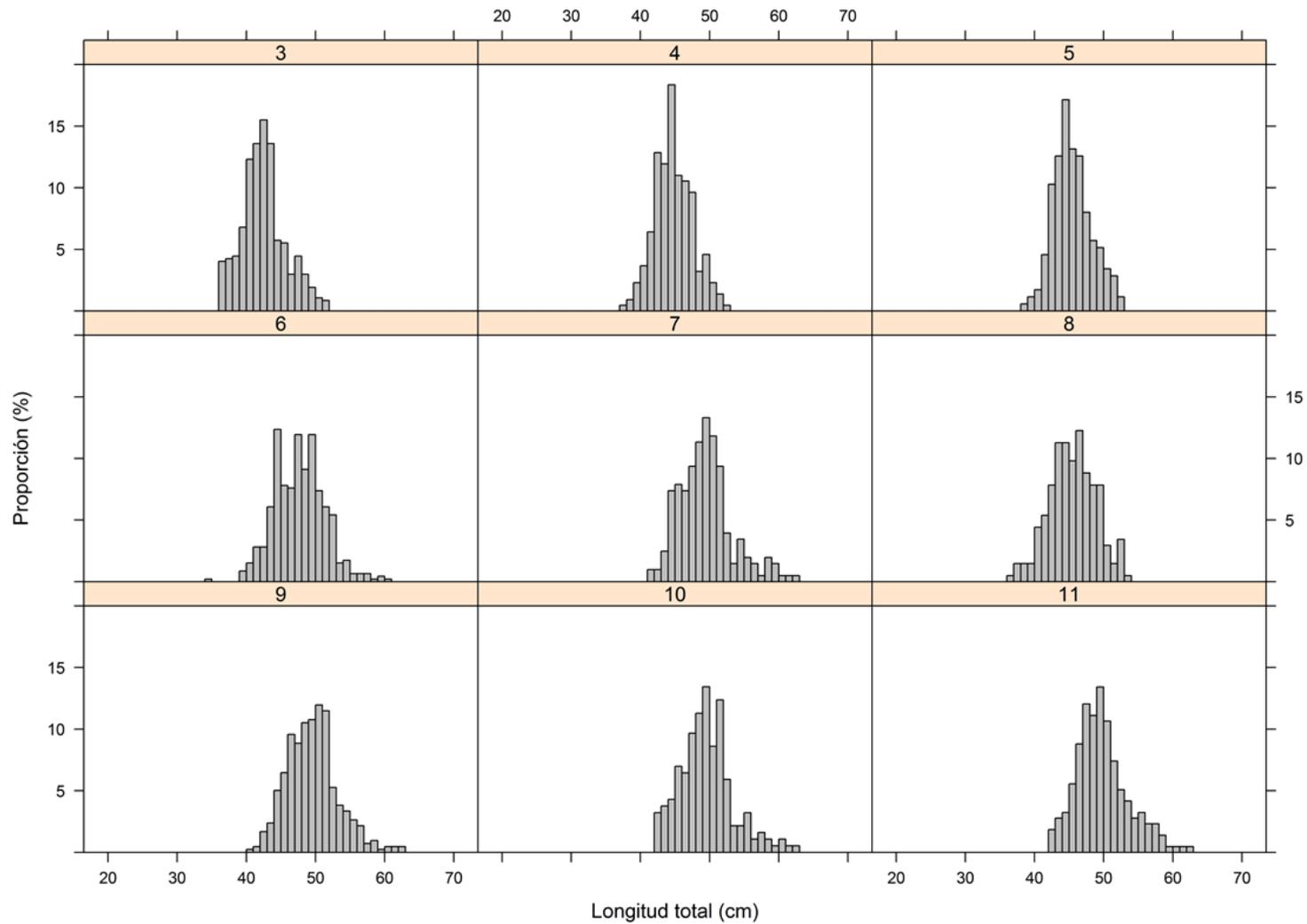


Figura 3. Composición de tamaños de machos de *B. australis* en el desembarque de la X Región entre marzo y noviembre de 2016.

