



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

Informe Final

PROYECTO FIPA N° 2018-39

**ESTUDIO BIOLÓGICO-PESQUERO DEL RECURSO
COJINOBA DE LA REGIÓN SUR AUSTRAL**

REQUIRENTE : Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura

EJECUTOR : Universidad de Concepción

Concepción, octubre de 2020

TITULO DEL PROYECTO : FIPA N° 2018-39

**“ESTUDIO BIOLÓGICO-PESQUERO DEL
RECURSO COJINOBA DE LA REGIÓN SUR
AUSTRAL”**

REQUIRENTE : Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura

**UNIDAD EJECUTORA : Unidad de Tecnología Pesquera (www.unitep.cl),
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, J.F. Gavilán & M. Quiroz. 2020. Informe Final, Proyecto FIPA N° 2018-39 Estudio biológico-pesquero del recurso cojinoba de la región sur austral. Universidad de Concepción, 238 p. + Anexos.

Tabla de Contenidos

	Pág.
Tabla de Contenidos	i
Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras	viii
Resumen Ejecutivo	xvi
1. Presentación	1
2. Antecedentes	2
2.1. Generalidades de la pesquería.....	2
2.2. Consideraciones sobre el muestreo.....	4
2. Introducción	5
3. Objetivos	10
3.1. Objetivo General.....	10
3.2. Objetivo Específicos.....	10
4. Metodología de trabajo	11
4.1. En relación con el Objetivo Específico 1.....	11
4.1.1. Sistematización del conocimiento biológico.....	11
4.1.2. Mortalidad natural.....	12
4.1.2.1. Precisión de la estimación de M.....	15
4.1.3. Modelo conceptual de historia de vida de cojinobas.....	16
4.2. En relación con el Objetivo Específico 2.....	17
4.2.1. Fuentes de información.....	17
4.2.1.1. Caracterización de la flota pesquera.....	17
4.2.1.2. Tamaño muestral.....	18
4.2.1.3. Análisis de la información.....	20
4.2.1.4. Análisis de las características físicas entre sí.....	21
4.2.1.5. Estratificación de la(s) flota(s).....	21
4.2.1.6. Análisis espacio-temporal del esfuerzo y rendimiento de pesca.....	22
4.2.1.7. Distribución espacial de la densidad poblacional.....	23
4.2.1.8. Distribución espacial de parámetros biológicos.....	23
4.3. En relación con el Objetivo Específico 3.....	25
4.3.1. Edad y crecimiento.....	25
4.3.1.1. Recolección de otolitos.....	25
4.3.1.2. Análisis y lectura de anillos anuales en otolitos enteros.....	26
4.3.1.3. Análisis y medición de anillos de crecimiento anual.....	28
4.3.1.4. Construcción de claves talla-edad.....	28
4.3.1.5. Análisis y lectura de anillos de crecimiento diario en los otolitos seccionados....	29
4.3.2. Diseño de muestreo y tamaño de muestra indicadores biológico-reproductivos...	31

4.3.3. Indicadores biológicos y reproductivos	32
4.3.3.1. Composición de tamaños y edades en las capturas	32
4.3.3.2. Edad (talla) crítica y edad (talla) de primera captura	34
4.3.3.3. Relación talla-peso	36
4.3.3.4. Aspectos reproductivos	37
4.3.3.5. Estimación de fecundidad	38
4.3.3.6. Talla media de madurez	39
4.3.3.7. Composición de la dieta	42
4.3.3.8. Similitud trófica	44
4.4. En relación con el Objetivo Específico 4	46
4.4.1. Descripción de abundancia de la composición de especies	46
4.4.2. Análisis comunitarios	46
4.4.2.1. Identificación de asociaciones	46
4.4.2.2. Determinación de diferencias entre asociaciones	47
4.4.2.3. Contribución de cada especie (o taxón) en la (dis)similitud	48
4.5. En relación al Objetivo Específico 5	50
4.5.1. Modelos de evaluación “data pobre”	50
5. Resultados	54
5.1. Objetivo Específico 1	54
5.1.1. Estado de conocimiento de las cojinobas	54
5.1.1.1. Antecedentes generales	58
5.1.1.2. Revisión de proyectos FIPA/IFOP y documentos indexados	60
5.1.2. Mortalidad natural	71
5.1.3. Modelo conceptual de historia de vida de cojinobas	72
5.1.3.1. Distribución	72
5.1.3.2. Migraciones	73
5.1.3.3. Edad y crecimiento	73
5.1.3.4. Reproducción	74
5.1.3.5. Alimentación	75
5.1.3.6. Modelo conceptual de historia de vida	75
5.2. Objetivo Específico 2	78
5.2.1. Caracterización de la flota pesquera	78
5.2.2. Análisis de las características físicas entre sí	81
5.2.3. Estratificación de la(s) flota(s)	81
5.2.4. Análisis de las capturas anuales	88
5.2.5. Distribución espacial de parámetros biológicos	107
5.3. Objetivo Específico 3	112
5.3.1. Edad y crecimiento	112
5.3.1.1. Colecta de otolitos	112
5.3.1.2. Análisis y medición de anillos de crecimiento anual	112

5.3.1.3. Construcción de las claves talla-edad	114
5.3.1.4. Análisis y lectura de anillos de crecimiento diario en otolitos seccionados	120
5.3.2. Tamaño de muestra para la composición de tallas.....	124
5.3.3. Composición de tamaños en las capturas.....	124
5.3.3.1. Cojinoba del sur	124
5.3.3.2. Cojinoba moteada	132
5.3.3.3. Muestreos año 2019	137
5.3.4. Edad (talla) crítica y edad (talla) de primera captura.....	141
5.3.5. Peso total en las capturas	141
5.3.6. Relación talla-peso.....	145
5.3.7. Composición de talla y edades en el desembarque	149
5.3.8. Aspectos reproductivos.....	154
5.3.8.1. Fracción de sexos.....	154
5.3.8.2. Condición reproductiva macroscópica.....	155
5.3.8.3. Condición reproductiva histológica	162
5.3.8.4. Determinación e identificación de estados de desarrollo oocitario	162
5.3.8.5. Oocitos Primarios.....	162
5.3.8.6. Oocitos Previtelogénicos (PreVtg)	163
5.3.8.7. Estado Vitelogénico (Vtg)	168
5.3.8.8. Estado maduro	168
5.3.8.9. Cubierta oocitaria.....	168
5.3.8.10. Talla media de madurez	171
5.3.9. Composición de la dieta.....	172
5.3.9.1 Descripción de la dieta.....	172
5.3.9.2. Identificación de asociaciones específicas	180
5.4. Objetivo Específico 4	185
5.4.1. Descripción de la composición de especies	185
5.4.2. Identificación de asociaciones específicas	185
5.5. Objetivo Específico 5	192
5.5.1. Taller metodológico	192
5.5.2. Índices de abundancia relativa	194
5.5.3. Modelo de evaluación “data pobre”	195
6. Discusión	206
7. Conclusiones	218
8 Composición y organización del equipo profesional y técnico.....	221
9. Referencias bibliográficas	223
ANEXOS	

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Proyectos FIPA e IFOP que incluyen resultados de la biología y pesquería de cojinobas en Chile.....	12
Tabla 2. Escala de cuantificación del grado de llenado de los estómagos.....	42
Tabla 3. Escala de cuantificación del estado de digestión de las presas dentro del estómago.....	43
Tabla 4. Métodos de evaluación de stock como estimadores del estatus de pesquerías pobres en datos susceptibles de aplicar en la evaluación de stock de cojinoba en la zona sur-austral. Tomado de Cubillos <i>et al.</i> (2018).....	51
Tabla 5. Tabla de categorización de las publicaciones para <i>Seriolella punctata</i> , <i>S. caerulea</i> y género <i>Seriolella</i> . Nomenclatura: rojo, aporte incompleto; amarillo, aporte regular; verde, aporte significativo al objetivo general del proyecto.	55
Tabla 6. Importancia relativa en peso de las presas de cojinoba del sur y moteada por estación durante 1995 y 1996. Tomado de Pool <i>et al.</i> (1997).	61
Tabla 7. Composición total del contenido estomacal de <i>S. punctata</i> . Nomenclatura: N = número; F = frecuencia; IRI = índice de importancia relativa; CI = intervalo de confianza del 95%. Los valores >0 y $> 0,005$ se registran como 0,00. *: presas excluidas del análisis. Tomado de Horn <i>et al.</i> (2011).	63
Tabla 8. Composición total del contenido estomacal para <i>S. caerulea</i> . Nomenclatura: ver Tabla 4. Tomado de Horn <i>et al.</i> (2011).	65
Tabla 9. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (Cubillos <i>et al.</i> , 1999a; adaptada de Holden & Raitt, 1975).	68
Tabla 10. Mortalidad natural promedio (M; año ⁻¹) para cojinoba moteada utilizando parámetros del modelo de crecimiento con restricciones (se fija $t_0 = 0$ años).	72
Tabla 11. Mortalidad natural (M; año ⁻¹) ponderado por el inverso de la varianza de cada uno de los cinco métodos bioanalógicos presentados la Tabla 1.	72
Tabla 12. Estadígrafos de las características físicas de las embarcaciones que capturaron cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) de 1997 a 2019.	82
Tabla 13. Parámetros y bondad de ajuste de las relaciones funcionales entre las características físicas de las naves que capturaron cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) de 1997 a 2019. Nomenclatura: SCR = suma de cuadrados residuales.	84
Tabla 14. Embarcaciones industriales que registraron desembarque (tons) de <i>S. caerulea</i> y <i>S. punctata</i> entre 1997 y 2019. Ocurrencia: número de años con registros de desembarque. Nomenclatura: * significa $> 1\%$	85

Tabla 15.	Desembarque total de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) entre 1997 y 2019 según estrato de eslora de embarcaciones industriales. DFPTO: días fuera de puerto (esfuerzo de pesca).....	86
Tabla 16	Número de lances de pesca con presencia de <i>S. caerulea</i> y <i>S. punctata</i> en registros de captura de la flota de arrastre de la Zona Centro-Sur (TrawlZCS) monitoreados de 1997 a 2019.....	90
Tabla 17.	Número de lances de pesca con presencia de <i>S. caerulea</i> y <i>S. punctata</i> en registros de captura de la flota de enmalle (artesanal) de la Zona Centro-Sur (GillnetZCS) monitoreados de 1997 a 2019.....	91
Tabla 18.	Número de lances de pesca con presencia de <i>S. caerulea</i> y <i>S. punctata</i> en registros de captura de la flota de arrastre de la Zona Sur-Austral (TrawlZSA) monitoreados de 1997 a 2019.....	92
Tabla 19.	Número de lances de pesca con presencia de <i>S. caerulea</i> y <i>S. punctata</i> en registros de captura de la flota de espinel (artesanal) de la Zona Sur-Austral (ArtLLZSA) monitoreados de 1997 a 2019.....	93
Tabla 20.	Número de lances de pesca con presencia de <i>S. caerulea</i> y <i>S. punctata</i> en registros de captura de la flota palangrera (industrial) de la Zona Sur-Austral (IndLLZSA) monitoreados de 1997 a 2019.....	94
Tabla 21.	Parámetros de crecimiento individual de la ecuación de von Bertalanffy para cojinobas. Modelo para <i>S. caerulea</i> tomado de Chong & Aguayo (1994). Para <i>S. punctata</i> (este estudio) se aplica modelo libre y modelo con restricciones fijando $t_0=0$ años y $L_\infty=61$ cm de LH (el individuo más grande corresponde al 95% de L_∞).	114
Tabla 22.	Distribución de frecuencia de longitud horquilla (LH en cm) a la edad (en años) para sexos combinados de cojinoba moteada (n=404).	117
Tabla 23.	Distribución de frecuencia de longitud horquilla (LH en cm) a la edad (en años) para hembras de cojinoba moteada (n=187).	118
Tabla 24.	Distribución de frecuencia de longitud horquilla (LH en cm) a la edad (en años) para machos de cojinoba moteada (n=153).	119
Tabla 25.	Número de ejemplares medidos en los muestreos de composición de tamaños de cojinoba del sur y cojinoba moteada según arte y zona de pesca. Período: 1997 a 2018.	125
Tabla 26.	Longitud total (cm) promedio (Prom.), desviación estándar (D.E.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) de 1997 a 2018 en las capturas de la flota de arrastre, espinel y palangre de la zona sur-austral.....	126
Tabla 27.	Longitud total (cm) promedio (Prom.), desviación estándar (D.E.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de cojinoba moteada de 1997 a 2018 en las capturas de la flota espinel/enmalle de la zona centro sur, espinel y arrastre de la zona sur austral.....	133

Tabla 28.	Longitud total (cm) promedio (Prom.), desviación estándar (d.e.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de cojinoba del sur (<i>Sericae</i>) y cojinoba moteada (<i>Seripun</i>) de enero a diciembre de 2019.	137
Tabla 29.	Edad crítica (t*, años) y longitud a la edad crítica promedio e intervalos de confianza (rango intercuartil) de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) en la zona sur austral.	141
Tabla 30.	Peso total (gr) promedio en las capturas de cojinoba del sur según arte/zona, y cojinoba moteada arrastre sur austral de 1997 a 2018.	142
Tabla 31.	Peso total (gr) promedio (Prom.), desviación estándar (d.e.), mínimo (Min.), máximo (Max.) y tamaño de muestra (n) de cojinoba del sur (<i>Sericae</i>) y cojinoba moteada (<i>Seripun</i>) de enero a diciembre de 2019.	142
Tabla 32.	Parámetros de la relación longitud total-peso de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) de 1997 a 2019 en las capturas de la zona sur austral.	145
Tabla 33.	Características principales del desarrollo oocitario de <i>Seriolella caerulea</i> . Nomenclatura: N.O. = No Observado	166
Tabla 34.	Características principales del desarrollo oocitario de <i>Seriolella punctata</i> . Nomenclatura: N.O. = No Observado	167
Tabla 35.	Número y estómagos totales y con contenido (C/cont) utilizados en el análisis del contenido estomacal de <i>S. caerulea</i> y <i>S. punctata</i>	172
Tabla 36.	Ítemes presa encontrados en el contenido estomacal de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) en la zona sur-austral, año 2019.	173
Tabla 37.	Número de estómagos de <i>S. caerulea</i> (arriba) y <i>S. punctata</i> (abajo) con presencia de una determinada presa.	175
Tabla 38.	Número de ejemplares (frecuencia en número) de cada ítem presa en el contenido estomacal de <i>S. caerulea</i> (arriba) y <i>S. punctata</i> (abajo).	176
Tabla 39.	Peso (gramos) del contenido estomacal de <i>S. caerulea</i> (arriba) y <i>S. punctata</i> (abajo), según ítem presa.	177
Tabla 40.	Presencia (frecuencia absoluta (Frq) y relativa (%F), abundancia en número (absoluta (Num) y relativa (%N) y aporte en peso absoluto (g) y relativo (%P) de cada ítem presa en la dieta de <i>S. caerulea</i> y <i>S. punctata</i>	178
Tabla 41.	Nómina de especies capturadas (Capt., miles ton) en lances de pesca con presencia de cojinoba del sur, acumulada para el periodo 1997 a 2019. Nomenclatura: I.R.% = importancia relativa porcentual.	186
Tabla 42.	Importancia relativa (%) de principales especies en lances de pesca con captura de cojinobas de 1997 a 2008.	187
Tabla 43.	Importancia relativa (%) de especies en lances de pesca con captura de cojinobas de 2008 a 2019.	188

Tabla 44.	Contribución relativa (%) de cada especie a la disimilitud entre asociaciones (celdas año-Región). Nomenclatura: 1, 2, 3 y 4 indican las asociaciones de especies.....	190
Tabla 45.	Nombre y afiliación de los participantes del Taller Metodológico del Proyecto FIPA 2018-39, mayo 28 de 2020.....	192
Tabla 46.	Capacidad de carga (K, ton), tasa de crecimiento de la biomasa (r), rendimiento máximo sostenido (RMS, ton), biomasa en RMS (B_{RMS}) y mortalidad por pesca en RMS (F_{RMS} , año ⁻¹) para cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) de la zona sur austral. En paréntesis los intervalos de plausibilidad de RMS y B_{RMS}	199
Tabla 47.	Escenarios de depleción (<i>prior</i>), capacidad de carga (K, ton), tasa de crecimiento de la biomasa (r), rendimiento máximo sostenido (RMS, ton), biomasa al nivel de RMS (B_{RMS}) y nivel de decaimiento de la biomasa (Depl., posterior) de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) en la zona sur austral. Las magnitudes corresponden a la mediana de n=500 valores plausibles...	202

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Esquema de cojinoba del sur (<i>Seriolella caerulea</i> , izquierda) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i> ; derecha). Fuente: propia del proyecto y www.google.cl	2
Figura 2. Fracción (%) mensual del desembarque de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i> , barra azul) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i> , barra gris) en la zona sur austral (construido con datos del Servicio Nacional de Pesca. Período: 2010 a 2016).....	3
Figura 3. Índice gónadosomático (IGS) mensual de hembras de cojinobas entre 2008 y 2015. Fuente: Céspedes <i>et al.</i> (2016).....	4
Figura 4. Distribución espacial de la densidad poblacional promedio (ton/mn ²) de merluza del sur en el verano de 2003. Tomado de Neira <i>et al.</i> (2015).....	24
Figura 5. Disección de la cabeza de un pez teleósteo para la extracción de otolitos.	26
Figura 6. Procedimiento de almacenaje y posterior hidratación de los otolitos en tubos Eppendorf.	26
Figura 7. Esquema de otolito izquierdo de <i>S. punctata</i> por su cara externa, señalando la disposición de los anillos anuales de crecimiento y las medidas para la determinación de la edad. Tomado de Aguayo & Chong (1991).	27
Figura 8. Par de otolitos de <i>S. punctata</i> colocados en cápsula de Petri con fondo oscuro.	27
Figura 9. Esquema de sección de otolito <i>sagitta</i> mostrando los planos longitudinal, transversal y sagital, y sus principales partes.	29
Figura 10. Proceso de montaje del otolito en resina de poliéster en moldes de silicona.	30
Figura 11. Fotografía de la sección del otolito fijado en resina de poliéster y adherida al portaobjeto mediante medio de montaje transparente.	30
Figura 12. Representación gráfica tridimensional del contenido estomacal. Nomenclatura: D = dominante; R = accidental; G = generalista; S = especializada.....	44
Figura 13. Desembarques de cojinobas (línea roja) y por especie (<i>S. punctata</i> , línea punteada; <i>S. caerulea</i> , línea continua; <i>S. violacea</i> , línea discontinua) de 2012 a 2017.	59
Figura 14. Curva de crecimiento en peso para machos (línea discontinua) y hembras (línea continua) de <i>S. punctata</i> . Tomado de Aguayo & Chong (1991).	66
Figura 15. Curva de crecimiento en longitud horquilla para machos (línea discontinua) y hembras (línea continua) de <i>S. caerulea</i> . Tomado de Chong & Aguayo (1994).	66
Figura 16. Desembarques de cojinobas por flota. (a) <i>S. punctata</i> , (b) <i>S. caerulea</i> . Desembarque total (línea negra), flota industrial fábrica (línea roja), flota industrial hielera (línea verde), flota artesanal (línea azul). Tomado de Céspedes <i>et al.</i> (2017) y modificado para este informe.....	70

Figura 17. Supervivencia larval diaria de <i>S. violacea</i> en cautiverio. Tomado de Silva (2013).	71
Figura 18. Ciclo de vida hipotético para las especies de cojinoba moteada y del sur.	76
Figura 19. Idealización del ciclo de vida de una cohorte explotada para especies de cojinobas. Nomenclatura: t_r = edad o talla de reclutamiento; t_c = edad o talla de primera captura; t_m = edad o talla máxima.	77
Figura 20. Número de naves (artesanales e industriales) que capturaron cojinobas en el periodo 1997 – 2019. Fuente: Programa Seguimiento Pesquerías Demersales.....	79
Figura 21. Número de naves que capturaron cojinobas de 1997 a 2019 según arte de pesca y macrozona. Nomenclatura: arrastre de la zona centro-sur = TrawlZCS; enmalle de la zona centro sur = GillnetZCS; arrastre de la zona sur austral = TrawlZSA; espinel artesanal de la zona sur austral = ArtLLZSA; palangre o espinel industrial de la zona sur austral = IndLLZSA.	80
Figura 22. Relaciones funcionales entre las características físicas de las embarcaciones que capturaron cojinoba del sur y cojinoba moteada en el período de 1997 a 2019 en la zona sur-austral. La línea roja representa el ajuste.	83
Figura 23. Desembarque total (miles de toneladas) de cojinobas por estrato de eslora de embarcaciones industriales entre 1997 y 2019.	87
Figura 24. Desembarque total (miles de toneladas) de cojinoba del sur (izquierda) y cojinoba moteada (derecha) por estrato de eslora (m) de embarcaciones industriales entre 1997 y 2019.	87
Figura 25. Esfuerzo de pesca, medido como días fuera de puerto (DFPTO) por estrato de eslora de embarcaciones industriales que registraron desembarque de cojinoba del sur y cojinoba moteada (ambas en conjunto) de 1997 a 2019.....	88
Figura 26. Capturas anuales (toneladas) de cojinoba del sur (izquierda) y cojinoba moteada (derecha) de 1997 a 2017. Fuente: SubPesca.	95
Figura 27. Capturas anuales (miles de toneladas; 1997-2019) de cojinoba del sur (barra gris claro) y cojinoba moteada (barra gris oscuro), según arte de pesca y macrozona.....	95
Figura 28. Capturas acumuladas (miles de toneladas; 1997 a 2019) de cojinoba del sur (arriba) y cojinoba moteada (abajo), según Región administrativa.....	97
Figura 29. Capturas anuales de cojinoba del sur de 1997 a 2019, según arte de pesca y zona. Nota: las escalas son expresamente desiguales para destacar la magnitud de las capturas por flota.	98
Figura 30. Capturas anuales de cojinoba moteada de 1997 a 2019, según arte de pesca y zona. Nota: las escalas son expresamente desiguales para destacar la magnitud de las capturas por flota.	99
Figura 31. Capturas anuales de cojinoba del sur (arriba) y cojinoba moteada (abajo) por flota de arrastre de la zona sur-austral en las Regiones X, XI y XII de 1997 a 2019.	100

Figura 32. Capturas mensuales de cojinoba del sur en la flota de arrastre de la zona sur-austral de 1997 a 2019.	101
Figura 33. Capturas mensuales de cojinoba moteada en la flota de arrastre de la zona sur-austral de 1997 a 2019.	102
Figura 34. Distribución espacial de la captura acumulada (toneladas) de <i>S. caerulea</i> (izquierda) y <i>S. punctata</i> (derecha) acumulada por celda de 1 mn de longitud y 20mn de latitud. Período: 1997 a 2019.	104
Figura 35. Distribución espacial de la captura acumulada (toneladas) de <i>S. caerulea</i> en la flota de arrastre centro-sur (izquierda) y espinel/enmalle centro-sur (derecha). Período: 1997 a 2019.	105
Figura 36. Distribución espacial de la captura acumulada (toneladas) de <i>S. punctata</i> en la flota de arrastre centro-sur (izquierda) y espinel sur-austral (derecha). Período: 1997 a 2019.	106
Figura 37. Distribución espacial de la proporción sexual (fracción de hembras) promedio (%) de <i>S. caerulea</i> (izquierda) y <i>S. punctata</i> (derecha) acumulada por celda de 15 mn de longitud y 20 mn de latitud. Período: 1997 a 2019.	108
Figura 38. Distribución espacial de la fracción promedio (%) de juveniles de <i>S. caerulea</i> (izquierda) y <i>S. punctata</i> (derecha) acumulada por celda de 15 mn de longitud y 20 mn de latitud. Período: 1997 a 2019.	109
Figura 39. Distribución espacial de la longitud total (LT, cm) promedio de <i>S. caerulea</i> (izquierda) y <i>S. punctata</i> (derecha) acumulada por celda de 15 mn de longitud y 20 mn de latitud. Período: 1997 a 2019.	110
Figura 40. Distribución espacial del peso total (kg) promedio de <i>S. caerulea</i> (izquierda) y <i>S. punctata</i> (derecha) acumulada por celda de 15 mn de longitud y 20 mn de latitud. Período: 1997 a 2019.	111
Figura 41. Longitud horquilla (cm) a la edad (años) en <i>S. punctata</i> (n=404) a partir de análisis de anillos de crecimiento anual en otolitos <i>sagittae</i>	113
Figura 42. Diferencia del incremento en longitud a edades sucesivas para sexos combinados de cojinoba moteada; línea roja: del modelo con restricciones; línea gris: de clave talla-edad (presente estudio).	115
Figura 43. Diferencia del incremento en longitud a edades sucesivas para hembras de cojinoba moteada; línea roja: del modelo con restricciones; línea gris: de clave talla-edad (presente estudio).	116
Figura 44. Diferencia del incremento en longitud a edades sucesivas para machos de cojinoba moteada; línea roja: del modelo con restricciones; línea gris: de clave talla-edad (presente estudio).	116
Figura 45. Sección sagital en un otolito <i>sagittae</i> de cojinoba moteada para observación de la microestructura. La flecha roja indica el centro del otolito (aumento 4X).	120
Figura 46. Sección longitudinal en otolito <i>sagittae</i> de cojinoba moteada para la observación de la microestructura (aumento 4X).	121

Figura 47. Sección transversal en un otolito sagittae de cojinoba moteada para observación de la microestructura La flecha roja indica el centro del otolito (aumento 4X).	121
Figura 48. Sección sagital de otolito sagittae de cojinoba de 33 cm de LH (aumento 20X).	122
Figura 49. Identificación de microincrementos usando analizador de imágenes Image-Pro Plus. Cada punto rojo corresponde a un microincremento (aumento 40X).....	123
Figura 50. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur por flota/zona de 1997 a 2018.....	127
Figura 51. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur en la flota de arrastre de la zona sur austral por mes de 1997 a 2018.	127
Figura 52. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur en la flota de espinel artesanal de la zona sur-austral por mes de 1997 a 2018.....	128
Figura 53. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur en la flota de palangre de la zona sur-austral por mes de 1997 a 2018.	129
Figura 54. Composición de tamaños en las capturas de cojinoba del sur según arte/zona de 1997 a 2018 (acumulado).	130
Figura 55. Composición de tamaños en las capturas anuales de cojinoba del sur en la flota de arrastre de la zona sur austral de 1997 a 2018.	131
Figura 56. Longitud total (LT, cm) de cojinoba moteada por flota/zona de 1997 a 2018.....	134
Figura 57. Longitud total (LT, cm) de cojinoba moteada en la flota de arrastre de la zona sur-austral por mes de 1997 a 2018.	134
Figura 58. Composición de tamaños en las capturas acumuladas de cojinoba moteada de 1997 a 2018.....	135
Figura 59. Composición de tamaños en las capturas anuales de cojinoba moteada en la flota de arrastre de la zona sur austral de 1997 a 2018.	136
Figura 60. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur por sexo en las capturas muestrales de enero a septiembre de 2019.....	138
Figura 61. Longitud total (LT, cm) de cojinoba moteada por sexo en las capturas de febrero a diciembre de 2019.....	138
Figura 62. Composición de tamaños en las capturas de cojinoba del sur de enero a septiembre de 2019.....	139
Figura 63. Composición de tamaños en las capturas de cojinoba moteada de enero a diciembre de 2019.....	140
Figura 64. Peso total (PT, g) de cojinoba del sur por flota/zona de 1997 a 2018.	143
Figura 65. Peso total (PT, g) de cojinoba moteada por flota/zona de 1997 a 2018.	143
Figura 66. Peso total (PT, kg) de cojinoba del sur por sexo en las capturas muestrales de marzo a septiembre de 2019.	144

Figura 67. Peso total (PT, kg) de cojinoba moteada por sexo en las capturas muestrales de febrero a diciembre de 2019.	144
Figura 68. Relación longitud total (cm) - peso total (g) de <i>S. caerulea</i> en las capturas de la flota de arrastre de la zona sur austral de 1997 a 2018 (excepto 1998, pues no existen datos de peso).	146
Figura 69. Relación longitud total (cm) - peso total (g) de <i>S. punctata</i> en las capturas de la flota de arrastre de la zona sur austral de 1997 a 2018.	147
Figura 70. Relación longitud total (cm) - peso total (g) de <i>S. caerulea</i> (arriba) y <i>S. punctata</i> (abajo) en las capturas del año 2019.	148
Figura 71. Información de capturas (logaritmo, izquierda) e información de frecuencias de tamaño (logaritmo del número de individuos muestreados, derecha) mensual por año de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) en la zona sur austral de 1997 a 2019.	150
Figura 72. Información de capturas (logaritmo, izquierda) e información de frecuencias de tamaño (logaritmo del número de individuos muestreados, derecha) mensual por año de cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) en la zona sur austral de 1997 a 2019.	151
Figura 73. Composición de tamaños (izquierda) y edades (derecha) en las capturas anuales de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) en la zona sur austral de 1997 a 2019.	152
Figura 74. Composición de tamaños (izquierda) y edades (derecha) en las capturas anuales de cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) en la zona sur austral de 1997 a 2019.	153
Figura 75. Fracción de sexos anual de cojinoba del sur (arriba) y cojinoba moteada (abajo) en las capturas de la zona sur austral de 1997 a 2018.	154
Figura 76. Fracción de sexos mensual de cojinoba del sur (arriba) y cojinoba moteada (abajo) en las capturas de la zona sur austral de enero a diciembre de 2019.	155
Figura 77. Proporción mensual (acumulada) de estadios de madurez sexual de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) en la zona sur austral de 1997 a 2018.	156
Figura 78. Fracción mensual de hembras activas (condición reproductiva) de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) en la zona sur-austral. Arriba: acumulada para el período 1997 a 2019. Abajo: año 2019.	157
Figura 79. Índice gonadosomático (IGS, %) promedio mensual en hembras de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) en la zona sur-austral. Arriba: acumulado para el período 1997 a 2019. Abajo: año 2019. Las barras verticales corresponden a \pm una desviación estándar.	158
Figura 80. Proporción mensual (acumulada) de estadios de madurez sexual de cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) en la zona sur-austral entre 1997 y 2018.	159
Figura 81. Proporción mensual de hembras activas (condición reproductiva) de cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) en la zona sur austral. Arriba: acumulada para el período 1997 a 2018. Abajo: año 2019.	160
Figura 82. Índice gonadosomático (IGS, %) promedio mensual en hembras de cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) en la zona sur-austral. Arriba: acumulado para el período	

	1997 a 2018. Abajo: año 2019. Las barras verticales corresponden a \pm una desviación estándar.....	161
Figura 83.	Microfotografía de corte transversal de ovario de <i>S. caerulea</i> . A: oocitos en estado primario; B: oocitos en estado previtelogénico; C: oocito en estado vitelogénico; D: oocitos en estado maduro. Nomenclatura: Cit = citoplasma; Nuc = nucleolos; N = núcleo, vtl = vitelo; ZR = zona radiada.	163
Figura 84.	Microfotografía de corte transversal de ovario de <i>Seriolella caerulea</i> . A: envoltura oocitaria en oocitos en estado maduro, constituida por capa interna de la zona radiada (ZR) y zona externa o células de la teca (CT); B: microfotografía de estado asincrónico de corte transversal de ovario de <i>Seriolella</i>	164
Figura 85.	Microfotografía de corte transversal de ovario de <i>S. punctata</i> . A: oocitos en estado primario; B: oocitos en estado previtelogénico; C: oocito en estado vitelogénico; D: oocitos en estado maduro. Nomenclatura: Cit = citoplasma; Nuc = nucleolos; N = núcleo, vtl = vitelo; ZR = zona radiada.	165
Figura 86.	A: diámetro de oocitos (μm); B: diámetro de núcleos (μm) en los distintos estados de desarrollo gonadal descritos para <i>S. caerulea</i> ; C: diámetro de oocitos (μm); D: diámetro de núcleos (μm) en los distintos estados de desarrollo gonadal de <i>S. punctata</i> . La barra indica error estándar.	170
Figura 87.	Frecuencia de oocitos de A: <i>Seriolella caerulea</i> ; B: <i>S. punctata</i>	170
Figura 88.	Ojiva de madurez (fracción de hembras maduras) de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i> , arriba) cojinoba moteada (<i>S. punctata</i> , abajo) para el año 2019. Línea roja: ajuste de la función de madurez; línea azul: talla al 50% de madurez; líneas grises: intervalo intercuartil de la talla a distintos niveles de madurez.	171
Figura 89.	Imágenes de algunas presas de cojinoba del sur y cojinoba moteada.	174
Figura 90.	Representación gráfica tridimensional de la composición de la dieta de <i>S. caerulea</i> en la zona sur-austral, año 2019.	179
Figura 91.	Representación gráfica tridimensional de la composición de la dieta de <i>S. punctata</i> en la zona sur-austral, año 2019.	179
Figura 92.	Análisis de clasificación de la composición de la dieta de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i> , Sericae) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i> , Seripun) por clase de tamaño en la zona sur austral, año 2019. Nomenclatura: 1 y 2 corresponden a las asociaciones de tamaños por especie o ensambles identificados. Tamaños: L = grande; M = mediano; S = pequeño.....	181
Figura 93.	Análisis de clasificación de la composición de la dieta de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y por clase de tamaño en la zona sur-austral, año 2019. Nomenclatura: 1 y 2 corresponden a las asociaciones de especies presa o ensambles identificados.....	181
Figura 94.	Análisis de clasificación de la composición de la dieta de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y por clase de tamaño en la zona sur austral, año 2019. Nomenclatura: 1 y 2 corresponden a los ensambles de presas identificados.	182

Figura 95. Análisis de clasificación de la composición de la dieta de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) y por clase de tamaño en la zona sur austral, año 2019. Nomenclatura: 1, 2 y 3 corresponden a los ensambles de presas identificados.	184
Figura 96. Análisis de clasificación de la CPUE de especies la fauna acompañante presente en las capturas de la zona sur austral con presencia de cojinoba del sur y cojinoba moteada. Período: 1997 y 2019. Nomenclatura: 1, 2 y 3 corresponden a los grupos faunísticos identificados.	189
Figura 97. Análisis de clasificación de la CPUE de la fauna acompañante presente en las capturas de la zona sur austral con presencia de cojinoba del sur y cojinoba moteada de 1997 a 2019. Nomenclatura: 1, 2, 3 y 4 corresponden a los grupos de celdas año-región (ensambles identificados). Celdas año-región: p.ej.: 14_10 significa año 2014 en la X Región.	191
Figura 98. Evolución temporal de tres medidas de esfuerzo de pesca: área barrida (AB en km ² , panel superior), distancia recorrida (DR en km, panel intermedio) y tiempo de arrastre efectivo (TAE en horas de arrastre, panel inferior) de cojinoba del sur (izquierda) y cojinoba moteada (derecha) en la pesquería de arrastre de la zona sur austral. Período: 1997 a 2019.	196
Figura 99. Rendimiento de pesca de cojinoba del sur (izquierda) y cojinoba moteada (derecha) según tres medidas de esfuerzo de pesca: área barrida (AB; t/km ²) en el panel superior; distancia recorrida (DR; t/km-lineal) en el panel intermedio; tiempo de arrastre efectivo (TAE; t/h.a) en el panel inferior. Período: 1997 a 2019.	197
Figura 100. Desembarque (miles de ton) de cojinoba del sur en la zona sur austral. Período: 1982 a 2019. Fuente: SernaPesca.	198
Figura 101. Desembarque de cojinoba moteada (miles ton) en la zona sur austral. Período: 1989 a 2019. Fuente: SernaPesca	198
Figura 102. Trayectoria del desembarque (línea continua, miles de ton) y de la biomasa (línea segmentada, miles de ton) estimada por el modelo de evaluación para cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i>) de la zona sur austral. Período: 1989 a 2019. Las líneas grises representan trayectorias plausibles. Nomenclatura: RMS = rendimiento máximo sostenido (ton); B _{rms} = biomasa al nivel de RMS (ton).	200
Figura 103. Trayectoria del desembarque (línea continua, miles de ton) y de la biomasa (línea segmentada, miles de ton) estimada por el modelo de evaluación para cojinoba moteada (<i>S. punctata</i>) de la zona sur austral. Período: 1989 a 2019. Las líneas grises representan trayectorias plausibles. Nomenclatura: ver Fig. 102.	201
Figura 104. Trayectoria del desembarque (línea continua, miles de ton) y de la biomasa (líneas segmentadas, miles de ton), rendimiento máximo sostenido (RMS) y biomasa en RMS (B _{rms}) en cojinoba del sur. Período: 1982 - 2019.	203
Figura 105. Rendimiento máximo sostenido (RMS, miles de ton; arriba) y biomasa al nivel de RMS (B _{RMS} , miles de ton; abajo) de cojinoba del sur (<i>S. caerulea</i> , izquierda) y cojinoba moteada (<i>S. punctata</i> , derecha), según escenarios de depleción. Las	

barras grises corresponden a la mediana y las líneas verticales al intervalo de plausibilidad (rango intercuartil).	204
Figura 106. Trayectoria del desembarque (línea continua, miles de tons) y de la biomasa (línea segmentada, miles de tons), rendimiento máximo sostenido (RMS) y biomasa en RMS (B_{rms}) en cojinoba moteada. Período: 1995 a 2019.	205
Figura 107. Distribución espacial del esfuerzo de pesca (horas de arrastre) ejercido sobre merluza del sur en la flota arrastrera hielera (arriba) y la flota arrastrera fábrica (abajo) por mes y latitud. Período: 2001 a 2018. Fuente: Céspedes <i>et al.</i> (2019).	213

Resumen Ejecutivo

En relación con el objetivo específico 1 (sistematizar el conocimiento biológico y determinar parámetros poblacionales) del proyecto FIPA 2018-39, se recopiló antecedentes bibliográficos de la biología, pesquería, alimentación y otros temas relevantes de *Seriolella* spp. a nivel nacional e internacional. En Chile el género *Seriolella* está representado por tres especies, a saber: *S. caerulea* (cojinoba del sur), *S. punctata* (cojinoba moteada) y *S. violacea* (cojinoba del norte), y existen cuatro trabajos publicados en revistas indexadas en temas de interés del presente proyecto. Respecto de documentos tipo literatura gris (informes emitidos por FIPA e IFOP), se encontró un reporte de la dieta de las cojinobas del año 1993 y el análisis de la pesquería desde el 2012, enfocado en capturas y tallas en la captura. Se elaboró un dossier bibliográfico electrónico, identificando los trabajos por tema y ubicación, y luego categorizándolos con el Método del Semáforo. Los estudios de la historia de vida de *Seriolella* son escasos. La distribución de especies de *Seriolella* es amplia en el Océano Pacífico Sur (desde Australia y Nueva Zelanda hasta Chile) y en el Océano Atlántico Sur Occidental (Argentina). La alimentación de *S. caerulea* se basa en invertebrados planctónicos, especialmente eufáusidos.