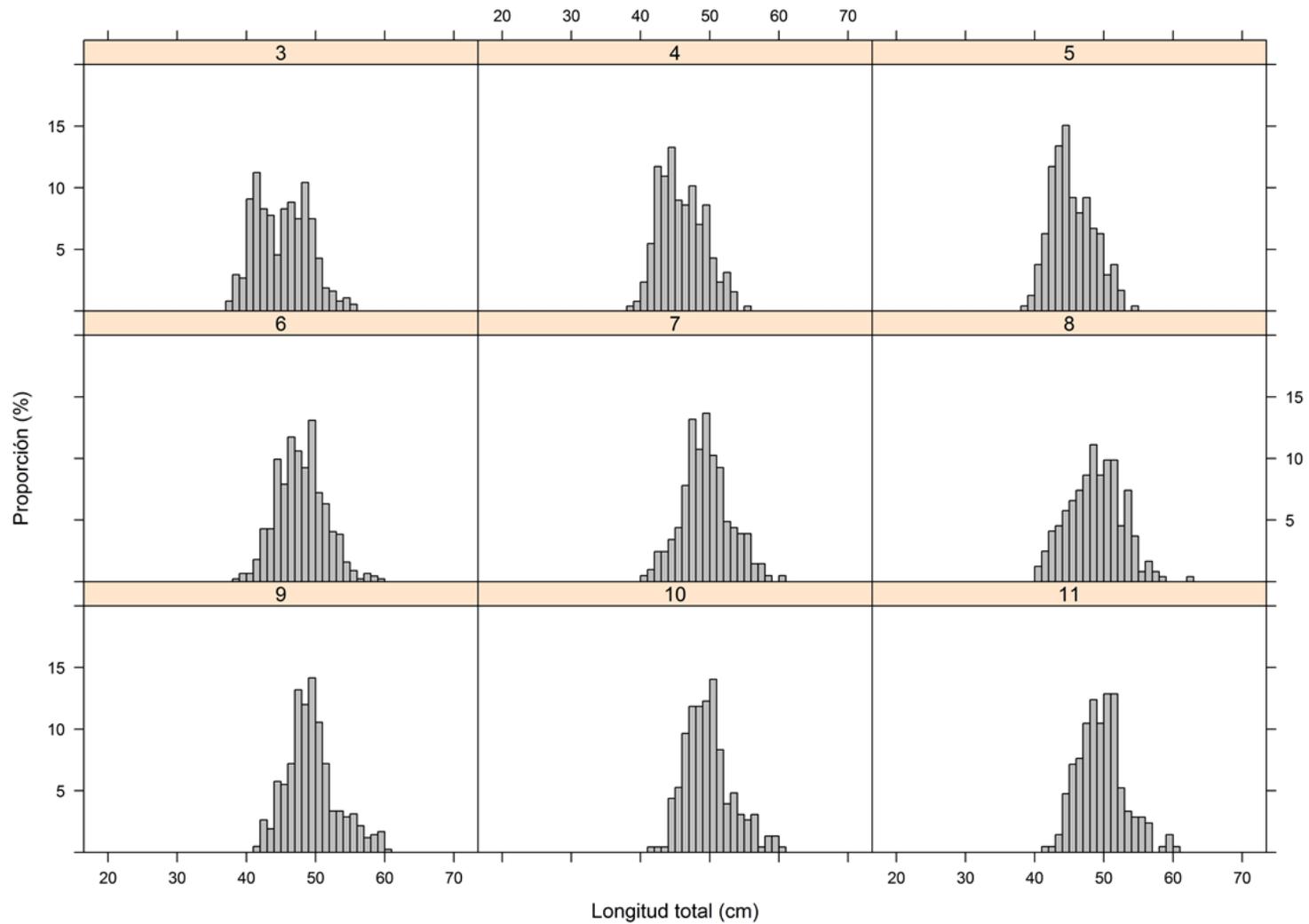


Figura 4. Composición de tamaños de hembras de *B. australis* en el desembarque de la X Región entre marzo y noviembre de 2016.

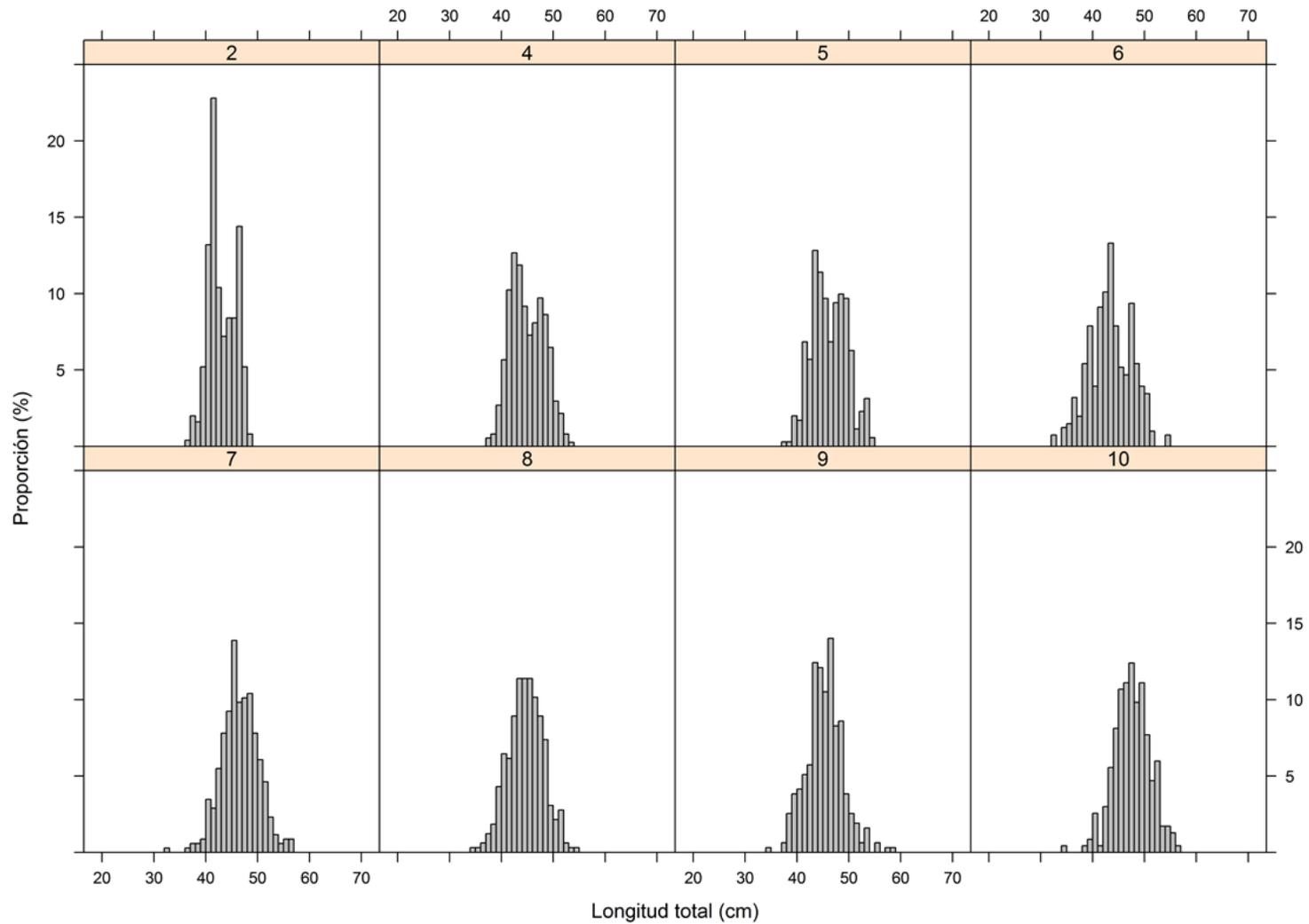


Figura 5. Composición de tamaños de machos de *B. australis* en el desembarque de la XI Región entre febrero y octubre de 2016.