Se presenta un modelo conceptual de historia de vida para las especies de cojinoba de la zona austral de Chile (*Seriolella caerulea* y *S. punctata*), el que se construyó con información bibliográfica y resultados del presente proyecto. No se ha identificado zonas de desove de cojinobas en Chile ni en otras áreas, aunque se asume que este proceso podría cubrir un rango espacial muy amplio. Se propone que el ciclo de vida de las cojinobas comienza con el desove, aunque se conoce poco de la distribución y biología de los primeros estados de vida (huevos, larvas y juveniles menores a 3 años). El reclutamiento a la zona de pesca en Chile austral ocurriría cuando individuos de entre 25 y 30 cm de longitud horquilla, LH (3 a 4 años de edad) se hacen disponibles a los artes de pesca. Previamente, la cohorte estaría afectada sólo por mortalidad natural. Entonces, la edad de reclutamiento (t_r) se superpondría con la edad de primera captura (t_c). Esta cohorte se mantendría en la zona de pesca por aproximadamente 7 a 9 años hasta alcanzar la talla de madurez, migrando luego hacia zonas de desove, reiniciándose un nuevo ciclo. Después del desove los individuos de cojinobas migrarían tróficamente hacia zonas costeras más productivas o hacia zonas productivas del océano abierto, tal como la Convergencia Subantártica (en sentido Este→Oeste). Este ciclo se

repetiría hasta que los individuos de la cohorte alcanzan la edad máxima en la captura (t_m), lo que podría corresponder a 20 o más años de vida.

Se analiza el crecimiento en longitud de cojinoba moteada (*S. punctata*) de la zona sur austral de Chile a partir del análisis de anillos anuales y de la microestructura de los otolitos *sagittae*. Se muestreó 535 pares de otolitos correspondientes a individuos capturados de febrero a octubre de 2019. Se analizó 404 otolitos, encontrando individuos cuya edad estuvo en el rango de 3 a 9 años, y la longitud fue de 31 a 58 cm de LH. Los parámetros de crecimiento individual de *S. punctata* para sexos conjuntos son: $L_\infty = 61$ cm de LH; $K = 0,22$ año⁻¹; $t_0 = 0$ años (fijo). A partir de la preparación de secciones delgadas de los otolitos (sagital, longitudinal y transversal) fue posible observar y contabilizar microscópicamente los microincrementos de crecimiento, aunque no es posible confirmar si los microincrementos observados son de naturaleza diaria o no, pues no existen trabajos previos de validación.

Se estimó la mortalidad natural (M ; año⁻¹) de cojinoba moteada mediante cinco métodos bioanalógicos, las que fueron realizadas utilizando parámetros de crecimiento estimados a partir de lectura de anillos anuales en otolitos *sagittae* (presente proyecto). M se estimó en 0,35 año⁻¹ (I.C.: 0,31-0,40) para sexos combinados, $M = 0,34$ (I.C.: 0,29-0,39) para machos y $M = 0,36$ (I.C.: 0,32-0,41) para hembras.

En relación con el objetivo específico 2 de caracterización de la actividad extractiva, se analiza antecedentes históricos de los recursos cojinoba del sur (*S. caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*), todos provenientes de bases de datos del “Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Zona Centro-Sur” y “Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Zona Sur-Austral”, incluyendo la distribución espacial de la captura por lance de pesca acumulada en celdas de 15 mn de longitud por 20 mn de latitud, desde 33°00’S hasta 56°58’S, y hasta 78°00’W en su extensión más oceánica. Se observa el predominio de las capturas de cojinoba moteada por sobre las de cojinoba del sur, siendo ambas capturadas principalmente por la flota de arrastre de la zona sur austral. Latitudinalmente las mayores capturas acumuladas de cojinoba del sur, para todo el periodo analizado (1997 a 2017), muestran tres zonas de agregación, a saber: (1) de 40°S a 44°30’S (frente a la Isla de Chiloé); (2) de 44°30’S a 46°30’S; y, (3) de 46°30’S a 54°S. Las características físicas de las naves para las cuales se encontró relaciones significativas fueron de tipo lineal en el

caso de eslora-manga, eslora-puntal, manga-puntal; y de tipo potencial en el caso de eslora-TRG, manga-TRG y puntal-TRG.

A partir de información de desembarques del Servicio Nacional de Pesca (SernaPesca), para el período 1997 a 2019, se observa que del total de embarcaciones industriales (60 PAM arrastreros), aquellos de 45 a 60 m de eslora ($n = 28$) dieron cuenta de 97,5% de los desembarques totales de cojinobas (ambas especies). Se destaca que solo 7 embarcaciones participaron del 97,3% de los desembarques acumulados en el mismo período; de aquellas, solo 3 naves dieron cuenta de 86% de los desembarques totales. Por especie de cojinoba, el mismo estrato de embarcaciones dio cuenta del 90,8% del desembarque de cojinoba del sur y del 99,9% del desembarque de cojinoba moteada. Consecuentemente, dado que son muy pocas las embarcaciones con la participación en las capturas, entonces no se justifica estandarizar el esfuerzo de pesca.

En relación con el objetivo específico 3, las composiciones de tamaños en las capturas de cojinoba moteada (período 1997 a 2005) tienden a ser unimodales, aunque mayormente polimodales después (período de 2006 a 2011), volviendo a estructuras de tallas unimodales en los últimos años (2012 hasta 2019).

En las capturas monitoreadas en 2019 con motivo de este proyecto, la composición de tamaños de cojinoba del sur tiende a ser unimodal, aunque observándose estructuras polimodales en un par de meses (marzo y agosto). En el caso de cojinoba moteada, las composiciones de tamaños tienden a mostrar estructuras unimodales, con la excepción de octubre. Esto se debe a que los cardúmenes de cojinobas presentan estrecho rango de tamaños; la longitud promedio mensual en 2019 fue entre 45,4 y 48,6 cm de LT. El peso total promedio mensual ocurrió entre 839 y 1.429 g.

La composición de tamaños en las capturas de cojinoba del sur muestra estructuras polimodales por tipo de flota, y también interanualmente en el caso de la flota de arrastre. La longitud promedio de cojinoba del sur en las capturas de la pesquería de arrastre de la zona sur austral fue entre 42,7 cm de longitud total (LT, cm) el año 2006, y 57,2 cm de LT el año 2014. En los muestreos del año 2019, la longitud promedio fue entre 45,6 y 49,8 cm LT, mientras el peso total individual promedio (mensual) se encontró entre 1.179 y 1.718 g.

En el período 1997 a 2018 dominaron las hembras en las capturas comerciales tanto en cojinoba del sur (53%) como en cojinoba moteada (58%). En el año 2019 la fracción de hembras fue 52% en cojinoba del sur y 50% en cojinoba moteada. La fracción de hembras reproductivamente activas

muestra valores máximos de junio a agosto en el caso de cojinoba del sur; y de mayo a agosto en el caso de cojinoba moteada. Entonces, el período reproductivo principal de *S. caerulea* y *S. punctata* es en otoño/invierno (máximo en agosto), decreciendo hacia septiembre/octubre, acompañado del alto crecimiento protoplásmico evidenciado por la alta fracción de oocitos en estados de desarrollo temprano (estados primario y previtelogénico). Las hembras de ambas especies de cojinobas presentan cuatro estados bien definidos de desarrollo oocitario simultáneo (primario, previtelogénico, vitelogénico y maduro), pues ambas especies son desovantes parciales. La talla media de madurez de hembras, calculada a partir de la asignación de madurez macroscópica, fue 41,5 cm de LT (I.C.: 39,9 - 43,2) en cojinoba del sur, y 37,7 cm de LT (I.C.: 36,1 - 39,4) en cojinoba moteada. En las hembras en las que se determinó la condición reproductiva microscópica (histológica), el índice gónadosomático (IGS) promedio fue $6,25\% \pm 1,69$ en cojinoba del sur, y $2,92\% \pm 1,92$ en cojinoba moteada, lo que da cuenta de estados reproductivos activos simultáneos.

El 57% de los estómagos presentaron algún tipo de contenido en cojinoba del sur (n=489), disminuyendo a 45% en cojinoba moteada (n=517 estómagos). La dieta de cojinoba del sur se compone de siete taxa pertenecientes a tres grupos, a saber: pequeños crustáceos (copépodos, eufáusidos, langostinos Munidae y estomatópodos), cefalópodos (Histiotteuthidae, Octopodidae) y peces (Myctophidae). En el caso de la dieta de cojinoba moteada, ésta se compone de doce taxa pertenecientes a cinco grupos, a saber: pequeños crustáceos (copépodos, eufáusidos, langostinos Munidae), anfípodos (Hyperidae), estomatópodos otros crustáceos indeterminados (restos), cefalópodos (Histiotteuthidae, Octopodidae), otros gasterópodos, poliquetos (Annelida), salpas (Urochardata) y peces (Myctophidae). Sin embargo, los eufáusidos predominan largamente en la dieta tanto en cojinoba del sur (91% en peso) como en cojinoba moteada (95% en peso).

En relación con el objetivo específico 4, esto es, establecer la composición específica en las capturas de la zona sur austral en las que se ha registrado cojinoba del sur o cojinoba moteada, se identificó a 167 especies. Sin embargo, 26 de ellas (16%) representan 99,8% de las capturas en peso, incluidas las cojinobas del sur (1,30% en peso) y moteada (3,37% en peso). Las principales especies en las capturas corresponden a merluza de cola (54,9% en peso), merluza del sur (15,2%) y merluza de tres aletas (19,7%), las que conjuntamente representan 89,8% de las capturas totales. El análisis de clasificación de las especies presentes en las capturas industriales de arrastre,

agregadas en celdas año-región, permite identificar cuatro asociaciones de especies, las que presentan diferencias en la estructura de CPUE en función de la latitud.

En relación con el objetivo específico 5 (proponer métodos de evaluación del recurso [cojinoba] que permitan calificar su estatus), el análisis de la información disponible sobre los recursos cojinoba de sur y cojinoba moteada, y las conclusiones del Taller Metodológico permitieron clasificar a ambos recursos en el Nivel “Tier” 3, susceptibles de evaluar mediante modelos basados en solo capturas, pero no en modelos estructurales basados en edades o tallas. Se implementó un modelo de evaluación de stock que utiliza datos de desembarques. Se estimó el rendimiento máximo sostenido (RMS) y la biomasa en el rendimiento máximo sostenido (B_{RMS}) para las dos especies de cojinobas. En el caso de cojinoba del sur, RMS se estimó en 1.591 ton y B_{RMS} se estimó en 9.164 ton. Para cojinoba moteada, RMS es 4.030 ton y B_{RMS} es 15.620 ton. Para avanzar en modelos de evaluación más complejos se requiere mejorar significativamente la colecta de datos biológicos (principalmente composición de tamaños) y pesquera (captura por unidad de esfuerzo).

Summary

In relation to the objective 1 (to systematize the biological knowledge and to determine population parameters) of the project FIPA 2018-39, we reviewed bibliographic antecedents on the biology, fishery, feeding and other relevant topics of *Seriolella* spp. Antecedents were collected from national and international sources. Three species of genus *Seriolella* are distributed along the Chilean coast: *S. caerulea* (White warehou), *S. punctata* (Silver warehou) and *S. violacea* (Palm ruff). Only four papers have been published in WoS journals in topics of interest of this project. The most of the information about these species is grey literature, e.g., reports from projects supported by the Fisheries and Aquaculture Research Fund, FIPA) and the Institute of Fisheries Development, IFOP), a report from year 1993 on feeding habits of warehou, and an analysis of the fishery from 2012 that is focused on catches and sizes at catches. An electronic bibliographic dossier was built, including the identification of each document by topic and geographic position. Later, the “Traffic Light Method” was carried out to categorize consulted bibliography. Studies about *Seriolella* life history are rather scarce. The species of *Seriolella* are widely distributed in the South Pacific Ocean (from Australia and New Zealand to Chile) and in the Southwestern Atlantic Ocean (Argentina). The feeding of *S. caerulea* is based on planktonic invertebrates, mainly euphausiids.

A conceptual model for the life history for *Seriolella* species from the austral Chilean area (*S. caerulea* and *S. punctata*) is proposed, which was built combining bibliographic information and results from the present study. Spawning areas of warehou have not been identified in Chile and in any other area worldwide, but it is assumed that this process could have a wide spatial range in the South Pacific Ocean. Our proposal for the *Seriolella* spp. life history is as follow: the life cycle begins with the spawning, but the knowledge of the distribution and biology of the early life states (eggs, larvae and juveniles <3 years-old) is scarce to inexistent. Recruitment to the fishing grounds in austral Chile should occur when individuals from 25 to 30 cm of fork length, FL (3 to 4 years-old) are available to the fishing gears. Before recruiting to the fishery, the cohort is affected only by natural mortality. The age-at-recruitment (t_r) likely overlaps with the age-at-first capture (t_c). Individuals of this cohort remain in the fishing grounds for 7 to 9 years, until the length-at-maturity is reached. Mature individuals may migrate to spawning grounds, and then starts a new cycle. After the spawning, individuals of warehou may have a trophic migration towards more productive coastal zones or to more productive zones in the open ocean (from East to West), like the Sub

Antarctic Convergence. This cycle is repeated until individuals of the cohort reach the maximum age-at-capture (t_m), it means 20 years-old or older.

The growth at length in *S. punctata* (Silver warehou) from the austral region of Chile was estimated by analyzing annual rings and the microstructure of *sagittae* otoliths; 535 pairs of otoliths were sampled from February to October, 2019, but 404 pairs of otoliths were analyzed. The age range in individuals of *S. punctata* was from 3 to 9 years-old, with fork length from 31 to 58 cm. The individual growth parameters (both sexes) in this species are $L_\infty = 61$ cm of FL; $K = 0.22 \text{ year}^{-1}$; $t_0 = 0$ years (fixed).

The preparation of thin sections of the *sagittae* otoliths (sagittal, longitudinal and transverse) allowed to observe and count growth micro-increments. However, it is not possible to confirm whether or not the observed micro-increments are of daily nature, because there are no previous validation studies.

Natural mortality (M ; year^{-1}) in *S. punctata* (Silver warehou) was estimated using five bio-analogical methods and growth parameters estimated in this project (see previous section). M was estimated as 0.35 year^{-1} (C.I.: 0.31-0.40) for both sexes; $M = 0.34$ (C.I.: 0.29-0.39) for males; and, $M = 0.36$ (C.I.: 0.32-0.41) for females.

In relation to the objective 2 (characterization of the fishing activity), historic antecedents of *S. caerulea* and *S. punctata* were analyzed. Data was obtained from the “Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Zona Centro-Sur” and the “Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Zona Sur-Austral”, which contains spatial distribution of captures by fishing haul, but capture was accumulated in cells of 15 nm of latitude times 20 nm of longitude, from 33°00’S to 56°58’S, until 78°00’W in the most oceanic extension. The catches of *S. punctata* were higher than the catches of *S. caerulea*, and both species of *Seriotelella* have been harvested by the trawling fleet in the Chilean austral region. A latitudinal analysis of the main accumulated harvests, in the period 1997 to 2017, identified three aggregated zones: (1) 40°S to 44°30’S off Chiloé island; (2) 44°30’S to 46°30’S; and, (3) 46°30’S to 54°S. The vessels’ physical characteristics that showed significant linear relationships were length-beam, length-draft, and beam-draft; and potential type for length-gross registered tons, beam-gross registered tons, and draft-gross registered tons.