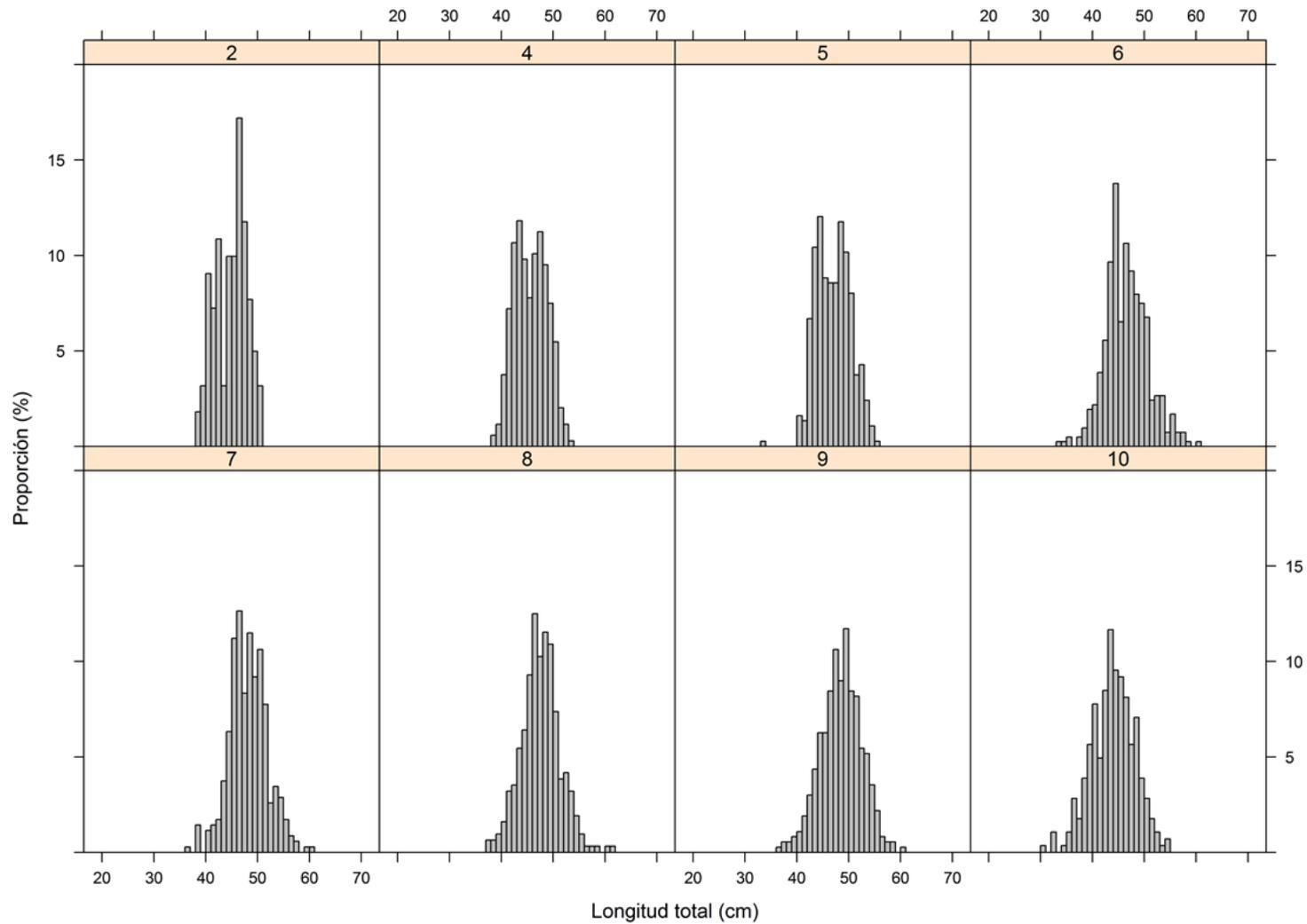


Figura 6. Composición de tamaños de hembras de *B. australis* en el desembarque de la XI Región entre febrero y octubre de 2016.

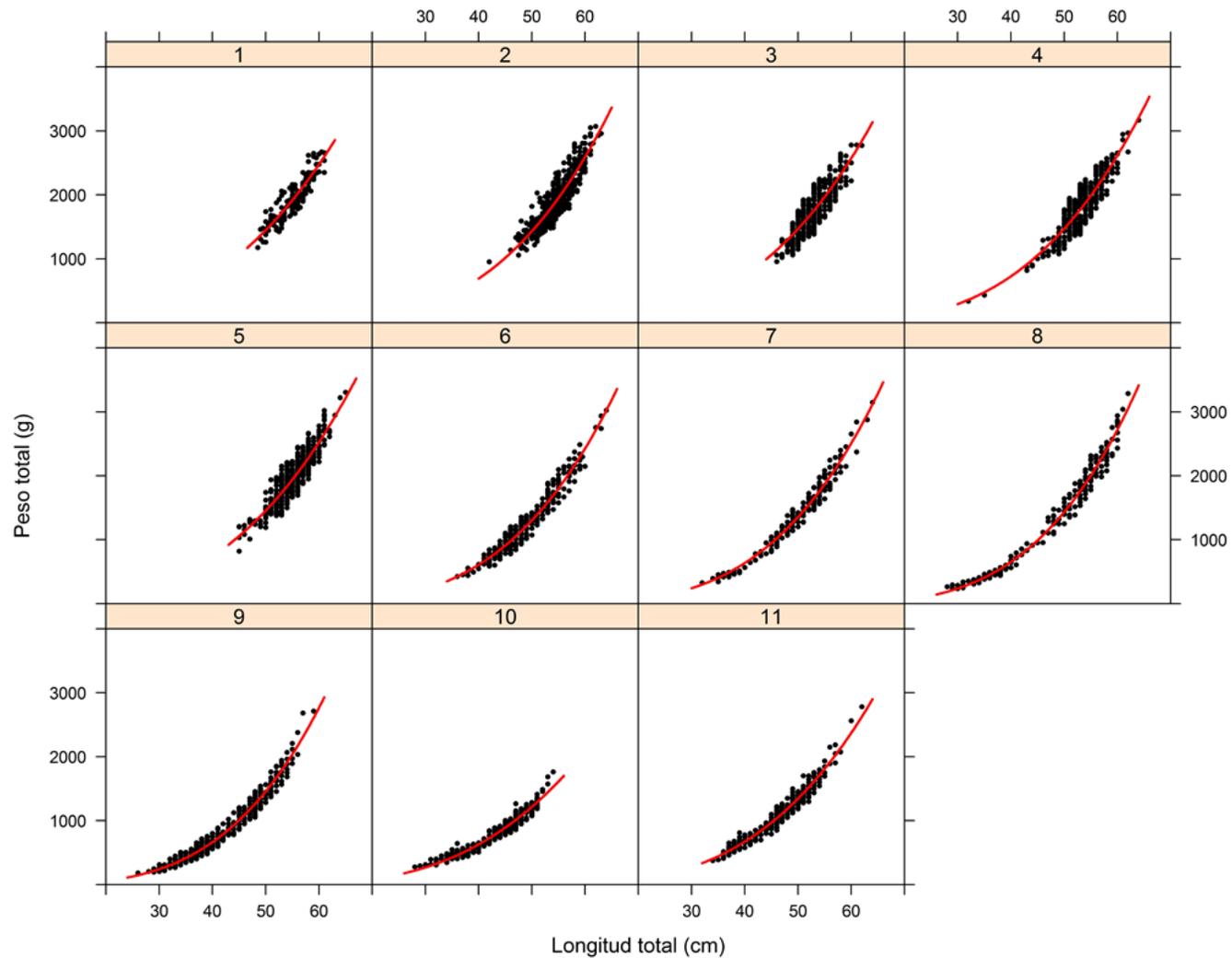


Figura 7. Relación longitud total (LT, cm) – peso total (g) de *B. australis* (ambos sexos) en el desembarque de la VIII Región entre enero y noviembre de 2016.

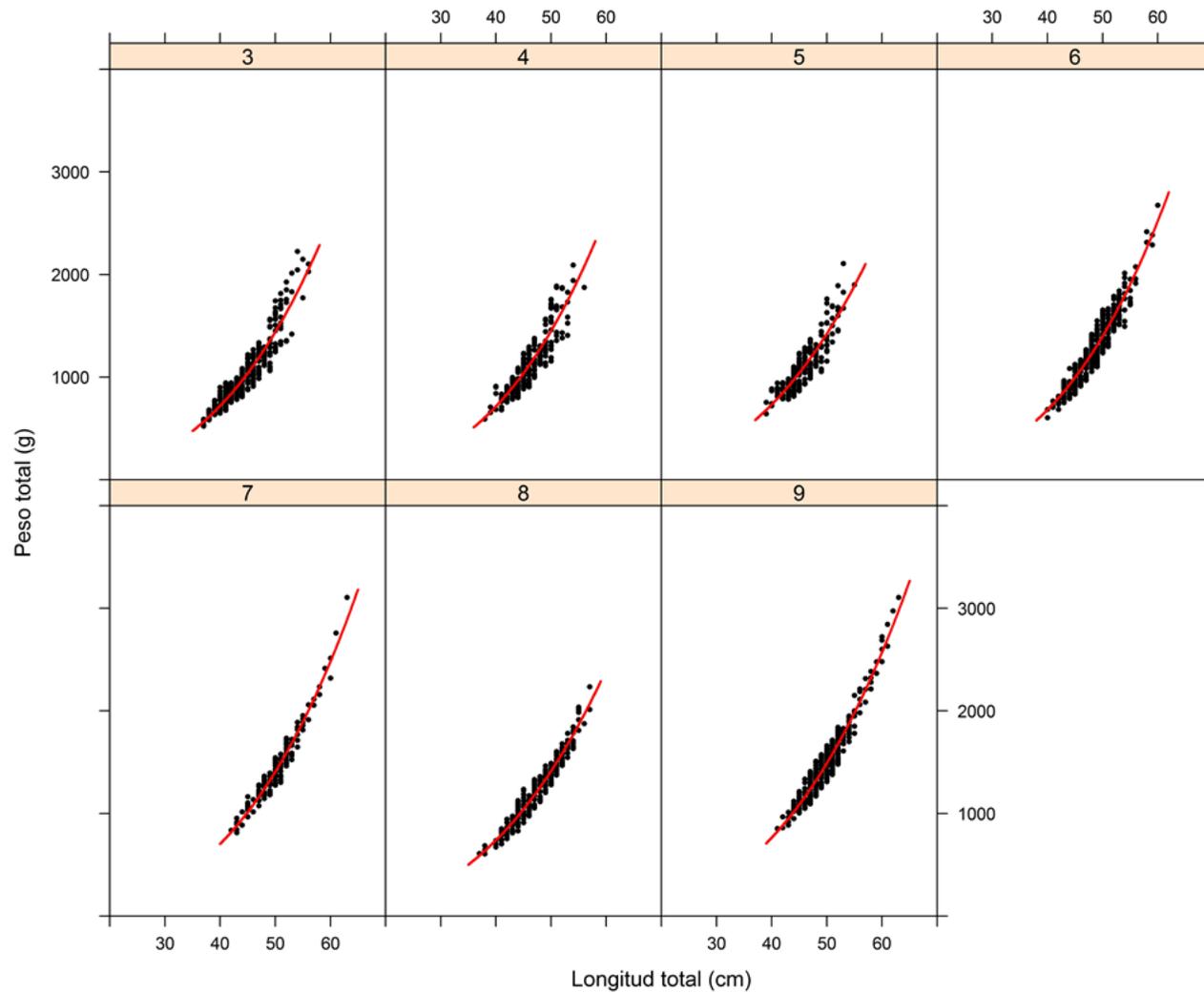


Figura 8. Relación longitud total (LT, cm) – peso total (g) de *B. australis* (ambos sexos) en el desembarque de la X Región entre marzo y septiembre de 2016.