In the period 1997 to 2019, harvest records of warehou (both species) obtained from the National Fishery Service (Servicio Nacional de Pesca, SernaPesca) show that vessels from 45 to 60 m of

length (n=28) concentrated 97.5% of landings (in weight). Only 7 vessels harvested 97.3% of the accumulated landings in the same period, from which 3 vessels harvested 86% of total landings. Vessels from 45 to 60 m of length explained 90.8% of the landings of White warehou and 99.9% of the landings of Silver warehou. Considering that only a few vessels have been participating in the warehou fishery, then the standardization of the fishing effort is not necessary.

In relation to the objective 3, the trend of the catch length frequencies in *S. punctata* is unimodal for the period 1997 to 2005, polymodal for the period 2006 to 2011, and unimodal in the period 2012 to 2019. The monitoring of the catches from the fishery during this project, in 2019, indicates that the length composition of *S. caerulea* trends to be unimodal, although polymodal structures in March and August were also observed. In the case of *S. punctata*, the length frequency distributions are mainly unimodal, with the exception of October. This is due to the schools of warehou show a rather short range of length. The monthly mean length in 2019 was from 45.4 to 48.6 cm of TL. The mean monthly total weight was from 839 to 1,429 g.

The length composition of the catch in *S. caerulea* shows polymodal structures by fleet, and also year-to-year in the case of the trawling fleet. In the catch, the mean length of *S. caerulea* ranges from 42.7 cm of TL, in year 2006, to 57.2 cm of TL, in year 2014. According to the samplings carried out in year 2019, the mean size ranges from 45.6 to 49.8 cm of TL, meanwhile the monthly mean total weight by fish was from 1,179 to 1,718 g.

In the period 1997-2018, females dominate the commercial catch in *S. caerulea* (53%) and *S. punctata* (58%). In 2019, females (52%) dominate the catch in *S. caerulea*, but in *S. punctata* females were 50% of the catch. Females of *S. caerulea* were reproductively active from June to August, while females of *S. punctata* were actives from May to August. The reproductive period for *S. caerulea* and *S. punctata* is autumn/winter (with a Gonad-Somatic Index peak in August), declining towards September/October. A protoplasmic development is present as an active reproductive process, with high frequency of oocytes in early stages (primary and previtellogenic stages). Females of both *Seriotelella* species show four stages of very well-defined and simultaneous oocytes development (primary, previtellogenic, vitellogenic and mature). Both species are partial spawners.

The mean size at maturity in females is 41.5 cm of TL (C.I.: 39.9 – 43.2) in *S. caerulea* and 37.7 cm of TL (C.I.: 36.1 – 39.4) in *S. punctata*. The mean of the gonad-somatic index (GSI), using data of reproductive condition in females with microscopic methodology (histology), is $6.25\% \pm 1.69$

in *S. caerulea*, and $2.92\% \pm 1.92$ in *S. punctata*. These data confirm the simultaneous presence of active reproductive stages, principally in *S. caerulea*.

In *S. caerulea*, 57% of the stomachs (n=489) had some kind of content, while in *S. punctata* the percentage is 45% (n=571). The diet of *S. caerulea* show seven taxa of three major groups: small crustaceans (copepods, eufasiids, Munidae squat lobster and stomatopods), cephalopods (Histiotteuthidae, Octopodidae) and fish (Myctophidae). The diet of *S. punctata* show twelve taxa of three major groups: small crustaceans (copepods, eufasiids, Munidae squat lobster), amphipods (Hyperidae), stomatopods and undetermined crustaceans (rests), cephalopods (Histiotteuthidae, Octopodidae), other gasteropods, Polychaeta (Annelida), salps (Urochardata) and fish (Myctophidae). However, eufasiids are largely the dominant prey item in the diet of *S. caerulea* (91% in weight) and *S. punctata* (95% in weight)

In relation to the objective 4 (to establish the specific composition in captures of the south austral region, where *S. caerulea* or *S. punctata* have been registered), 167 species were identified. However, 26 species (16%) represent 99.8% of the landings (in weight), including *S. caerulea* (1.30%) and *S. punctata* (3.37%). The main species in the landings are hoki (*Macruronus magellanicus*, 54.9% in weight), Southern hake (*Merluccius australis*, 15.2%) and Southern blue whiting (*Micromesistius australis*, 19.7%). These three species (hoki, hake and whiting) represent 89.8% of landings, jointly. The classification analysis of the species in the industrial trawling harvests, aggregated in year-region cells, allows the identification of four species associations. These associations show latitudinal differences in the CPUE structure.

In relation to the objective 5 (to propose assessment methods to assess the warehou species [cojinobas] and classify their status), combining the available results for *S. caerulea* and *S. punctata* in the present study as well as the conclusions of a “Workshop on Assessment Methodologies”, we suggest to classify both fishing resources in “Tier 3”. This means that the assessment should be based in catches only, but not in models with age or size-structure. So, in this study an assessment model that uses captures was implemented. The maximum sustainable yield (MSY) and the biomass at MSY (B_{MSY}) were estimated for *S. caerulea* (MSY = 1,591 tones; B_{MSY} = 9,164 tones) and *S. punctata* (MSY = 4,030 tones; B_{MSY} = 15,620 tones). In order to develop more complex assessment models for both warehou species, it is necessary to improve significantly the biological

samplings (with focus on the size composition of the catch) and information from the fishery (catch per unit of effort).

1. Presentación

Se presenta el Informe Final del proyecto FIPA N° 2018-39 “Estudio biológico-pesquero del recurso cojinoba de la región sur austral”, lo que incluye actividades y resultados comprometidos en la Oferta Técnica que, en su debida oportunidad, presentó la Universidad de Concepción (UdeC).

El enfoque de este Informe Final se apoya en la experiencia que, como grupo de trabajo, hemos tenido en tres proyectos parcialmente análogos, a saber: (1) proyecto FIP 2013-28 “Parámetros biológico pesqueros de congrio dorado al norte de la unidad de pesquería sur austral” (Arancibia *et al.*, 2015); (2) proyecto FIP N° 2013-18 “Parámetros de historia de vida de jibia (*Dosidicus gigas*) en aguas nacionales” (Arancibia *et al.*, 2016); y, proyecto FIP 2015-20 “Actualización de parámetros de historia de vida de reineta (*Brama australis*) en aguas nacionales” (Arancibia *et al.*, 2017).

En términos operacionales este proyecto tuvo dificultades para acceder a muestras a bordo de naves industriales, lo que fue oportuna y formalmente comunicado a la Dirección Ejecutiva del FIPA. Esto ocurrió debido a la no disponibilidad de cupos en las naves industriales, pues aquellas son copadas por personal técnico de una institución del Estado de Chile con motivo de la Ley de Descartes. Por lo tanto, los esfuerzos de muestreos fueron redoblados en el caso de habitabilidad disponible en alguna nave industrial en la pesquería sur austral, lo que se complementó fuertemente con muestreos en planta con pesca muy bien tratada y mantenida adecuadamente a bordo con hielo en escamas, y luego mantenida en frío en la planta. Por tal razón, el personal a bordo y en planta de la empresa pesquera FRIOSUR tiene todo el reconocimiento de los investigadores del presente proyecto por su colaboración.

2. Antecedentes

2.1. Generalidades de la pesquería

La pesquería sur austral captura en calidad de fauna acompañante de merluza del sur (*Merluccius australis*) y merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) a dos especies de cojinobas, a saber, *Seriolella caerulea* (cojinoba del sur o “white warehou” por su nombre en inglés; Fig. 1) y *S. punctata* (cojinoba moteada o “silver/spotted warehou”), aunque en los desembarques, hasta pocos años atrás, dominaba largamente la primera en razón de 9:1, aprox., según se desprende del informe de Céspedes *et al.* (2016; ver tablas en la Fig. 43, pág. 79), que es casi lo único que existe disponible de estas especies capturadas por las flotas industrial hielera y de buques fábrica arrastreros. En efecto, para ambas especies de *Seriolella* ese reporte incluye solo 10 páginas, de más de 200 páginas en total, lo que es un indicador del escasísimo esfuerzo en investigación para el eventual manejo pesquero de *Seriolella* spp.; prácticamente no existe participación de la flota artesanal en las capturas de cojinobas en el sur de Chile



Figura 1. Esquema de cojinoba del sur (*Seriolella caerulea*, izquierda) y cojinoba moteada (*S. punctata*; derecha). Fuente: propia del proyecto y fishesofaustralia.net.au.

Los desembarques de cojinobas ocurren preferentemente de abril a julio, y en el último trimestre del año (Fig. 2). La flota arrastrera fábrica captura cojinobas principalmente al sur de 50°S en la zona exterior, mientras que la flota hielera lo hace más al norte, entre 42°S y 43°S. La flota arrastrera fábrica captura ejemplares más grandes (dos modas entre 51 y 59 cm de longitud horquilla, y entre 43 y 49 cm) que las flotas hielera y surimera (solo una moda entre 43 y 49 cm; Céspedes *et al.*, 2016). Como indicador biológico de cojinobas, Céspedes *et al.* (2016) informan que el índice gonadosomático (ISG) de hembras presenta el máximo de junio a agosto (Fig. 3).

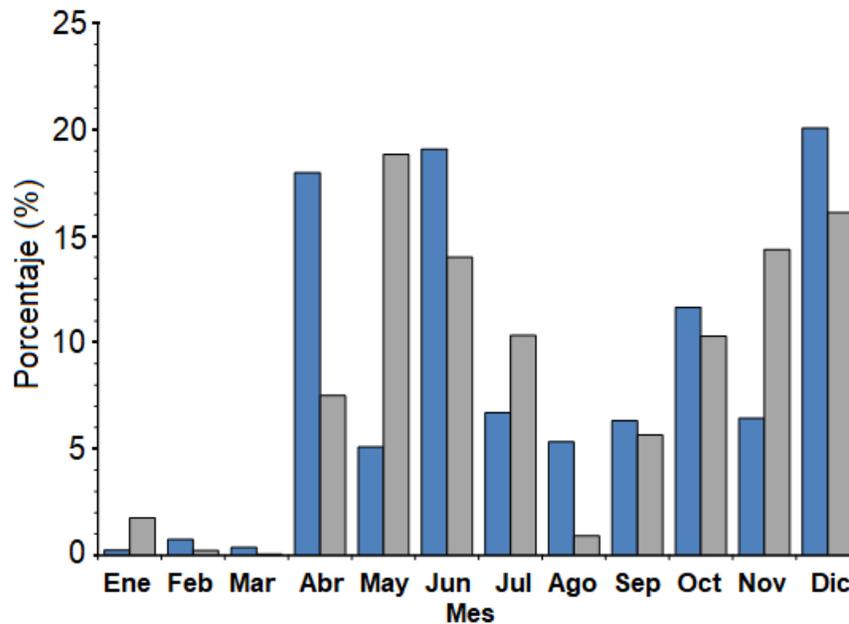


Figura 2. Fracción (%) mensual del desembarque de cojinoba del sur (*S. caerulea*, barra azul) y cojinoba moteada (*S. punctata*, barra gris) en la zona sur austral (construido con datos del Servicio Nacional de Pesca). Período: 2010 a 2016.

La justificación del presente trabajo reside en el hecho que los desembarques conjuntos de las cojinobas del sur y moteada han pasado de 2.620 ton promedio, en el trienio 2010-2012, a 4.583 ton, en el trienio 2014-2016, lo que representa un aumento de 75%, significando que estos recursos pesqueros esporádicos han adquirido importancia y deberían ser manejados en la pesquería sur austral, la que se caracteriza por ser multi-específica y multi-flota. En efecto, más de una especie es recurso pesquero objetivo (e.g. merluza del sur *Merluccius australis*, merluza de cola *Macruronus magellanicus*, congrio dorado *Genypterus blacodes*, merluza de tres aletas *Micromesistius australis*, otros) y operan simultáneamente flotas industriales (arrastrera fábrica, espinelera hielera), más la flota artesanal (aunque esta última prácticamente no captura cojinobas, o lo hace de manera muy marginal).

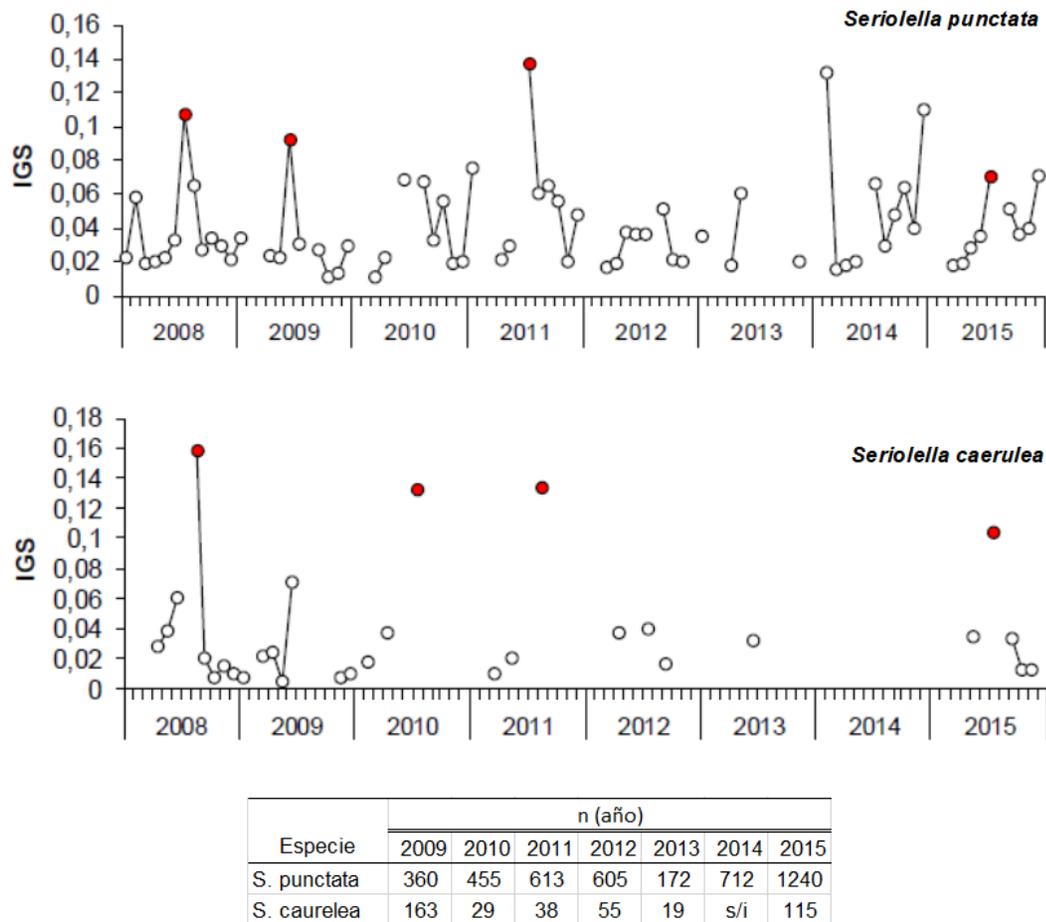


Figura 3 Índice gónadosomático (IGS) mensual de hembras de cojinobas entre 2008 y 2015. Fuente: Céspedes *et al.* (2016).

2.2. Consideraciones sobre el muestreo

Este trabajo se focaliza exclusivamente en la flota industrial de la pesquería sur austral debido a su participación en las capturas de cojinobas del sur y moteada, tal como se presenta escuetamente en Céspedes *et al.* (2016). La flota artesanal no opera prácticamente sobre cojinobas y no se le incluye en este trabajo.

2. Introducción

La búsqueda y revisión bibliográfica para evaluar el estado de conocimiento de cojinobas del género *Seriolella*, tanto a nivel nacional como internacional, revela que los trabajos publicados son escasos. En Chile se ha reportado tres especies de *Seriolella*, a saber: *S. caerulea* (cojinoba del sur), *S. punctata* (cojinoba moteada) y *S. violacea* (cojinoba del norte), siendo esta última la más estudiada en los últimos años por sus características aventajadas para el cultivo, aunque aquello no es objeto del presente proyecto. Para *S. caerulea* y *S. punctata* se ha publicado cuatro trabajos; el más reciente se trata de biología reproductiva y estructura poblacional (Chong *et al.*, 2019).

La cojinoba moteada es especie pelágica de tamaño medio que se distribuye en el Océano Pacífico Sur y es capturada principalmente por naves arrastreras industriales, destinándose a mercado fresco o como HG. La mortalidad natural es un parámetro clave en evaluaciones de stocks pesqueros, aunque su estimación es incierta, pues depende de buenas estimaciones de parámetros de edad y crecimiento cuando se usa métodos bioanalógicos (indirectos). La mortalidad natural corresponde a todas aquellas fuentes de muertes no relacionadas con la pesca (enfermedades, estrés en el desove, inanición, senescencia, depredación u otros). A la vez, grupos de individuos (stocks) de la misma especie pueden tener diferente mortalidad natural al habitar distintas áreas, dependiendo de factores ambientales, densidad de predadores, etc.

Las cojinobas del sur y moteada son especies con individuos de tamaño medio que se encuentran principalmente en la plataforma y parte superior del talud en el Océano Pacífico Sur (desde Australia y Nueva Zelanda hasta Chile) y el Atlántico Sur Occidental (Argentina). Ambas especies tienen importancia comercial en Chile, aunque aparecen casi exclusivamente como fauna acompañante en la pesquería industrial de la zona sur austral, donde se ha registrado una proporción de 9:1 entre *S. caerulea* y *S. punctata* (Céspedes *et al.*, 2016). Sin embargo, probablemente los individuos de las especies de *Seriolella* son migratorios distantes en los océanos donde habitan.

Los estudios de edad y crecimiento en cojinobas de Chile son escasos, reconociéndose los trabajos de Aguayo & Chong (1991) y Chong & Aguayo (1994), quienes, mediante lectura de anillos anuales en otolitos *sagittae*, reportan para la ecuación general de crecimiento individual de von Bertalanffy longitudes asintóticas cercanas a los 60 cm de longitud horquilla (LH) para *S. punctata*

y *S. caerulea*, y peso asintótico de 4.871 gramos para el caso de *S. caerulea*, sin encontrar diferencias en el crecimiento entre machos y hembras.

El crecimiento en especies del género *Seriolella* mediante el uso de otolitos ha sido considerado como un método efectivo para especies de este género en Chile (Aguayo & Chong, 1991; Chong & Aguayo, 1994), en Nueva Zelanda (Horn & Sutton, 1996) y también para *Seriolella porosa* de Argentina (Garciaarena & Perrotta, 2002), confirmando que un año de vida es registrado en los otolitos como un anillo hialino y otro opaco.