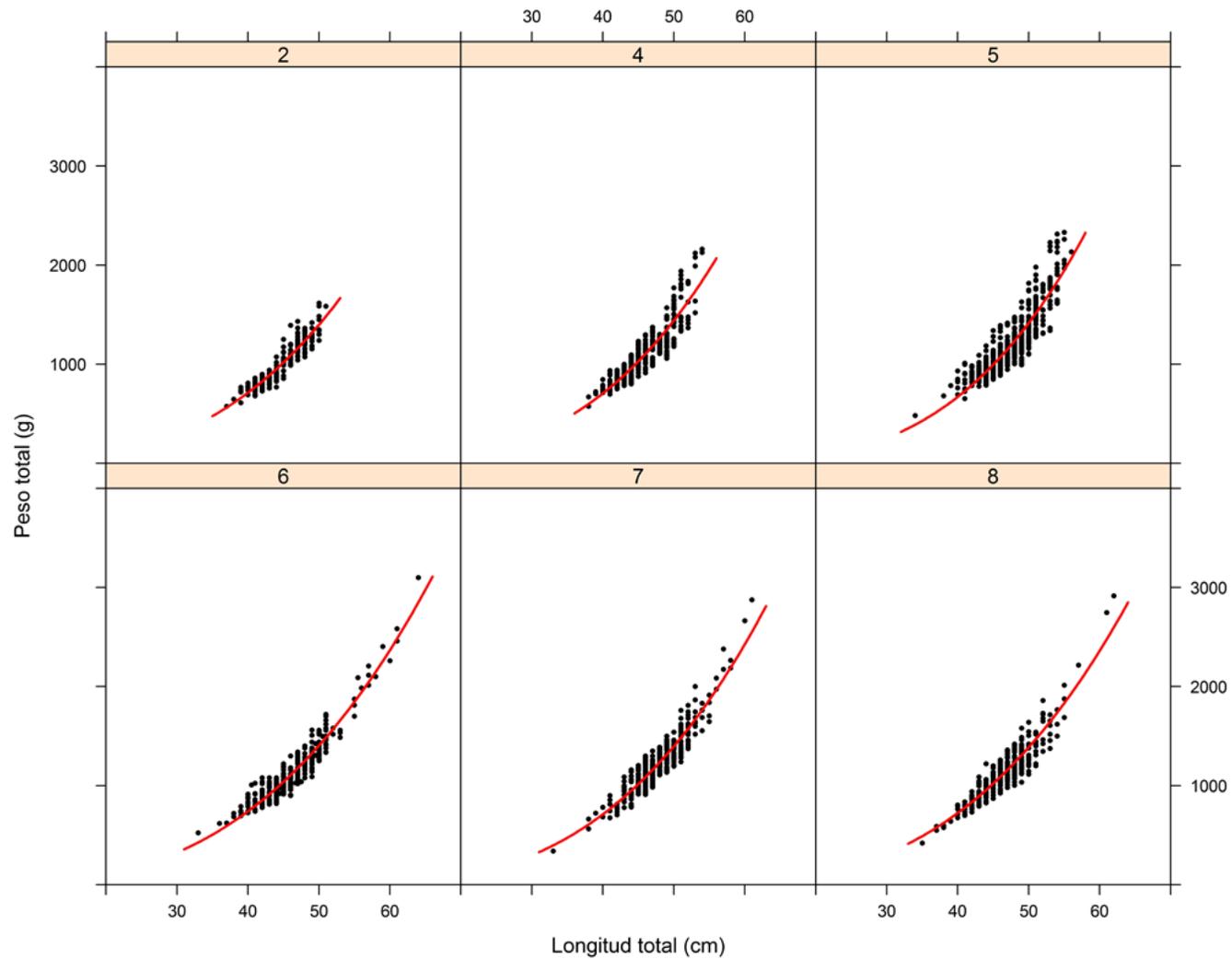


Figura 9 Relación longitud total (LT, cm) – peso total (g) de *B. australis* (ambos sexos) en el desembarque de la XI Región entre febrero y agosto de 2016.

## **Anexo 3. Acta Taller de Coordinación FIPA 2015-20**

## ACTA

### Reunión de Coordinación del Proyecto FIPA 2015-20

#### “Actualización de los parámetros de historia de vida de reineta (*Brama australis*) en aguas nacionales”

El miércoles 24 de marzo de 2016 se realizó el taller de coordinación del proyecto FIPA 2015-20 “Actualización de los parámetros de historia de vida de reineta (*Brama australis*) en aguas nacionales” con la participación de los sectorialistas de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SubPesca) e investigadores de la Universidad de Concepción (UdeC) que participan en el proyecto. El taller se desarrolló a través de teleconferencia vía Skype en la sala de reuniones del COPAS Sur-Austral, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Concepción.

La reunión se inicia a las 09:15 horas y asisten:

Por SubPesca:

Nombre	Cargo
Luis Carroza	FIP
Camila Bustos	Sectorialista de reineta
Jorge Farías	Sectorialista de reineta y merluza común

Por la UdeC:

Nombre	Cargo
Hugo Arancibia	Jefe de proyecto
Mónica Barros	Asistente del jefe de proyecto, encargada de muestreos
Lilian Cisterna	Investigador encargado OE 3 crecimiento (otolitos)
Rubén Alarcón	Investigador encargado OE's 4 y 5
Juan Francisco Gavilán	Investigador encargado OE 5 madurez (microscopia óptica)
Mauricio Quiroz	Técnico OE 5 madurez (microscopia óptica)
Sergio Neira	Investigador encargado OE's 7 y 8

Previo a la reunión se envió la presentación (formato PPT) que contiene los temas a abordar en la presente reunión.

## **Desarrollo de la sesión y resumen del turno de palabra**

### **Presentación del proyecto**

El Dr. Hugo Arancibia, quien preside la reunión, describe brevemente los ocho objetivos biológicos y pesqueros del proyecto, a saber:

- OE1:** Revisar y actualizar la información biológica de reineta tales como: crecimiento, madurez, mortalidad, etc.
- OE2:** Revisar estudios previos de reineta como distribución de tamaños en las capturas u otros.
- OE3:** Generar indicadores del stock de reineta, relacionados con parámetros de crecimiento y comparar con lo encontrado en el OE2
- OE4:** Generar indicadores clásicos de la pesquería de reineta como captura, cpue, captura a la edad.
- OE5:** Describir el proceso reproductivo de reineta.
- OE6:** Determinar la dieta y tasa de consumo de reineta mediante modelos indirectos.
- OE7:** Formular un modelo conceptual de la historia de vida del stock de reineta basado en la edad de reclutamiento, edad de primera captura, edad crítica, edad máxima de la pesquería
- OE8:** Formular un modelo conceptual de explotación pesquera de reineta.

Además, se presenta el grupo de trabajo que integra el proyecto (algunos presentes en la sala), indicando el o los investigadores responsable de cada objetivo propuesto; los técnicos encargados de la obtención de muestras en puertos de desembarque (San Vicente, Anahuac, Calbuco, Puerto Chacabuco) y asesor extranjero, Peter Horn.

El Dr. Arancibia informa de las actividades desarrolladas hasta la fecha, como también los esfuerzos realizados para los muestreos biológico-específicos y de frecuencia de tamaños en los lugares de desembarque propuestos. Además se presenta:

- Aspectos administrativos y operacionales de interés como fecha de aprobación del contrato, donde se fija la fecha de inicio del proyecto (19 de noviembre de 2015) mediante carta N° 903 del 23 de noviembre de 2015 y se establece fechas de entrega de informes de avance, pre-informe final y final. Además se menciona la fecha de ingreso de dinero (primer pago) para la ejecución del proyecto (19 de enero de 2016).
- Se explica detalladamente avances realizados respecto de los muestreos, los que iniciaron la cuarta semana de enero en la VIII Región (al norte de Punta Lavapie). Se aclara que la única posibilidad de muestreo de reineta en febrero y parte de marzo es en las plantas pesqueras, a saber: Congelados del Pacífico en San Vicente (contacto directo con el jefe planta y gerente general); Seafood en Lota, que recibe los desembarques de la flota de Lebu; Frio Sur en Puerto Chacabuco (pesca industrial).
- Se capacitó a técnicos para abordar dos tipos de muestreo, a saber:
  1. Frecuencia de tamaños por sexo (enero y febrero).
  2. Biológico: toma de datos de talla-peso; remoción de ovarios para histología gonádica; remoción de cabezas para remover los otolitos, trabajo delicado que se debe realizar en laboratorio y no en planta; remoción de estómagos para análisis de dieta y consumo; entre otros). Las muestras colectadas de cabezas, estómagos y gónadas son enviadas a cada investigador responsable, quienes se encargan del montaje en laboratorio para su respectivo análisis.
- Indica hasta la fecha el estado de los muestreos, los que se realizan con la frecuencia con que la pesca llega a la plantas. Allí es donde se intensifica el muestreo. Se nos informó el traslado de la pesca al sur y se hizo algunos muestreos provenientes de los desembarques en Anahuac y Dalcahue.

**Consulta de sectorialista (Jorge Farías):**

¿En el abastecimiento en planta, la reineta recibida tiene algún sesgo o hay sesgo en lo que se desembarca?, ¿hacen alguna selección previa?