Otro método directo para determinar la edad en peces teleósteos es el uso de anillos de crecimiento diario en otolitos *sagittae*. Pannella (1971) observó por primera vez anillos diarios utilizando microscopía óptica, y desarrolló la técnica de preparación y observación en otolitos de *Merluccius bilinearis* del Océano Pacífico Nororiental. Posteriormente, Pannella (1974) demostró que los anillos de crecimiento anual observados en otolitos *sagittae* de varias especies del Océano Atlántico Noroccidental (*Gadus morhua*, *Pseudopleutonectes americanus* y *Urophycis chus*) contenían aproximadamente 365 anillos de crecimiento y por lo tanto dichos anillos eran de naturaleza diaria. A partir de sus descubrimientos, entonces esta metodología ha sido aplicada y perfeccionada por varios autores (Campana, 1987; Campana & Jones, 1992; Morales-Nin, 1991; Panfili & Morales-Nin, 2002; Araya *et al.* 2003; Cisterna & Arancibia, 2017). El método de los incrementos de crecimiento diario no ha sido aplicado en especies del género *Seriolella*. En el presente estudio se realizará preparaciones de otolitos para probar si es posible la identificación de micro incrementos (que asumiremos de naturaleza diaria).

Actualmente existe preocupación mundial por la pérdida de la biodiversidad marina, lo que ha sido atribuido a la presión pesquera (Fung *et al.* 2015), afectando principalmente a predadores de alto nivel trófico, las cuales suelen ser especies muy sensibles a los efectos de la pesca debido a sus características biológicas, tal como lenta tasa de crecimiento individual, baja fecundidad y madurez tardía (Stevens *et al.*, 2000; Ferretti *et al.*, 2010; Caut *et al.*, 2013; Madina *et al.*, 2016). Esto ha conducido a un proceso llamado “fishing down marine food webs”, que plantea que la pesca reduce el nivel trófico de las comunidades (Pauly *et al.*, 2005), tal como ha sido comunicado por Arancibia & Neira (2005) para la trama trófica marina de Chile centro-sur (33°S - 39°S).

Adicionalmente, la interacción entre la actividad pesquera y especies claves, como predadores de alto nivel trófico, puede enmascarar e incluso revertir sus funciones ecosistémicas (Ferretti *et al.*,

2010; Field *et al.*, 2010). Debido a los impactos de la actividad pesquera sobre los ecosistemas se ha propuesto la implementación del manejo pesquero basado en el ecosistema, el que se basa en el análisis de las interacciones que existen entre los procesos biológicos y la actividad pesquera, donde la prioridad es mantener un ecosistema saludable con explotación a largo plazo para asegurar la función ecosistémica y sustentabilidad del stock (McCauley *et al.*, 2015). Entonces, entender los efectos de la pesquería en el contexto de las complejas interacciones que existen en el ecosistema es clave para la generación de planes de manejo adecuados (Harvey *et al.*, 2003). Una forma de evaluar estas interacciones es a través de estudios tróficos (Aguirre *et al.*, 2002).

Debido a que la teoría de tramas tróficas ofrece una comprensión de las redes de interacciones potencialmente complejas que podrían ser generadas por las interacciones humanas, se ha sugerido que las redes tróficas proporcionan una plataforma conceptual útil sobre la cual se puede mapear las consecuencias ecológicas de los cambios ambientales, identificar brechas de conocimiento y predecir generalidades (Worm & Paine, 2016) mediante inferencias que son referentes a cambios o modificaciones en la composición de las presas y sus predadores, siendo posible evaluar el impacto sobre los recursos pesqueros en su estructura y función. El estudio de la alimentación de cualquier organismo es necesario para comprender tópicos ecológicos en los ecosistemas que integran, siendo posible inferir la estructura y función de cada uno de estos organismos. De esta manera el análisis cualitativo del contenido gástrico de peces permite determinar el nivel trófico que ocupa la especie en la trama trófica en que participa, mientras que con los análisis cuantitativos se logra estimar la predación que realiza sobre las especies que constituyen su alimento, deduciendo, por consiguiente, su dependencia. Además, dichos análisis permiten efectuar observaciones de la dinámica poblacional de especies que son fuente de alimento para otras y deducir los mecanismos, aunque sea parcialmente, tal como la estructura y función del ecosistema.

La interacción entre especies en la estructura de la comunidad a la que pertenecen es útil al cuantificar el grado en que dos o más especies se sobreponen en la utilización del espacio, alimento u otro recurso, permitiendo su coexistencia. Así se entiende que los individuos de una población o bien la población misma compita con otra población por un recurso limitante, y que en muchos casos es el alimento (Reynolds & Jennings, 2000; Aguirre *et al.*, 2002; Alleva *et al.*, 2006; Medina *et al.*, 2007; Ferretti *et al.*, 2010; Soto-Jiménez, 2011; Caut *et al.*, 2013; Espinoza *et al.*, 2015; Essington *et al.*, 2015; Pethybridge *et al.*, 2011).

Una de las técnicas más ampliamente utilizada en estudios tróficos es el análisis de contenido estomacal, el que da cuenta de lo que efectivamente ha ingerido el pez. Sin embargo, esta metodología está limitada por el grado de digestión de las presas en el contenido estomacal, siendo necesario analizar alto número de estómagos para mejorar la precisión del estimado de la dieta (Keller *et al.*, 2016). Sin embargo, este método no es caro y las muestras son relativamente fáciles de adquirir, siempre y cuando se realice pesca (comercial o de investigación).

En décadas pasadas los estudios de alimentación basados en la modelación ecotrófica tomaron fuerza (Yonezaki *et al.*, 2015), como por ejemplo los trabajos de Blanchard *et al.* (2002), Ortiz & Wolff (2002), Chiaradia *et al.* (2014), Du *et al.* (2015) y Essington *et al.* (2015). En la modelación ecotrófica se estima el consumo de alimento y biomasa de diferentes especies o grupos de especies, se cuantifica las relaciones predador-presa y, además, se analiza los flujos entre elementos del ecosistema, evaluando el impacto de especies recursos pesqueros en la estructura comunitaria, lo que posteriormente sirve para el manejo integrado de ecosistemas marinos (Christensen & Pauly, 1993; Walters *et al.*, 1997; Pauly *et al.*, 2000). Las tasas de consumo de alimento son importantes cuando se dimensiona estrategias de historia de vida de las especies (Cortes, 1997; Wetherbee & Cortes, 2004), entregando información vital para estimar la ración diaria de alimento, obteniéndose información biológica que permita incrementar el conocimiento de especies poco estudiadas, así como de especies de interés comercial (Bromley, 1994). Los estudios de consumo de alimento son escasos para esta zona del Océano Pacífico Sur, aunque, Pool *et al.* (1997) y Aedo & Arancibia (2001), por ejemplo, informaron la ración diaria y tasa de evacuación gástrica de congrio dorado y pinta roja (*Schroederichthys chilensis*), respectivamente.

Horn *et al.* (2011) estudiaron y compararon la dieta de *S. caerulea* y *S. punctata* en aguas de Nueva Zelanda. Para ambas especies se encontró que la dieta estaba compuesta principalmente por tunicados pelágicos (pirosomas) y secundariamente de crustáceos pequeños (amfípodos, copépodos y eufáusidos).

La distribución espacial de asociaciones de la ictiofauna demersal ha sido ampliamente estudiada (Oviatt & Nixon, 1973; Gabriel & Tyler, 1980; D'Onghia *et al.*, 2004; Labropoulou & Papaconstantinou, 2004; Moranta *et al.*, 2008; Busalacchi *et al.*, 2010), ligándola a la batimetría y tipo de fondo (Abello *et al.*, 2002), masas de agua (Carney, 2005), interacciones inter-específicas y la pesca (Blanchard, 2001). Se ha comunicado que la profundidad es el principal modelador de

ensambles de peces marinos (Bergstad *et al.*, 2008; García-Rodríguez *et al.*, 2011), registrándose cambios en la composición de especies con la profundidad en la plataforma continental y el talud en Portugal (Gomes *et al.*, 2001; Sousa *et al.*, 2005), en el Mar Mediterráneo de Francia (Gaertner *et al.*, 2002), en el Mar Mediterráneo Oriental (D’Onghia *et al.*, 2003), en el Mar Mediterráneo Nororiental (Labropoulou & Papaconstantinou, 2004; Gaertner *et al.*, 2005), en el Mar Mediterráneo Occidental (Moranta *et al.*, 2008), en el Océano Atlántico Nororiental (Menezes *et al.*, 2009) y en Chile central (Menares & Sepúlveda, 2005; Sagua, 2015), por ejemplo. También se ha mencionado que factores físicos (condiciones hidrográficas, pendiente de la plataforma continental, tipo de sustrato) y biológicos (disponibilidad y abundancia, relaciones predador-presa) son causa de la zonación ictiofaunística junto con la profundidad (Bianchi, 2007; Clark *et al.*, 2010; Keskin *et al.*, 2011), así como la pesca (Blanchard, 2001; Zwanenburg, 2000).

La estimación de la abundancia y biomasa de cojinobas en la zona sur austral es una temática de la que no se dispone de antecedentes previos en el marco de evaluaciones de stock en Chile. En efecto, actualmente no existe ninguna evaluación de stock para algunas de las especies recurso de cojinobas que permita, por ejemplo, calificar el estado de conservación del recurso o establecer cuotas globales de captura. En el caso de Nueva Zelanda, por ejemplo, Tuck & Punt (2007, *vide* Tuck & Fay, 2009) evaluaron el stock de cojinoba moteada bajo un esquema de data pobre, que luego actualizaron. Dada la escasa información que existe de cojinobas en Chile, la evaluación de stock debería ser bajo un esquema de pesquería data pobre o “Tier 3”, según el sistema establecido por un panel de expertos orientados a establecer puntos biológicos de referencia para las pesquerías nacionales (Payá *et al.*, 2014).

El “Tier 3” se aplica en stocks para los cuales no hay datos suficientes que permitan la aplicación de un modelo dinámico, y para los cuales se puede o se ha utilizado aproximaciones empíricas basadas inicialmente en datos de captura (sin datos de abundancia relativa), parámetros de historia de vida o evaluaciones directas. La recomendación científica es utilizar, como una aproximación inicial, modelos de evaluación basados en la historia de las capturas (sin índice de abundancia).

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Determinar los parámetros biológico-pesqueros de los recursos cojinoba del sur (*Seriolella caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*), y las características operacionales asociadas a su extracción en la pesquería demersal austral (41°28,6'S a 57°S).

3.2. Objetivo Específicos

- 3.2.1. Sistematizar el conocimiento biológico y determinar los parámetros poblacionales (crecimiento, talla de primera madurez sexual, mortalidad natural) y ciclo de vida en cojinoba.
- 3.2.2. Caracterizar la actividad extractiva ejercida por la flota industrial en el área correspondiente a la pesquería demersal austral sobre el recurso cojinoba.
- 3.2.3. Determinar la estructura de tallas y edad, talla crítica y [talla] de primera captura, relación talla-peso, análisis del contenido estomacal, sexo y condición reproductiva de los ejemplares de cojinoba capturados.
- 3.2.4. Establecer [la] composición específica de las capturas en lances con capturas de cojinoba y en lances dirigidos a este recurso.
- 3.2.5. Proponer métodos de evaluación del recurso [cojinoba] que permitan calificar su estatus[,] según lo establece la Ley General de Pesca y Acuicultura.

4. Metodología de trabajo

4.1. En relación con el Objetivo Específico 1

Sistematizar el conocimiento biológico y determinar los parámetros poblacionales (crecimiento, talla de primera madurez sexual, mortalidad natural) y ciclo de vida en cojinoba.

De acuerdo con las Bases Administrativas y Técnicas (numeral 5.2), para el cumplimiento de este objetivo, “...el Consultor deberá realizar una recopilación de antecedentes bibliográficos biológicos y pesqueros del recurso Cojinoba. Para efectos de la determinación de los parámetros de historia de vida, deberá considerar el análisis de bases de datos históricas (las que deberán ser solicitadas) y el levantamiento de datos e información con personal embarcado.”

Para mejor comprensión de los resultados, la componente de crecimiento individual pasa al objetivo específico 2 y la componente de biología reproductiva pasa al objetivo específico 3. El propósito es mejorar la presentación de resultados de los objetivos específicos 1, 2 y 3 como una solución de continuidad. Las componentes de análisis de material bibliográfico, así como la mortalidad natural y la propuesta de ciclo de vida permanecen en el objetivo específico 1.

4.1.1. Sistematización del conocimiento biológico

Para la recopilación de antecedentes bibliográficos de investigaciones históricas y actuales, relacionadas con la tópicos biológicos y pesqueros de las cojinobas del sur y moteada, se consultó la biblioteca de la Universidad de Concepción, más información disponible generada en proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIPA) y del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) (Tabla 1). Además, se revisó la website de ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts; <http://proquest.libguides.com/asfa>), Springer Link (<https://link.springer.com/>), Oceanic Abstracts

(<https://search.proquest.com/oceanic/index>), Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>) y Scholar Google (<https://scholar.google.cl/>).

Con la información colectada se elaboró un dossier bibliográfico de publicaciones relacionadas con temas biológicos y/o pesqueros de las cojinobas a nivel nacional e internacional, y se realizó una síntesis comentando estos tópicos solo para las especies de interés de este proyecto. Se construyó una matriz del conocimiento, identificándose y valorando cualitativamente la información publicada, aplicando el Método del Semáforo (Halliday *et al.* 2001).

Para la categorización de la información recopilada se valoró cada publicación basado en su aporte al cumplimiento del objetivo general del proyecto. Por lo tanto, los colores de semáforo utilizados en este proyecto son asignados atendiendo el contenido de la publicación.

Tabla 1. Proyectos FIPA e IFOP que incluyen resultados de la biología y pesquería de cojinobas en Chile.

Código/año	Proyecto
IFOP 2018	Seguimiento de las pesquerías demersales y de aguas profundas, año 2017-2018. Convenio de Desempeño 2017
IFOP 2015	Programa de seguimiento de las pesquerías demersales y aguas profundas, 2014. Convenio de desempeño 2014. Programa de seguimiento de las pesquerías demersales y aguas /profundas:
IFOP 2014	Programa de seguimiento de las pesquerías demersales y de aguas profundas, 2013. Proyecto 1.9: Programa de seguimiento de las pesquerías demersales y aguas profundas, 2013.
IFOP 2012	Programa de seguimiento de las pesquerías demersales y aguas profundas, 2012. Sección VI: Recursos de Aguas Profundas, 2012
FIP 1994-26	Evaluación de la pesquería y del stock de cojinoba del norte (I y II Regiones)
FIP 1994-32	Interacciones tróficas recursos demersales zona sur-austral.
FIP 1997-18	Caracterización de las pesquerías de cojinoba del norte y bacalao de profundidad en la I y II Regiones

4.1.2. Mortalidad natural

Para la estimación de M para cojinoba moteada se aplicó varios métodos bioanalógicos, esto es, aquellos que se basan en parámetros de la historia de vida, en particular de crecimiento. Los parámetros de crecimiento fueron estimados a partir de la lectura de anillos de crecimiento anual

en otolitos *sagittae* de la misma especie y se ajustó el modelo de crecimiento individual de von Bertalanffy, obteniéndose los siguientes parámetros: longitud asintótica ($LH_{\infty} = 61$ cm), tasa instantánea de crecimiento individual para sexos combinados ($K = 0,22$ año⁻¹) y edad teórica a la cual la longitud es cero ($t_0 = 0$ años).

Los métodos bioanalógicos seleccionados para estimar M son los siguientes:

- **Pauly (1980)**

Pauly (1980) encontró una relación entre M (año⁻¹), K (año⁻¹), L_{∞} (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:

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

donde: M es la tasa de mortalidad natural, L_{∞} es la longitud asintótica, K es el coeficiente de crecimiento y T es la temperatura anual del hábitat asumida entre 8°C y 14°C, según los registros disponibles del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA).

- **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 $t^* = 0,38 T_{\text{máx}}$.

- **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:

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

donde: K es la tasa instantánea de crecimiento individual de la expresión general de crecimiento en longitud de von Bertalanffy.

- **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: $T_{\text{máx}}$ es la longevidad máxima o teórica; T_r es la edad de reclutamiento. Alternativamente, se evalúa la expresión anterior para 5% de sobrevivientes de una cohorte (Taylor, 1960), según la siguiente expresión:

$$M = \frac{\ln(0,05)}{T_{\text{máx}} - T_r}$$

La longevidad o edad máxima teórica ($T_{\text{máx}}$) 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.

- **Rikhter y Efanov (1976)**

En este modelo se muestra la relación entre la mortalidad natural y la edad a la cual el 50% de la población está madura (edad de primera madurez sexual).

$$M = \frac{1,521}{T_{50}^{0,720}} - 0,155$$

4.1.2.1. 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.* (1999b) 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 (≥ 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 dicha 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, el 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 M . Para las estimaciones de M se usó el paquete estadístico R Studio.

4.1.3. Modelo conceptual de historia de vida de cojinobas

Se revisó la literatura nacional e internacional tópicos de la historia de vida de *S. caerulea* y *S. punctata*, y de especies similares en otros ecosistemas. También se revisó bases de datos en línea (e.g., www.fishbase.se) y sitios oficiales de instituciones de investigación que pudieran contener información útil para este objetivo.

4.2. En relación con el Objetivo Específico 2

Caracterizar la actividad extractiva ejercida por la flota industrial en el área correspondiente a la pesquería demersal austral sobre el recurso cojinoba.

4.2.1. Fuentes de información

Para la caracterización de la actividad extractiva ejercida por la flota industrial arrastrera en el área de la pesquería, se acudió a la información generada por el Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Zona Centro-Sur y Zona Sur-Austral, ejecutado por IFOP en el marco del programa de Asesoría Integral en Pesca y Acuicultura (ASIPA). Además, se solicitó las bases de datos del “Proyecto de Descarte”, también ejecutado por IFOP. Ambas solicitudes fueron realizadas a través de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SubPesca). Complementariamente, se solicitó al Servicio Nacional de Pesca (SERNAPesca) la información de desembarque de los recursos cojinoba del sur y cojinoba moteada.

4.2.1.1. Caracterización de la flota pesquera

Durante la ejecución de este trabajo se contó con muestreadores a bordo de naves industriales para colecta de información de operaciones de pesca, así como obtención de datos biológicos de cojinobas. Complementariamente se entrevistó a personal de flota (jefes de flota y patronos de pesca) respecto de características de las embarcaciones que operan en la pesca de cojinobas. Para el efecto, además de las naves operando actualmente, se requirió información de naves que hubieren operado en la pesquería en los últimos 5 a 10 años.

Para la caracterización de las naves se procedió como sigue:

- registro de las características geométricas, funcionales y operacionales de las embarcaciones, permitiendo determinar las principales relaciones entre tales características de las naves (industriales);
- registro e información de naves que capturan cojinoba, lo que se obtiene de entrevistas a jefes de flota y patronos de pesca en puertos de desembarques, análogamente a los procedimientos desarrollados por Arancibia *et al.* (1995), para el caso de la caracterización de la flota industrial de cerco de Chile central. Tal esquema de trabajo fue aplicado por Acuña *et al.* (1995) y Acuña *et al.* (1996) para el caso de la flota arrastrera que operó sobre los recursos langostino amarillo *Cervimunida johni* y camarón nailon *Heterocarpus reedi* en la zona centro-sur de Chile; y más tarde por Arancibia *et al.* (2015) en el caso de la flota que opera sobre congrio dorado al norte de la Unidad de Pesquería Sur Austral;
- La colecta de información consideró aquellas localidades que aportan significativamente al desembarque de cojinobas (Puerto Chacabuco en la XI Región y Punta Arenas en la XII Región);
- el procedimiento consistió en entrevistas personales, registrándose la mayor cantidad de antecedentes por embarcación (características físicas), según una ficha *ad hoc* diseñada para el efecto. Las entrevistas fueron realizadas por profesionales y técnicos del presente proyecto (ver Ficha a continuación).

4.2.1.2. Tamaño muestral

En el SernaPesca de la X Región, XI Región y XII Región se encuentran registradas 62 embarcaciones, aprox., que tienen Licencias Transables de Pesca (LTP) o Permisos Especiales de Pesca (PEP) para los recursos merluza del sur, merluza de cola (incluye la macrozona V a X Regiones) y merluza de tres aletas, en cuyas capturas se registra captura incidental de cojinobas.

Ficha de Registro Universal de las Principales Características Físicas de Embarcaciones Susceptibles de Operar en la Pesca de la Cojinoba

CARACTERISTICAS GENERALES (anotar lo que corresponda)

Nombre embarcación	:			
Categoría	:	Art. = artesanal		Ind. = industrial
Señal distintiva	:			
Armador	:			
Matrícula	:			
Puerto de operación	:			
Capacidad de Bodega	:		T.R.G. :	T.R.N. :
Construcción	:		País :	Año :
Astillero	:			
Dimensiones	:	Esloras:		Manga:
		Puntal:		Calado:
Capacidad de combustible (lt):				
Consumo de combustible diario (lt)	:		Velocidad de crucero (lt/hr):	
Capacidad de agua dulce	:			
Autonomía	:			
Velocidad (nudos)	:	Máxima:	Crucero:	Arrastre:
Mantenimiento pesca	:	Hielo:	Congelado:	Sin:
Otros (especificar)	:			
Especies objetivo	:			
Especies alternativas	:			
Dotación		Nº acomodaciones	:	
		Nº tripulantes	:	
		Especificaciones	:	
Propulsión				
Motor principal	:	Marca	:	
		Modelo	:	
		Potencia (Hp)	:	
		Revoluciones	:	
		Consumo (lt)	:	
		Año	:	
Motor auxiliar	:	Marca	:	
		Modelo	:	
		Potencia (Hp)	:	
		Revoluciones	:	
		Consumo (lt)	:	
		Año	:	

Equipos de pesca (especificar)	:
Tipo de pesca	:
Tipo de arte de pesca	:
Principales aparejos de pesca	:
Características técnicas del arte	
- dimensiones	:
- número de paños, anzuelos o lo que corresponda:	:
- otros	:
Características técnicas principales aparejos	
- tipo de hilos y grosor	:
- tipo de anzuelos	:
- boyas u otros	:
- carnada	:
Condiciones de seguridad	
Dotación autorizada	:
Balsas salvavidas	:
Capacidad	:
Salvavidas circulares	:
Chaleco salvavidas	:
Bengalas	:
Extintores	:

4.2.1.3. Análisis de la información

La flota que opera sobre los recursos de cojinobas es analizada en sus características físicas, siguiendo a Arancibia *et al.* (1995), para lo que se considera variables generales, geométricas, funcionales y operacionales, a saber:

- (i) Características generales:
 - año de construcción
 - número de acomodaciones
- (ii) Características geométricas:
 - eslora máxima (m)
 - manga máxima (m)
 - puntal de construcción (m)
 - número cúbico (m³, producto entre las tres anteriores)
 - tonelaje de registro grueso (ton)

(iii) Características funcionales:

- capacidad de bodega (m^3)
- capacidad de combustible (litros)
- velocidad máxima (nudos)
- potencia continua del motor principal (Hp)
- consumo del motor principal en velocidad de crucero (litros)

(iv) Características operacionales

- sistema de pesca
- dimensiones máximas del aparejo/arte de pesca (arrastre, arrastre de media agua, palangre)
- número de espineles y su tamaño
- horas de arrastre, tiempos promedio de reposo, etc.
- número de días promedio en viaje de pesca

4.2.1.4. Análisis de las características físicas entre sí

Las características físicas de las embarcaciones son analizadas mediante regresiones entre pares de variables en la búsqueda de los mejores ajustes, considerando relaciones geométricas entre sí y operacionales entre sí, reteniéndose aquellas con mayor coeficiente de determinación (r^2) o con la menor suma residual de cuadrados, en este último caso cuando los ajustes no son del mismo tipo.

4.2.1.5. Estratificación de la(s) flota(s)

Las razones para indagar en la estratificación de las embarcaciones en grupos internamente homogéneos son: (1) reducir sesgos en tratamientos posteriores de la información debido a la distribución diferencial del esfuerzo de pesca (Taylor & Prochaska, 1985); y, (2) reducir la varianza de los estimadores (Polacheck, 1989). De acuerdo con Shimada & Schaefer (1956), se puede utilizar variables físicas como la capacidad de bodega para categorizar por tamaños las embarcaciones pesqueras, o bien a través de variables como la eslora.

4.2.1.6. 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 (son de 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. Estas áreas 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.

La importancia relativa de los caladeros se determina mediante el cálculo de un índice de concentración (I.C.) de las embarcaciones (modificado de Gulland, 1956). Este índice se calcula sobre la base del número de embarcaciones pesqueras (PAM_{zp}) por unidad de área ($AREA_{zp}$) en un período de tiempo j dado (anual) en relación con el total de las embarcaciones en operación (PAM_{total}) y el área de estudio ($AREA_{total}$), de acuerdo con la siguiente expresión:

$$I.C. = \frac{\frac{\sum_n^j PAM_{zp}}{AREA_{zp}} - \frac{\sum_n^j PAM_{total}}{AREA_{total}}}{\frac{\sum_n^j PAM_{zp}}{AREA_{zp}}}$$

I.C. varía entre 0 (cuando no existen zonas de pesca definidas) y 1 (cuando la flota se encuentra concentrada en una sola zona de pesca). Las variaciones espacio-temporales de las zonas de pesca son analizadas a través de un sistema de información geográfico (SIG) que incorpora la posición de cada embarcación (QTH), captura, esfuerzo de pesca, rendimiento y variables de operación.

4.2.1.7. Distribución espacial de la densidad poblacional

Con información del rendimiento de pesca de cojinoba del sur y cojinoba moteada se construye cartas de distribución espacial de la densidad poblacional. Se usa celdas de tamaño 15 mn de longitud x 20 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 (Neira *et al.*, 2015) en el proyecto “Bases metodológicas para el estudio del reclutamiento y ecología en merluza del sur y merluza de cola, zona sur-austral” (Fig. 4). Las cartas de distribución son construidas para los datos agregados anualmente (Anexo 2).

4.2.1.8. Distribución espacial de parámetros biológicos

El procedimiento anterior se aplica también para las siguientes variables biológicas (para cada especie):

- fracción de sexos en las capturas;
- fracción de juveniles (menores a la talla media de madurez) y adultos en las capturas;
- longitud promedio en las capturas; y,
- peso promedio en las capturas (adicional).

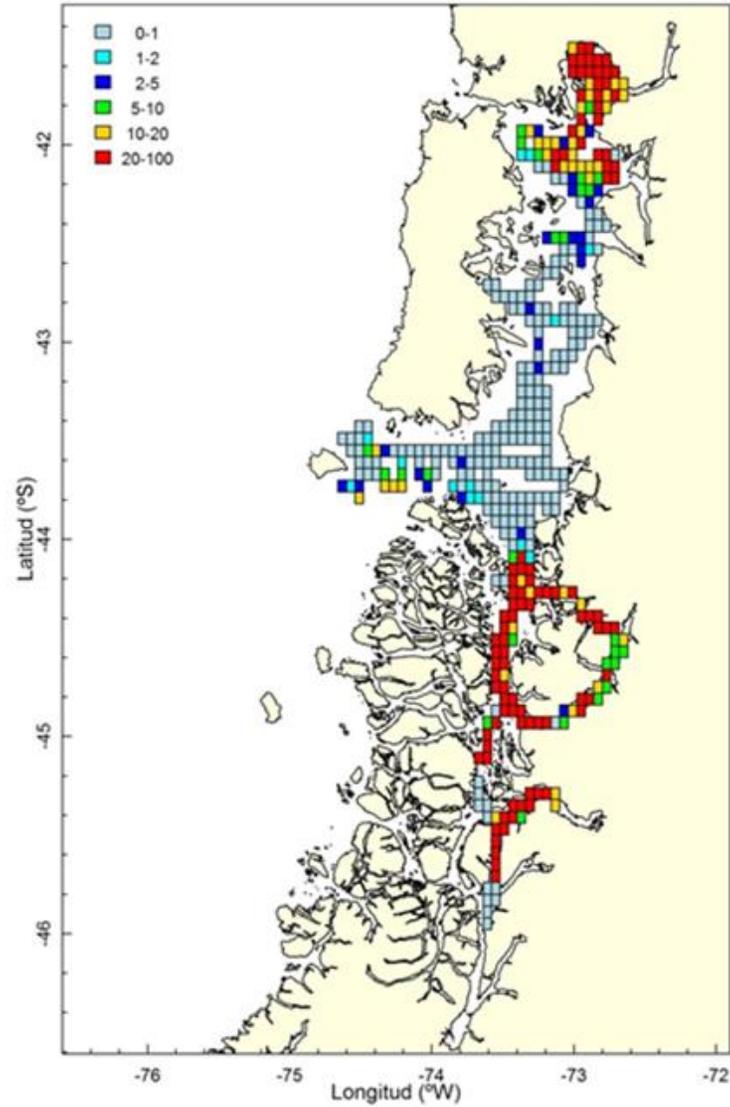


Figura 4. Distribución espacial de la densidad poblacional promedio (ton/mn²) de merluza del sur en el verano de 2003. Tomado de Neira *et al.* (2015).

4.3. En relación con el Objetivo Específico 3

Determinar la estructura de tallas y edad, talla crítica y [talla] de primera captura, relación talla-peso, análisis del contenido estomacal, sexo y condición reproductiva de los ejemplares de cojinoba capturados.

4.3.1. Edad y crecimiento

4.3.1.1. Recolección de otolitos

De acuerdo con la Oferta Técnica, en este proyecto se ha adaptó el criterio de obtener una muestra aleatoria estratificada de 10 pares de otolitos (conjuntamente machos, hembras e individuos con sexo indeterminado) por cada 1 cm de longitud horquilla (LH, en cm) en el rango de tallas de cojinoba presentes en la pesquería, lo que, según antecedentes disponibles, ocurre de 29 a 67 cm de LH, dependiendo del año (en algunos años el rango es más estrecho, esto es, entre 33 y 61 cm). Con el esfuerzo de muestreo realizado en este presente proyecto para la obtención de otolitos se obtuvo individuos en el rango de tallas de 31 a 58 cm de LH.

A los ejemplares de *S. punctata* se les midió la longitud la longitud total (LT, cm) y la horquilla (LH, cm). También se registró el peso total (WT, gr), sexo y estado de madurez macroscópico. Cuidadosamente se extrajo el par de otolitos *sagittae* desde la cavidad craneal con pinza fina tipo Iris (Fig. 5). Inmediatamente después los otolitos fueron lavados con agua destilada para retirar restos orgánicos, y secados con papel absorbente. Luego los otolitos fueron guardados en tubos Ependorf, rotulados con un número correlativo asociado a los datos del pez, fecha y zona de captura; 24 horas previas al análisis de los otolitos estos fueron hidratados en 1 ml de agua destilada (Fig. 6).



Figura 5. Disección de la cabeza de un pez teleósteo para la extracción de otolitos.

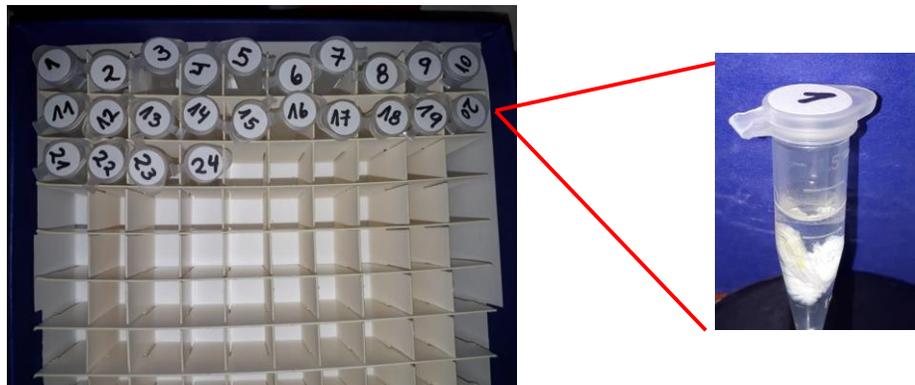


Figura 6. Procedimiento de almacenaje y posterior hidratación de los otolitos en tubos Eppendorf.

4.3.1.2. Análisis y lectura de anillos anuales en otolitos enteros

Para la lectura de anillos anuales seleccionó el otolito *sagittae* izquierdo. Durante el desarrollo de este proyecto fue posible extraer el 90% de los otolitos (derecho e izquierdo) en buenas condiciones para posterior análisis. La observación de los otolitos se realizó con estereomicroscopio Zeiss con aumento 10X, midiendo el radio (R_o) por su cara interna, desde el núcleo al borde post-rostral; en la Fig. 7 se señala la disposición de los anillos anuales de crecimiento y las medidas registradas para la determinación de la edad.

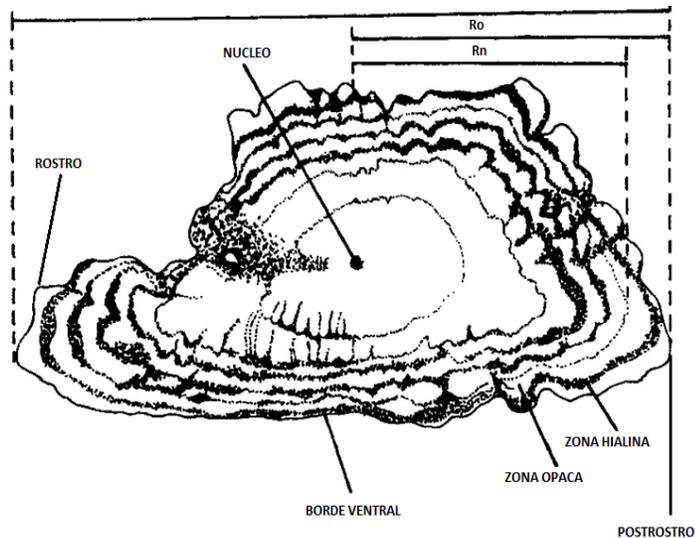


Figura 7. Esquema de otolito izquierdo de *S. punctata* por su cara externa, señalando la disposición de los anillos anuales de crecimiento y las medidas para la determinación de la edad. Tomado de Aguayo & Chong (1991).

La lectura de anillos anuales consistió en el conteo y medición de anillos hialinos de crecimiento identificados bajo luz blanca reflejada, los que se observaron oscuros y delgados, mientras que los anillos más anchos, que corresponden al periodo de crecimiento rápido, se vieron blanquecinos (opacos). El par de otolitos se dispuso en una cápsula de Petri con agua destilada sobre fondo negro (Fig. 8). Las lecturas y mediciones se realizaron en el otolito izquierdo, mientras que el derecho sirvió de guía para comparar las marcas hialinas observadas. La información que entrega cada otolito se registró manualmente en planillas de lectura, las que luego fueron digitalizadas.



Figura 8. Par de otolitos de *S. punctata* colocados en cápsula de Petri con fondo oscuro.

4.3.1.3. Análisis y medición de anillos de crecimiento anual

Las mediciones en cada otolito *sagittae* fueron realizadas en su cara externa (cóncava), desde el núcleo (centro) al borde postrostral (Fig. 7), lo que corresponde al radio total (Ro); luego, desde el centro a cada anillo hialino se midió los radios (R1, ..., Rn), asumiendo que cada anillo corresponde a un año de vida del pez. Las mediciones fueron realizadas con ocular provisto de reglilla micrométrica con 100 divisiones (d.m.o), donde cada división corresponde a 0,1 mm

4.3.1.4. Construcción de claves talla-edad

Dado el interés por conocer la composición de edades en las capturas, y también la edad media de los ejemplares que la componen, a partir de las lecturas de edades se construyó claves talla-edad, las que permiten transformar datos estructurados por tallas (distribución de frecuencias de la LH) a edades (en años). Las claves edad-talla son las matrices que permiten asignar la edad de los individuos en la distribución de frecuencias de LH proyectados a grupos de edad (GE), según la longitud de los individuos observados. Para el caso de cojinoba, la asignación a los GE corresponde a todos los individuos nacidos a partir del 1° de enero. La clave edad-talla cuenta con la clasificación de las lecturas de cada estructura dura (en este caso otolitos) por grupo de edad, estimándose cada probabilidad según:

$$q_{a,l} = \frac{n_{a,l}}{n_l}$$

donde: a es el grupo de edad, l es la longitud horquilla del individuo, $q_{a,l}$ es la probabilidad que tienen los individuos de longitud " l " de pertenecer a un GE dado; $n_{a,l}$ es el número de individuos de edad " a " con longitud " l ", n_l es el número total de individuos de longitud l .