R/HA: No. La planta recibe todo lo que se desembarca, la reineta llega completa, sin eviscerar. No existe posibilidad de embarcar personal para realizar muestreos a

bordo, ni siquiera en barcos industriales (no hay habitabilidad porque técnicos de IFOP trabajan en el programa de cuantificación del descarte). Sin embargo, se hace gestiones para obtener muestras del by-catch de la pesquería de jibia ya que enero y febrero se observó la presencia de reineta. Pero, en marzo desapareció del by-catch.

### **Dificultades encontradas:**

El desembarque de la pesca artesanal es prácticamente imposible muestrearlo en los puertos porque la reineta es vendida completa (sin eviscerar), lo que impide su manipulación. Sin embargo, se ha tenido acceso a través de la materia prima adquirida en las plantas pesqueras, donde se ha realizado muestreos hasta la fecha debido a la buena gestión realizada tanto por los encargados del muestreo (Hernán Rebolledo en Calbuco; Manira Matamala en Anahuac; Camila Sagua y Mónica Barros en San Vicente y Lota) como de los muestreadores.

### **Consulta de sectorialista (Jorge Farías: JF):**

**JF1:** Dado el alto precio de la reineta, obtener las muestras de la pesca artesanal es bastante complejo, ¿han pensado en comprar las muestras de reineta?

**R/HA:** Casi, imposible con ese precio (\$3.700/kg). Hay armadores artesanales en sus mismos camiones están trasladando la pesca desde Anahuac hasta Arica con el fin de llegar a Perú. La dinámica de la actividad exige que se tenga una red de contactos con Puerto Montt, Puerto Chacabuco y Aysén.

**HA** hace una proposición: que el evaluador o los evaluadores auditen las actividades de campo del proyecto y la debida gestión para la obtención de muestras, si lo creen oportuno.

Razones: se nos dijo que es muy probable que la pesca artesanal de la X Región a partir de abril se dedique a la pesca de “la negra”, es decir, pesca no autorizada, la que será desembarcada en lugares que tiene habilitados para la pesca negra. Esta actividad se debe a que los acuerdos entre los pescadores de la VIII (Lebu), X y XI Regiones aún no están establecidos y hay armadores de la XI Región que indican que con acuerdo o sin acuerdo, saldrán a pescar.

Este aviso de advertencia se hace anticipadamente porque se obtendrá muestras donde exista disponibilidad de materia prima (reineta).

**JF2:** Es importante para efecto de la fuerza del proyecto se deba obtener el número máximo de muestras posibles, hablando en el contexto costo-beneficio más apropiado. Sin embargo, hay un tema que es de preocupación, y tiene que ver con la operación de la pesca industrial austral, la que opera de septiembre a octubre. ¿Ustedes van a tener acceso a esos desembarques en planta?

R/HA: Absolutamente. En noviembre del año pasado se hizo una reunión en Coyhaique con el gerente general de una empresa pesquera y luego en enero otra reunión con el gerente de planta en Puerto Chacabuco; ambos están interesados en la toma de información y actualmente están embarcando regularmente a muestreadores de IFOP. Entonces, se tendrá disponibilidad completa de esa materia prima para muestrear en planta (como ha ocurrido hasta la emisión de este pre-informe final).

**JF3:** ¿Estaríamos hablando de octubre de este año?

R/HA: Eventualmente, ellos tienen un mix de diferentes productos.

**Consultas de sectorialista (Camila Bustos, CB):**

¿Se tiene considerado realizar muestreos en Valdivia y la VII Región?

R/HA: Se tiene el contacto con pescadores de caleta Amargo, Corral; con quien ya se ha trabajado en proyectos anteriores (FIP 2015-28 de congrio dorado) por lo que se espera disponer de esa información. En la VII Región no se tiene mucha información de lo que está pasando con la pesca y lo más probable es que todo el desembarque de reineta se destine directamente a Santiago. Se debe reevaluar y tomar información, en el caso de que ocurran desembarques importantes en esa Región.

**Comentario de CB1:**

Se tiene conocimiento que los desembarques de reineta en el año se concentra en tres períodos distintos: (i) entre enero y marzo el desembarque se concentra en la VII y VIII Regiones y gran parte de los desembarques declarados por la VIII Región, provienen del esfuerzo de pesca realizado en la VII Región; (ii) luego la reineta pasa al sur y es capturada por la VIII Región en Valdivia, siendo reportada por la VIII Región y en Valdivia; (iii) después el desembarque pasa a la X Región, concentrándose de mayo a septiembre en la VIII y XI Regiones.

**Recomendación:** hacer el seguimiento al desembarque de la reineta donde la flota lo indique.

Pregunta: ¿se tiene considerado hacer muestreos en Valdivia?

R/RA: Indica que en Valdivia se está realizando pesca, pero, por motivos de Semana Santa, los pescadores realizan la entrega directa a remitentes, imposibilitando los muestreos. Además, la duración de la temporada de pesca dependerá de la cuota que les quede después de Semana Santa; incluso algunos pescadores ya están pensando en trasladarse más al sur.

**Comentario de CB2:**

El año pasado existía un programa de autorización de extracción por área de operación de embarcaciones de la VIII hacia la X Regiones. Esa consulta no se volvió a hacer, por lo tanto, esa flota no estaría autorizada para ir a la X Región. Sin embargo, hay embarcaciones que por la eslora no tienen la obligación de declarar y se están desplazando hacia el sur. Este año se debería sacar una modificación de esa ley, donde se autorice a la VIII y X Regiones, para que

también se puedan desplazar hacia la XI. Pero, no se sabe cuándo saldrá esa autorización ya que la modificación es un proyecto de ley que debe entrar a concurso. Pero este año la VIII y X Regiones estarían autorizadas para desplazarse a la XI Región. Entonces, si se tiene buenos contactos con la VIII Región se podría tener un mayor muestreo, debido a que los pescadores de la VIII Región, por conveniencia, desembarcarían en la X Región, no en la XI Región.

R/HA: lo que se quiere transmitir es que hay incertidumbre en el sector artesanal y los industriales compran cuando los precios fueron razonables. Una vez sube el precio, la compra se torna prácticamente nula. Existen problemas, pero se están muestreando con mucho esfuerzo.

### **Comentario de CB3:**

La información de parámetros de vida que existe actualmente para la reineta está enfocada en Lebu y se considera de gran avance que este proyecto esté tomando información en Puerto Montt y Puerto Chacabuco, que es la idea inicial de este proyecto.

Sin más que tratar el Jefe de Proyecto levanta la sesión y da por cerrada la reunión. La presente Acta no es firmada por haberse realizado la reunión online.

(Hugo Arancibia)

Jefe de Proyecto FIPA 2015-20

Barrio Universitario, 24 de marzo de 2016.

## **Anexo 4. Taller de Difusión de Resultados**

## Anexo 4a

### Invitación al Taller de Difusión de Resultados



*Hugo Arancibia, jefe del proyecto FIP 2015-20 "Actualización de parámetros de historia de vida de reineta (*Brama australis*) en aguas nacionales", saluda atentamente a usted y tiene el agrado de invitarle al **Taller de Difusión de Resultados** de dicho proyecto, el que se efectuará el jueves 5 de enero de 2017 a partir de las 09:00 horas en el Auditorio del Edificio "Centro de Microscopía Avanzada" de la Universidad de Concepción (sector Facultad de Ciencias Biológicas, al lado de la Osteoteca, 2° piso).*

*Barrio Universitario, diciembre de 2016.*

*S.R.C.: mobarros@udec.cl*

# Anexo 4b

## Programa del Taller de Difusión de Resultados



### PROGRAMA TALLER de DIFUSION

#### Proyecto FIP 2015-20

#### “Actualización de parámetros de historia de vida de reineta (*Brama australis*) en aguas nacionales”

**Lugar:** Auditorio Edificio Centro de Microscopía Avanzada (sector Facultad de Ciencias Biológicas al lado de la Osteoteca, 2° piso), Universidad de Concepción

**Fecha :** jueves 5 de enero de 2017; **hora:** de 09:00 a 12:30 horas

Hora	Título y expositor
09:00 a 09:10	Inscripciones
09:15 a 09:30	Presentación de objetivos del proyecto. Jefe de Proyecto: Hugo Arancibia
09:30 a 09:45	Objetivo Específico 1: - Antecedentes de reineta en Chile y en el extranjero, incluyendo crecimiento y edad, mortalidades natural y total. Expositores: Hugo Arancibia
09:45 a 10:00	Objetivos Específicos 2 y 4: - Distribución de frecuencias de tamaños en las capturas e indicadores de la pesquería (capturas, esfuerzo y cpue) con antecedentes previos y de este proyecto. Expositor: Rubén Alarcón
10:00 a 10:15	Objetivo Específico 3: - Parámetros de historia de vida del stock de reineta (crecimiento individual, mortalidades natural y total, relación longitud-peso). Expositores: Lilian Cisterna & Hugo Arancibia
10:15 a 10:30	Objetivo Específico 5: - Biología reproductiva de reineta (resultados de este proyecto y previos) Expositor: Mauricio Quiroz
10:30 a 11:00	Pausa de café
11:00 a 11:15	Objetivo Específico 6: - Alimentación de reineta, tasa de consumo y consumo/biomasa. Expositor: Sebastián López
11:35 a 11:50	Objetivos Específicos 7 y 8: - Modelo conceptual de historia de vida del stock de reineta y alineamiento de edades ( $t_r$ , $t_c$ , $t^*$ , $t_{max}$ ). - Modelo conceptual de explotación pesquera del stock de reineta. Expositor: Sergio Neira
11:50 a 12:20	Conclusiones y comentarios

## Anexo 4c

### Asistencia del Taller de Difusión de Resultados

Taller de Difusión de Resultados

Proyecto FIP 2015-20

“Actualización de parámetros de historia de vida de reineta (*Brama australis*) en aguas nacionales”

Universidad de Concepción, enero 5 de 2017

#### ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	ANDRES FRANCO	CEPES	atramco@cepes.cl	
2	Ma. Jesús Galvez	Subpesca	mjgalvez@subpesca.cl	
3	Jorge Fariña	SSA	jfariar@sspe.cl	
4	Juan Fern. Gaurbau	UdeC	jgaurbau@udec.cl	
5	Pedro Galvez	IFOP	pedro.galvez@ifop.cl	
6	Paul Nau Martin	UdeC	Paulnau@udec.cl	
7	JORGE SATELOR	IFOP	jorge.satelor@ifop.cl	
8	Claudio Salas	Impesca	clausalas@impesca.cl	
9	Aurelio Zúñiga	Impesca	azuñiga@impesca.cl	
10	JORGE ZORRILLA	SEMARESCA	jzorrilla@semareca.cl	

#### ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	Rodrigo Valencia	SEMARESCA	979660653	
2	RUBEN ARAUJO	UDEC- PLAZA	92650889	
3	Alexandra Gretchina	IMPESCA	978073095	
4	Ruben Lopez B	Impesca	prodrlopez@impesca.cl	
5	Sergio Henning	Semareca	(Alorenzo@semareca.cl) 912511175	
6	Juan C. Torres	Semareca	jtbar@semareca.cl	
7	Lokan Cesterna	IMPESCA	lcesterna@impesca.cl	
8	Aurelio Zúñiga	IMPESCA	azuñiga@impesca.cl	
9	Emiliano Klaman	UNAB	klaman@unab.cl	
10	Sergio Neira	UdeC	reneira@udec.cl	

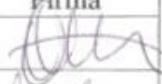
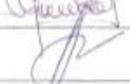
## Taller de Difusión de Resultados

## Proyecto FIP 2015-20

"Actualización de parámetros de historia de vida de reineta (*Brama australis*) en aguas nacionales"

Universidad de Concepción, enero 5 de 2017

## ASISTENCIA

Nº	Nombre	Institución	Email y/o Teléfono	Firma
1	Mauricio Quiroz J.	Udec	mauricioquiroz@udec.cl	
2	Claudia Bruni H.	INPESCA	cbruni@inpesc.cl	
3	Mónica Barros J.	Udec	mobarros@udec.cl	
4	Hugo Brancibia	Udec	hbrancibia@udec.cl	
5				
6				
7				
8				
9				
10				

## Anexo 4d

### Registro fotográfico del Taller de Difusión de Resultados



Foto 1. Hugo Arancibia, Jefe de proyecto



Foto 2. Sergio Neira. Investigador participante del proyecto



Foto 3. Sebastián López, Mónica Barros. Investigadores participantes del proyecto



Foto 3. Asistentes del Taller



Foto 3. Jefe de Proyecto y Asistentes del Taller

## Anexo 4e

### NOTAS de las PRESENTACIONES y SÍNTESIS – Taller proyecto FIPA 2015-20

#### Introducción y Objetivo Específico 1

- En los desembarques en Chile central y sur aparecen distintas especies, al menos *Brama australis*, *B. japonica* y *Xenobrama* sp.; se solicita incluir algunas fotos en informe final.
- Se captura *B. australis* y otras especies de *Brama* por la flota de altura que captura jurel (la reineta aparece como bycatch).
- Se sugiere realizar estudios de identificación de especies de *Brama* en los desembarques de Chile; aparecería cerca de 1,5% de individuos de “la otra” especie, que sería *Xenobrama* sp. o *Brama meyersi*.
- Existen diversas formas del otolito de reineta. Se consulta cómo se lee los micro-incrementos diarios en los distintos morfos de los otolitos de esta especie. El otolito de reineta es complicado de obtener y leer.
- La morfometría del otolito se usa para identificar especies, no para determinar la edad.