Un criterio para la construcción de las matrices de edad (clave edad-talla) involucra la selección correcta del intervalo de clase de tamaño (LH), que en el caso de cojinoba se asignó cada 1 cm LH. Las claves edad-talla fueron elaboradas por sexos separados y también se probó la utilidad combinando sexos.

4.3.1.5. Análisis y lectura de anillos de crecimiento diario en los otolitos seccionados

Debido al grosor y a la composición mineral del otolito de cojinoba se procedió a la obtención de secciones del otolito para analizar la secuencia de los incrementos de crecimiento. Dichas secciones fueron obtenidas a través de diferentes planos del otolito, a saber: longitudinal, transversal y sagital (Figura 5). Se fijó como criterio 10 muestras por plano del otolito, lo que suma 30 preparaciones por otolito.

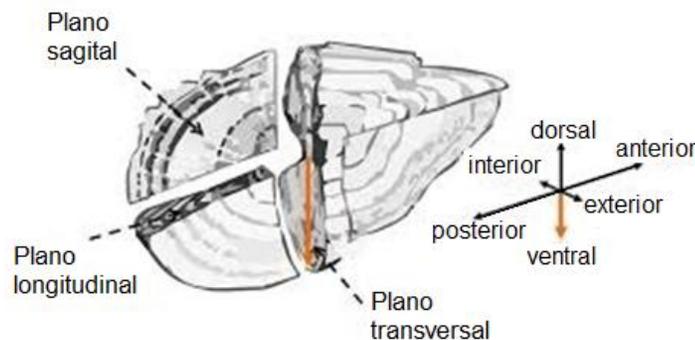


Figura 9. Esquema de sección de otolito *sagitta* mostrando los planos longitudinal, transversal y sagital, y sus principales partes.

La preparación de otolitos (observación de microincrementos de crecimiento) contempló disponerlos en moldes de silicona y cubrirlos con resina de poliéster (Fig. 10). Luego de endurecida la resina, cada cubo que contenía el otolito fue desgastado secuencialmente con lijas de granos de 500 y 1000. Cuando el fragmento del cubo estuvo lo suficientemente delgado, entonces se procedió a adherir dicho fragmento al portaobjetos mediante un medio de montaje completamente transparente, que en este caso correspondió a CrystalBond™509, permitiendo mejorar la observación bajo luz transmitida.



Figura 10. Proceso de montaje del otolito en resina de poliéster en moldes de silicona.

Para el tratamiento de pulido de la sección delgada del otolito se siguió la técnica propuesta por Morales-Nin (1991), actualizada por Green *et al.* (2009), y aplicada por Cisterna & Arancibia (2017). Para gastar el otolito se utilizó varios tipos de abrasivos comerciales de diferente tamaño de granos (1500, 2000 y 2500); el abrasivo más grueso (1200) fue utilizado primero, siguiendo los otros secuencialmente para reducir la rugosidad del otolito hasta que la lámina alcanzara 0,3 mm de espesor (Fig. 11). Luego se aplicó pasta de pulir de $0,005\mu\text{m}$ para eliminar marcas (rayas) dejadas por los abrasivos.

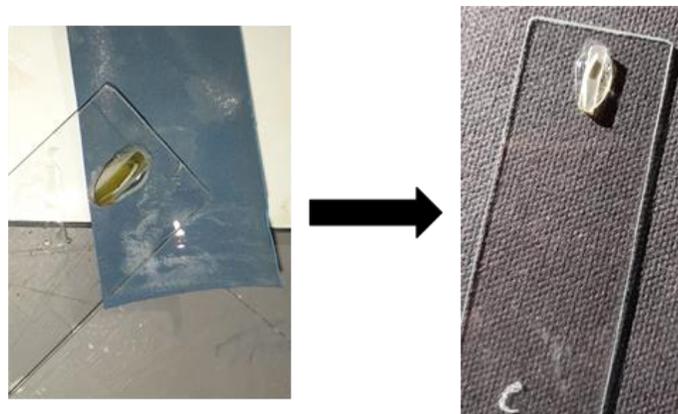


Figura 11. Fotografía de la sección del otolito fijado en resina de poliéster y adherida al portaobjeto mediante medio de montaje transparente.

Los incrementos de crecimiento diario aparecieron bajo el microscopio óptico como anillos concéntricos alternadamente claros y oscuros. Cada par de estas unidades forma un incremento de crecimiento (Pannella, 1974). Para la observación de los incrementos de crecimiento se utilizó microscopio Zeiss modelo Axiolab, provisto de cámara digital Canon Rebel EOS T7. Las observaciones fueron realizadas con aumentos de 40x, 200x y 400X. El uso del aumento mayor 1000X es para observar los incrementos diarios más pequeños de hasta 1µm de ancho.

4.3.2. Diseño de muestreo y tamaño de muestra indicadores biológico-reproductivos

El diseño de muestreo para obtener indicadores biológico-reproductivos consistió en coleccionar muestras aleatorias mensuales a bordo de embarcaciones industriales, aunque complementados con muestreos en plantas de procesos ante la dificultad operativa de disponer siempre de espacio en naves industriales. La flota artesanal prácticamente no participa de la captura de cojinobas.

El tamaño de muestra depende del indicador que se quiera determinar y su procedencia. En el caso de indicadores reproductivos macroscópicos (e.g. madurez macroscópica, índice gonadosomático), con muestras obtenidas aleatoriamente a bordo o en planta (mantenidas con hielo en escamas con peces del último lance del viaje de pesca), el tamaño de muestra corresponde a 200 ejemplares de ambos sexos por mes y región (considerando solo las Regiones XI y XII debido a que allí ha ocurrido más del 97% de los desembarques de cojinobas de 2010 a 2016). El tamaño de muestra efectivo en este proyecto está muy condicionado por la ausencia de capturas o por muy bajas capturas en algunos meses, además de las malas condiciones meteorológicas que pueden impedir la realización de faenas de pesca –lo que es común en algunos meses del año en el sur de Chile– o a la inexistencia de éstas por efecto de estacionalidad en la operación de la flota o al redireccionamiento de la flota a la captura de otros recursos pesqueros, prioritariamente.

Se requiere conciliar varios aspectos respecto al diseño de muestreo y el tamaño de muestra para análisis de indicadores de madurez microscópicos mediante técnicas histológicas. Primero, el análisis histológico debe determinar el periodo de mayor actividad de desove; segundo, cubrir las principales áreas de pesca visitadas por las embarcaciones industriales con puertos base en las Regiones XI y XII; y, tercero, estimar la talla media de madurez.

4.3.3. Indicadores biológicos y reproductivos

4.3.3.1. Composición de tamaños y edades en las capturas

En nuestra oferta técnica se estableció que el tamaño de muestra (n) para la caracterización de la estructura de tamaños del recurso cojinoba, para un nivel de incertidumbre de $\alpha=0.05$, considerando como error máximo deseado a 10% ($d = 0,1$) y con coeficiente de variación teórico entre 10 % y 30%, calculado según la siguiente expresión (Cochran, 1977):

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

donde: $t_{\alpha,\infty}$ es el valor de la distribución t-Student para el nivel de incertidumbre α con ∞ grados de libertad, esto es:

CV _(LT) (%)	n ($t_{0,05;\infty}$)
10	196
15	294
20	392
25	490
30	588

Sin embargo, para precisar el tamaño de muestra mínimo se debe considerar un muestreo piloto de longitudes, que en nuestro caso corresponde a información histórica de muestreos de longitud, desde donde se calculó el coeficiente de variación de la longitud total ($CV_{(LT)}$, %). La composición por tallas mensuales en las capturas (en número) se determina de acuerdo con la suma de las frecuencias de tallas obtenidas de cada embarcación muestreada en el mes respectivo. Sin embargo, debido a que algunas embarcaciones operaron en áreas en que la estructura de tallas es 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, WN_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 frecuencias 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. 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 estadígrafo 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 .

Para determinar la composición de edades en las capturas, se utiliza claves talla-edad disponibles, transformando las composiciones de tamaño (trimestrales y/o semestrales) en composiciones de edades (trimestrales y/o semestrales).

4.3.3.2. Edad (talla) crítica y edad (talla) de primera captura

La edad crítica (t^*) se define como aquel momento en el cual una cohorte no explotada alcanza su máximo nivel de productividad, la que se refleja por su máximo nivel de biomasa (Beverton &

Holt, 1957). Entonces, la edad crítica puede ser estimada a partir de los parámetros de crecimiento y la tasa de mortalidad natural (M) de la siguiente forma:

$$t^* = t_0 - \frac{1}{K} \cdot \ln\left(\frac{M}{M + 3K}\right)$$

La talla crítica se obtiene reemplazando la edad t por t^* en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy. Luego, la talla crítica se estima como:

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

reemplazando y reordenando se obtiene:

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

La edad de primera captura (t_c) corresponde a la edad del ejemplar más joven capturado. También se puede considerar como la edad promedio del grupo modal más pequeño presente en las capturas. La edad de primera captura, si no se determina de manera directa (mediante lectura de edad en otolitos), entonces se estima convirtiendo a edad la longitud de los ejemplares más pequeños (L_{t_c}). La conversión se realiza mediante la inversa de ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, de la forma:

$$t_c = t_0 - \frac{1}{K} \cdot \ln\left(\frac{L_{\infty} - L_{t_c}}{L_{\infty}}\right)$$

4.3.3.3. Relación talla-peso

Unos de los aspectos básicos registrados en los 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 cojinoba. 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 de animales marinos 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, ε 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

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

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 parámetro θ , 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.

4.3.3.4. Aspectos reproductivos

- **Fracción de sexos**

La fracción de secos se ha estimado mensualmente para la fracción de hembras en el stock de cojinobas, por especie. En tanto que, para el seguimiento de la condición reproductiva, se analiza en escala mensual: (1) la frecuencia de estadios de madurez sexual (EMS) macroscópicos; (2) el comportamiento del índice gonadosomático (IGS); y, (3) la fracción de ejemplares maduros.

- **Condición reproductiva**

Los análisis histológicos fueron realizados en el Departamento de Biología Celular de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Concepción. Los ovarios fueron pesados y fijados al instante en solución Buoin para posterior análisis microscópico. Luego del tiempo de fijación (48 h, mínimo) las muestras fueron lavadas en alcohol 70% para eliminar la solución Buoin durante 15 min por tres veces. Posteriormente, éstas fueron transferidas a una batería de deshidratación con soluciones de etanol (70% a 99%), infiltrando luego las muestras en parafina líquida a 58°C por 2 horas, repitiendo esta operación dos veces. Después las muestras fueron incluidas en parafina por 24 h para corte y tinción. Los cortes fueron realizados en micrótopo de rotación manual con espesor de 7 µm. Seguidamente, se eliminó la parafina de los cortes con lavado en Xilol y lavado en batería de hidratación (etanol 100% a 70%). Después de retirado el exceso de parafina, se tiñó las muestras con hematoxilina y cromotropo (0,5%).

4.3.3.5. Estimación de fecundidad

El análisis histológico (n = 101.850 oocitos) se realizó en microscopio de luz Leica DM500 con cámara acoplada Leica ICC50W para obtención de imágenes, las que fueron procesadas mediante software ImageJ, previa calibración. Se determinó y describió la morfología de los distintos estadios presentes en las muestras y luego se determinó los diámetros celular y nuclear con aumentos de 4X, 10X y 40X. Se registró la fracción de células en los distintos estados de maduración (primario, previtelogénico, vitelogénico, maduro y otras características histomorfológicas).

Se siguió la metodología de Hunter *et al.* (1985) para la estimación de la fecundidad, utilizando el número promedio de oocitos hidratados de las tres submuestras y luego 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.

- **Índices Fisiológico/Reproductivos**

Se determinó el Factor de Condición (K) mediante la ecuación $K = (\text{peso total} / \text{longitud}^3) * 100$ y el Índice Gónadosomático (IGS) mediante la ecuación $IGS = (\text{peso gónada} / \text{peso total}) * 100$. El análisis de los datos se realizó mediante análisis exploratorio inicial. Luego los datos fueron sometidos a la hipótesis que provienen de una distribución normal con el test de normalidad Shapiro-Wilk. Luego se aplica Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas y test post-hoc Tukey para determinar estas diferencias entre estadios de madurez encontrados. Todos los análisis fueron realizados en software Rproject con la plataforma RStudio.

4.3.3.6. Talla media de madurez

El propósito de determinar la talla media de madurez 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).

Este procedimiento se basa en el ajuste de un modelo logístico a la fracción de ejemplares maduros de cada rango de tallas, definidos de acuerdo con escalas de madurez macroscópicas mediante el uso de métodos de remuestreo computacional para estimar intervalos de confianza para la talla media de madurez y otros intervalos de talla (Roa *et al.*, 1999). Las variables que utilizadas en el ajuste del modelo de madurez son la talla del pez y su condición de madurez, que es dicotómica, esto es, madura o inmadura. Debido a la naturaleza dicotómica de la variable respuesta, entonces 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 fracción de individuos que se encuentra maduro a la talla l ; β_1 , β_2 y β_3 son los parámetros asintótico, de posición y pendiente, respectivamente. Las estimaciones de estos parámetros, dado un cierto conjunto de datos, son seleccionadas desde el punto en el cual el producto de las funciones de densidad binomiales de los puntos es máximo, o sea, cuando el valor negativo de la función logarítmica de verosimilitud es mínimo, esto es:

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

donde: h es una variable dicotómica ($h=1$ es maduro, $h=0$ es inmaduro), $P(l)$ es la fracción 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. De esta manera se determina una función de madurez a la talla y su rango de incerteza. Invirtiendo 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 β_2 y β_3 , que éstos tienen 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 $l_{P\%}$ 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 el intervalo de confianza del 95%. El algoritmo de remuestreo realiza toda la operación utilizando la teoría lineal para la relación entre los estimadores de β_2 y β_3 (Draper & Smith 1981).

En el algoritmo se muestrea libremente de un estimador de parámetro (por ejemplo, β_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 selecciona un valor de β_2 desde la distribución normal de probabilidades definida por su estimador y su error estándar, y luego calcula la media de β_3 . La varianza del estimador de β_3 es la varianza debida a la relación lineal con β_2 más una varianza residual no explicada por la relación. La varianza debida a la relación lineal se transfiere directamente desde β_2 a β_3 a través del remuestreo Monte Carlo de β_2 y su cálculo de β_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 fracción de la varianza debida a la relación lineal. El algoritmo utiliza las últimas dos ecuaciones para definir una distribución normal de probabilidades y realizar una simulación Monte Carlo restringida para obtener β_3 .

El remuestreo se repite en 1.000 iteraciones, obteniéndose una buena representación de la distribución empírica de probabilidades de $lP\%$. El intervalo de confianza para $lP\%$ se obtiene utilizando el método bootstrap-percentil, es decir, ordenando los $lP\%_j$ de menor a mayor, 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 $lP\%$ 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 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.

4.3.3.7. Composición de la dieta

La dieta y el consumo de alimento de individuos de cojinobas, separadamente por especie, fueron analizados mediante métodos tradicionales desde los contenidos estomacales. Los estómagos fueron colectados a bordo y en planta, dispuestos enteros en bolsas individuales y congelados o mantenidos en coolers para luego desembarcarlos en puerto y trasladados al laboratorio. Los ejemplares fueron seleccionados al azar desde las capturas, los que fueron medidos en su longitud total, longitud horquilla, peso total y peso eviscerado. Se registró el sexo, la madurez sexual macroscópica y el peso del ovario. También se extrajo otolitos y el estómago, etiquetándolo y congelándolo.

En el laboratorio los estómagos fueron descongelados, el contenido fue retenido en una placa de Petri y lavado con agua destilada. Se registró el peso total del contenido estomacal (sensibilidad 0,01g) y el peso drenado (sin contenido estomacal). Se clasificó por el grado de “llenado” del estómago según los criterios expuestos en la Tabla 2. Se determinó el estado de digestión del contenido estomacal (Tabla 3), siguiendo a Rojas de Mendiola (1989).

Tabla 2. Escala de cuantificación del grado de llenado de los estómagos.

Estado	Descripción	Llenado (%)
1. Lleno	Estómago lleno o distendido	100
2. Semi-lleno	Estómago con más del 60% de llenado	60
3. Semi-vacío	Estómago con al menos 40% de llenado o sólo restos	40
4. Vacío	Estómago sin contenido	0

Tabla 3. Escala de cuantificación del estado de digestión de las presas dentro del estómago.

Estado	Descripción	(%)
1. Entero	Organismo (presa) intacto	100
2. Casi lleno	Organismo casi intacto	70
3. Semi digerido	Organismo quebrado en partes pero aún identificable	50
4. Casi digerido	Solo partes del organismo son identificables	25
5. Digerido	El alimento contenido es una “pasta” no identificable	0

Los ítems de presa reconocibles del contenido estomacal fueron identificados bajo estereoscopio al taxón más bajo posible. Cada presa identificable fue contabilizada, registrándose el peso húmedo después de la eliminación del agua superficial con papel absorbente. En muestras fragmentadas el conteo consideró los ojos, cabeza, partes de la boca, cola u otras partes anatómicas reconocibles. Las muestras con contenido estomacal muy digeridas e irreconocibles, como también las muestras donde solo se encontró quimo, o simplemente donde no había contenido, fueron excluidas del análisis. En muestras con masa digerida, pero con rasgos identificables y no cuantificables, se separó los líquidos estomacales con tamiz de acero 210 micras, secando con papel absorbente y pesando la masa total. Las escamas (muy frecuente en las muestras) fueron excluidas del estudio.

Para la identificación taxonómica de las presas se usó claves y descripciones especializadas; para crustáceos se acudió a Antezana *et al.* (1976), Retamal (1981) y Retamal (2000); para mictófidios se usó a Wisner (1976); y para cefalópodos se acudió a Xavier & Cherel (2009). Para la representación gráfica de la dieta de cojinobas se siguió la metodología propuesta por Cortés (1997), en la cual, sobre la base de un cubo tridimensional (Fig. 12) con los porcentajes de la frecuencia de ocurrencia (% ocurrencia), abundancia relativa en peso (% peso) y número (% número), se puede inferir la importancia de la presa (dominante o rara), la estrategia alimenticia del predador (especializado o generalista) y el grado de homogeneidad de la alimentación del predador.