#### Objetivos Específicos 2 y 4

- Distribución de capturas por región, predominan los desembarques acumulados de la 8ª Región, pero el mejor rendimiento es de la flota de la 10ª Región, probable-mente porque son menos lanchas.
- Principales capturas desde Punta Lavapié hasta Isla Mocha, por un lado, y sur de isla de Chiloé a Península de Taitao.
- El análisis histórico de desembarques contempla flotas que dirigieron o no el esfuerzo a reineta como especie objetivo.
- El análisis del rendimiento espacial en 2016 (mensual, ene. a nov.) se hizo para la flota de lanchas cuya especie objetivo fue reineta.
- Existe un breve gradiente latitudinal en las tallas medias de reineta, siendo poco más pequeños hacia el sur, pero las diferencias no son significativas.
- A partir de julio aparecen dos grupos modales (38 cm y 48-50 cm LH); antes solo una distribución normal con una moda principal.
- Pesca de arrastre industrial histórico y actual es media-agua. Pesquería de merluza austral existe concepto de “especie asociada”, la que puede ser capturada como especie objetivo solo desde XI Región al sur.
- Existe diferenciación del tamaño de los ejemplares de reineta con el arte (arrastre, red enmalle y espinel), tanto histórico como en el estudio actual.

#### Objetivo Específico 5

- El factor de condición (K) tiende a disminuir con el transcurso del año con menores valores en agosto y octubre, pero las diferencias no son significativas. No existe diferencias de K para ejemplares de reineta de Chile central y sur.
- IGS aumenta hacia invierno con el máximo en agosto, coincidiendo con otros estudios.

- Se sugiere reanalizar datos de ejemplares estado IV (considerarlos maduros incipientes para informe final).
- No se puede validar aún escala macro- con la escala microscópica.

### Objetivo Específico 6

- consumo de reineta promedio: 1% de su peso corporal por día.
- alimentación con alta dominancia y mediana diversidad, basada en eufáusidos, cambio trófico ontogenético aunque no por zonas;
- ¿cómo pueden ayudar estos trabajos a entender y manejar mejor a los recursos pesqueros y sus pesquerías? Por ejemplo, conociendo la estructura de la trama trófica.

### Objetivos Específico 7 y 8

#### Objetivo 7

- individuos de mayor rango de tallas y mayor talla media en la zona central de Chile que en el sur;
- $L_{\infty}$  59,5 cm LH machos y 59,6 cm LH hembras.
- Talla media de madurez en 37 cm LH, aprox. (2 a 3 años de edad).
- Sin signos de desove reciente en la zona costera de Chile.
- Desove invierno tardío y principio de primavera en la zona oceánica (o al menos más allá de las zonas de influencia de las flotas).
- En 1 año de edad y poco más (25 cm LH) ocurre tr, la que se iguala a tc, pero población abierta.
- $t_{m\acute{a}x}$  10 años en la pesquería. Entonces, la reineta estaría unos 9 años en fase explotada (desde edad 2 hasta la edad 10).
- El reclutamiento a la pesquería (25 cm LH) ocurriría en la zona sur, migrando después hacia zona central de Chile. Pero, ¿hay flujo hacia Nueva Zelanda? No es posible responder a esta pregunta.
- El circuito propuesto de reineta no es estático, sino que sería móvil en distintas épocas (supra-anales).
- ¿Habría otro modelo de distribución espacio-temporal de reineta? En la zona sur debería haber no solo juveniles, sino también pre-maduros.
- El modelo de distribución de los ejemplares del stock de reineta podría estar asociado a la distribución de la Deriva del Oeste y a la Convergencia Subtropical.

#### Objetivo 8

- La reineta es trans-zonal (Convención del Derecho del Mar de la ONU), altamente migratoria (Familia Bramidae; ver FAO). Pesquería y stock con data pobre, lo que conduce a adoptar el enfoque precautorio.
- stock con dinámica de población abierta; luego, no es posible por ahora determinar su estatus y recomendar CBA que conduzca al RMS.
- Se propone, entonces, modelo de manejo basado en dos pilares precautorios:
  - prevenir sobrepesca del stock de reineta en el área de influencia de la pesquería chilena; y,
  - diseñar, poner en marcha y mantener programa de toma de información (independiente de la flota), investigación y monitoreo del recurso reineta y su área de influencia de las flotas chilenas.

- Entonces, ¿vedas? No parece adecuado establecer vedas biológicas porque el desove no ocurre aquí, en el área de influencia de las pesquerías industrial y artesanal de Chile central y sur.
- ¿Estabilizar las cuotas en nivel promedio de 3 a 5 años pasados?, ¿enfoque precautorio?, ¿investigación aplicada y básica? → ¿Cerrar la pesquería a los actores que hay ahora? (eso deja fuera a los que no participan de la pesquería y asegura la permanencia a los que ya están en ella). ¿Cuánto se demorará en aplicar un modelo de evaluación?, ¿son altos los niveles de capturas actuales? Lo que se propone es que se comience a hablar de manejo de la pesquería y del recurso reineta: ¿qué esfuerzo de pesca se aplica al recurso?
- Las leyes misceláneas de pesca en Chile 1 y 2 habrían permitido que la flota reinetera se incrementara en 3 a 4 mil naves, lo que es enorme. Además, la toma de muestras es muy complicada en esta pesquería, pues se exige visaciones administrativas por SernaPesca, lo que complica la ejecución del presente proyecto.
- Se echa de menos un enfoque hacia procedimientos de manejo. Además, no existe comité de manejo del recurso y la pesquería de reineta (por ejemplo, reglas de control como enfoque más aplicado usando el marco regulatorio básico). Dicho de otra manera, construir el procedimiento de manejo con la normativa actual. Sin embargo, las reglas de control podrían ser empíricas (no necesariamente modelo-basadas, sino más sencillas basadas en datos tal como el seguimiento vía monitoreo), pero las estrategias acordadas deberían ser mensurables (¿qué ocurrirá si la pesquería es ambiente-dependiente?). ¿Se puede aplicar un modelo predictivo tipo Beverton y Holt? (modelo de rendimiento por recluta, pues se tiene todos los parámetros para alimentar al modelo, haciendo variar F, solamente, determinando RMS probable).
- Si el recurso reineta es altamente migratorio, entonces, ¿cómo se administra, se reparte el esfuerzo regionalmente en Chile?

Estas notas fueron tomadas por Hugo Arancibia (jefe de proyecto FIPA 2015-20)

Barrio Universitario, enero 5 de 2017.

**Anexo 5. PPT del Taller de Difusión de Resultados  
(CD Archivo: FIP2015-20\_PPT-Dif.Resultado.pdf)**