En la Fig. 12 se representa que cualquier punto localizado cerca del 100% O (% F), 100% W (%P) y 100% N es el taxón o categoría dominante del alimento. En contraste, puntos localizados cerca

del origen de los tres ejes ordenados son presas raras o accidentales. Luego, cualquier punto localizado más cerca de los ejes de % N que % W, a lo largo del plano horizontal, indica que dicho ítem aporta más en abundancia que en peso. En el otro extremo los puntos localizados más cerca de la abscisa %W que %N, a lo largo del plano horizontal, indican que el ítem aporta más en peso que en abundancia en la dieta del predador. Detalles explicativos se encuentran en Cortés (1997).

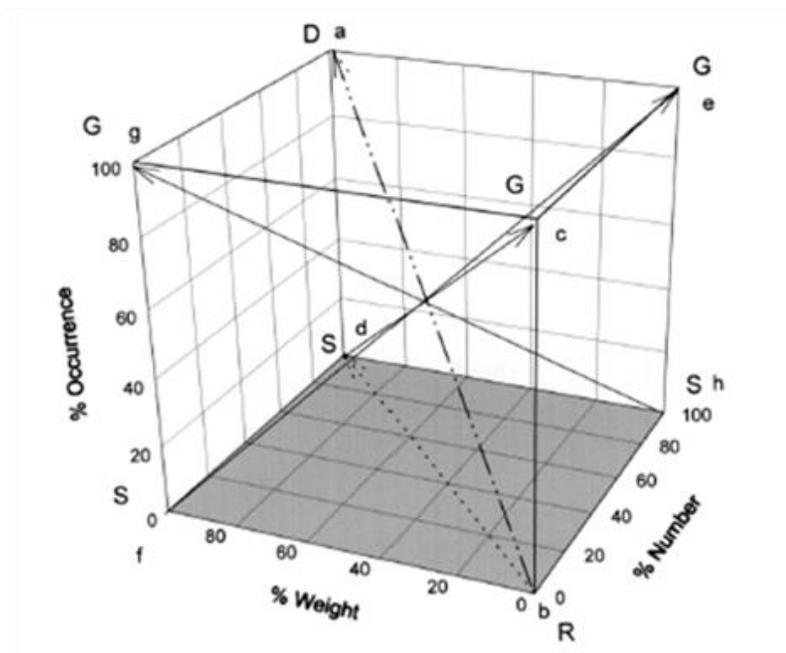


Figura 12. Representación gráfica tridimensional del contenido estomacal. Nomenclatura: D = dominante; R = accidental; G = generalista; S = especializada.

4.3.3.8. Similitud trófica

La similitud trófica se determinará mediante el índice de Similitud de Bray-Curtis (Bloom, 1981), el que permitirá comparar las dietas para grupos de tallas del predador (juveniles y adultos), estación del año y zona (Región de Aysén y Región de Magallanes). Los rangos del índice de Bray-Curtis van de 0 (sin presas en común) hasta 1 (superposición completa). La variable utilizada en este análisis será el peso de las presas (en porcentaje), siendo la expresión del Índice de Similitud (IS) la siguiente:

$$IS = \frac{2 \sum_{i=1}^m \min(X_{i,j}, X_{k,j})}{\sum_{i=1}^m (X_{i,j} + X_{k,j})}$$

donde: *mín* es el peso menor entre X_{ij} y X_{kj} ; X_{ij} es la ocurrencia (porcentaje en peso) del j -ésimo taxón de presa en el i -ésimo grupo de tamaño del predador (estación del año o zona); X_{kj} es la ocurrencia (porcentaje en peso) del mismo taxón de presa en el k -ésimo grupo de tamaño del predador (estación del año o zona). Para la construcción de los dendrogramas se utilizará el criterio de enlaces de pares no ponderados con promedios aritméticos (Sneath & Sokal, 1973). Según Bloom (1981) este índice es el que mejor refleja la similitud entre grupos, sin sobrestimar ni subestimar la sobreposición.

4.4. En relación con el Objetivo Específico 4

Establecer [la] composición específica de las capturas en lances con capturas de cojinoba y en lances dirigidos a este recurso.

4.4.1. Descripción de abundancia de la composición de especies

A partir de bases de datos del Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales, para el período de 1997 a 2019, se listó las especies capturadas en los lances de pesca de la flota industrial que opera en la zona sur austral y que capturó cojinobas. En cada lance de pesca las especies fueron identificadas al nivel taxonómico más bajo posible. Se informa la captura (ton) y la importancia relativa (porcentaje en peso) de las principales especies.

Se realizó análisis comunitarios de clasificación, seleccionándose aquellas especies cuyo aporte relativo (en peso) fue $>1\%$; aquellas con menor participación son capturadas esporádicamente y no aportan información relevante y, en conjunto, constituyen una parte marginal de las capturas y de la CPUE. Se consideró la estructura de la abundancia relativa (CPUE), frecuencia de ocurrencia en el total de lances (lances positivos) e importancia relativa (porcentual) respecto a la totalidad de la captura. Se estableció como estratos latitudinales la división administrativa regional del sur de Chile (X Regiones, XI y XI), y como estratos temporales cada año de captura. Luego, para agrupar las capturas por especie se construyó celdas año-Región.

4.4.2. Análisis comunitarios

4.4.2.1. Identificación de asociaciones

Se identificará en la escala espacial las asociaciones de la macrofauna con el Método de Clasificación (Análisis de Cluster o Dendrograma) y el Método de Ordenación Multidimensional (MDS) (Clifford & Stephenson, 1975), utilizando los paquetes “**vegan**” y “**cluster**” en lenguaje R.

Este análisis consiste en comparar por pares todos los lances de pesca, en función de la CPUE de cada especie, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (*IBC*; Bray & Curtis, 1957; Field *et al.*, 2010), cuya expresión es la siguiente:

$$IBC = \frac{\sum_{i=1}^p |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (x_{ij} + x_{ik})}$$

donde: p es el número de puntos de muestreo; X_{ij} es la CPUE de la especie (o taxón) i en el lance j , X_{ik} es la CPUE de la especie i (o taxón) en lance k .

Con los valores de similitud se construyó una matriz de similitud, la que se utilizó para efectuar los análisis de clasificación. Para balancear los valores atípicos (especies raras) con los valores comunes (especies comunes) se transformó los datos originales de abundancia relativa (CPUE) aplicando raíz cuarta ($\sqrt[4]{}$), según el criterio propuesto por Clarke & Warwick (1994).

4.4.2.2. Determinación de diferencias entre asociaciones

Para definir un conglomerado específico, en el análisis anterior el nivel de corte del índice de similitud es arbitrario y no necesariamente el nivel escogido tiene algún sentido biológico. Por este motivo, para verificar que el valor umbral utilizado genera conglomerados específicos distintos, se prueba su significancia con un método análogo al MANOVA, denominado ANOSIM (Analysis of Similarities; Clarke & Green, 1988), que se describe más adelante.

Luego de identificadas las asociaciones de especies a través del Análisis de Clasificación, éstas son comparadas con los procedimientos de ANOSIM implementados en el paquete **vegan**, y que consisten en una permutación no paramétrica aplicada a la matriz de similitud de rangos basada en la ordenación o clasificación de las muestras. Este método entrega el coeficiente R y su respectivo nivel de significancia, y se encuentra definido por la siguiente ecuación:

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

donde: r_B es el promedio de los rangos de similitud de todos los pares de réplicas en los diferentes sitios (estratos); r_w es el promedio de todos los rangos de similitud entre replicas dentro de cada sitio (estrato).

El valor de R se encuentra ente -1 y +1.

4.4.2.3. Contribución de cada especie (o taxón) en la (dis)similitud

Para determinar la contribución de cada especie (o taxón) a la similitud entre las muestras de un mismo grupo se calcula para cada una de ellas su aporte relativo (porcentaje) a la similitud. Se empata cada muestra dentro de un mismo grupo, calculando el porcentaje de similitud especie por especie (o taxón) mediante el índice de similitud de Bray & Curtis, de tal forma que la contribución a la similitud de la i -ésima especie (o taxón) entre dos muestras, j y k , de un mismo grupo está dada por:

$$s_{jk}(i) = 100 \cdot \left(1 - \frac{|x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (x_{ij} + x_{ik})} \right)$$

donde: p es el número de muestras; X_{ij} es la abundancia de la especie i (o taxón) en la muestra j ; X_{ik} es la abundancia de la especie i (o taxón) en la muestra k .

Para la determinación de la contribución de cada especie (o taxón) a la (dis)imilitud entre grupos, se sigue un procedimiento análogo al anterior. En efecto, se para cada muestra entre dos grupos, contrastándolos todos para calcular el porcentaje de disimilitud especie por especie (o taxón por taxón) mediante el índice Bray & Curtis, de tal forma que la contribución a la (dis)imilitud de la i -ésima especie (o taxón) entre dos muestras j y k , de distintos grupos, está dada por:

$$\delta_{jk}(i) = 100 \cdot \frac{|x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (x_{ij} + x_{ik})}$$

donde: p es el número de muestras; X_{ij} es la abundancia de la especie i (o taxón) en la muestra j ; X_{ik} es la abundancia de la especie i (o taxón) en la muestra k .

4.5. En relación al Objetivo Específico 5

Proponer métodos de evaluación del recurso [cojinoba] que permitan calificar su estatus[,] según lo establece la Ley General de Pesca y Acuicultura.

4.5.1. Modelos de evaluación “data pobre”

De acuerdo con las Bases Administrativas y Técnicas, para el cumplimiento de este objetivo específico se debiera organizar un taller nacional con participación de evaluadores de stock para analizar diferentes métodos aplicados en evaluación de recursos ícticos demersales, siendo el propósito seleccionar el más adecuado para la evaluación del recurso cojinoba. Sobre el particular, en la Oferta Técnica se propuso realizar un taller de un día de duración al que se invitara a investigadores nacionales de instituciones de investigación pesquera, de universidades y sectorialistas de SubPesca.

Sin embargo, dada la contingencia actual de salud a nivel nacional, y atendiendo las restricciones que se ha ordenado por parte del Gobierno de Chile, la realización del taller presencial fue cancelada y en su reemplazo se realizó un taller mediante medios electrónicos, en particular, la plataforma electrónica de la Sub Pesca, la que fue gestionada por la Dirección Ejecutiva del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA). La reunión se realizó el jueves 28 de mayo y contó con la participación de profesionales e investigadores del FIPA, Sub Pesca, IFOP y UdeC (proyecto).

Los posibles escenarios para utilizar en un modelo de evaluación de cojinoba dependen tanto de la disponibilidad de datos como de la certidumbre de esos datos, según el modelo que se aplique (Cubillos *et al.*, 2020; Tabla 4), teniendo en consideración que la primera calificación de la pesquería de cojinobas es “pobre en datos”. Sin perjuicio de lo anterior, debido a la escasez de información histórica y la ausencia de índices auxiliares confiables de la pesquería de cojinobas, en este trabajo se ha elegido un modelo simple de evaluación poblacional.

Tabla 4. Métodos de evaluación de stock como estimadores del estatus de pesquerías pobres en datos susceptibles de aplicar en la evaluación de stock de cojinoba en la zona sur-austral. Tomado de Cubillos *et al.* (2020).

Modelo	Descripción	Datos básicos y supuestos	Documentación y Package	Fuente
LBSPR	Length-Based Spawning Potential Ratio	Composición de tallas. Equilibrio, población y selectividad estructurada por edad	https://github.com/AdrianHordyk/LBSPR http://barefootecologist.com.au/lbspr.html	Hordyk <i>et al.</i> (2015), Hordyk <i>et al.</i> (2016)
LBB	Length-Based Bayesian biomass estimation method	Composición de tallas. Equilibrio, pseudo-cohorte con selectividad a la talla	Codificado en R. Froese <i>et al.</i> (2018)	Froese <i>et al.</i> (2018)
DCAC	Depletion Corrected Average Catch	Capturas promedio observadas	Codificado en R, ADMB	Dick & MacCall (2010)
DB-SRA	Depletion-Based Stock Reduction Analysis	Serie de tiempo de capturas, modelo de excedente de producción	Codificado en R, ADMB	Dick & MaCall (2011)
OCOM	Optimized Catch Only Method	Serie de captura, Excedente de producción de Schaefer	Codificado en R	Zhou <i>et al.</i> (2013)
XDB-SRA	Extended Depletion-Based Stock Reduction Analysis	Serie de tiempo de capturas. Modelo de excedente de producción	Codificado en R, ADMB	Cope <i>et al.</i> (2015)
CMSYa	Catch-based MSY estimation	Serie de tiempo de capturas. Excedente de producción de Schaefer	Codificado en R, ADMB	Martell & Froese (2013)
CMSYb	Catch-based MSY estimation	Serie de tiempo de capturas/índice de abundancia. Excedente de producción de Schaefer	Codificado en R https://github.com/SISTA16/cmsy	Froese <i>et al.</i> (2017)

Como parte de resultados de objetivos específicos previos se tiene un índice de abundancia relativa (I) por lo que la primera opción es un modelo de biomasa dinámico tipo Schaefer (Hilborn & Walters 1992). En este modelo no se supone condiciones de equilibrio del stock, lo que representa una ventaja en la evaluación del recurso cojinoba, donde cambios anuales de disponibilidad, crecimiento, mortalidad y fecundidad están escasamente documentados.

La expresión determinista del modelo dinámico de biomasa es la siguiente:

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

donde: t = tiempo (temporada de pesca), B_t = biomasa de la población al tiempo t , B_{t+1} = biomasa de la población al tiempo $t+1$, r = tasa intrínseca del crecimiento de la población, K = tamaño de la biomasa virgen o capacidad de carga, C_t = captura al tiempo t .

- **Error de proceso**

El modelo de biomasa dinámica señalado arriba se convierte a la versión estocástica adicionando error de proceso y observación (Hilborn & Mangel, 1997), de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$B_{t+1} = \left[B_t + rB_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_t \right] \exp\left(W_t \sigma_w - \frac{\sigma_w^2}{2}\right)$$

$$I_t = qB_t \exp\left(V_t \sigma_v - \frac{\sigma_v^2}{2}\right)$$

donde: W_t y V_t representan incertidumbres de proceso y de observación, respectivamente. Ambas son variables aleatorias normalmente distribuidas con media 0 y desviación estándar σ_w y σ_v , respectivamente. Para los errores de proceso y observación se asume distribución de probabilidad tipo log-normal. Existen varias formas en que el índice de abundancia puede ser relacionado al modelo. En este caso, se comienza del supuesto que el índice al tiempo t está relacionado

linealmente a la biomasa en el inicio de la temporada de pesca, es decir: $I_t = B_t q$, donde I_t es el índice de abundancia relativa al tiempo t , y q es la constante de proporcionalidad que relaciona el índice con la biomasa (Punt & Hilborn, 1996), conocido como índice de capturabilidad. El parámetro q se resuelve de la siguiente forma:

$$q = \exp\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left[\ln\left(\frac{I_t}{B_t}\right) \right]\right)$$

Para la estimación de los parámetros del modelo r , k y q , dado el índice I_t se emplea una función de máxima verosimilitud.

5. Resultados

5.1. Objetivo Específico 1

Sistematizar el conocimiento biológico y determinar los parámetros poblacionales (crecimiento, talla de primera madurez sexual, mortalidad natural) y ciclo de vida en cojinoba.

5.1.1. Estado de conocimiento de las cojinobas

En la Tabla 5 se lista la información publicada de cojinobas en Chile y otros países, ordenada por tema, ubicación y categorización. La categorización se representa con colores (rojo indica aporte incompleto y/o nulo del artículo para este proyecto; amarillo, indica aporte regular; verde indica aporte significativo). El resultado es que la información disponible en Chile de biología y pesquería de las cojinobas moteada y del sur es muy baja, pues solo se encontró cuatro trabajos publicados. Del total de publicaciones (32), solo 7 (equivalente al 22%) son consideradas como aporte significativo para este proyecto.

Para la creación del dossier se organizó las referencias alfabéticamente por autor, seguidas de año, título, revista y tipo de referencia. Para ordenar el material se consultó la base de datos bibliográficos Endnote, el que se incorporó al Sistema de Información de soporte del proyecto. En resumen, se generó un dossier electrónico con el material bibliográfico seleccionado, el que está disponible como resultado esperado de este proyecto (Anexo 1. Dossier Bibliográfico).

Tabla 5. Tabla de categorización de las publicaciones para *Seriolella punctata*, *S. caerulea* y género *Seriolella*. Nomenclatura: rojo, aporte incompleto; amarillo, aporte regular; verde, aporte significativo al objetivo general del proyecto.

Referencia	Tema	Tópico/Ubicación	Observación	Categorización
Adams <i>et al.</i> (2008)	Ictiopatología	Detección enfermedades branquiales <i>S. brama</i> . Sur de Tasmania.	Transmisión de enfermedad branquial amebiana (AGD) a salmones de cultivo.	
Aguayo & Chong (1991)	Historia de vida	Estimación de edad y crecimiento para machos y hembras de <i>S. punctata</i> . Sur de Chile		
Agüello-Guevara <i>et al.</i> (2017)	Crecimiento vs. ambiente	Efectos de la Temperatura en el crecimiento larval. <i>S. violacea</i> . Chile	Larvas de cultivo	
Alveal <i>et al.</i> (2019)	Histología	Caracterización morfofuncional del sistema digestivo de larvas de <i>S. violacea</i> en cautiverio, después de 50 días de eclosión / Chile.	Estiman alimentación a los 45 días de eclosión.	
Anderson <i>et al.</i> (2019)	Pesquería	Estimación de captura incidental y descarte de la pesquería de arrastre de invertebrados y peces (<i>Merluccius australis</i> , <i>Macruronus novaezelandiae</i> y <i>Genypterus blacodes</i>) de Nueva Zelanda entre los años 1990-91 y 2016-17. A partir de datos de captura y esfuerzo y registros de observadores a bordo de la pesca comercial / Nueva Zelanda.	El reporte actualiza la captura incidental y los descartes en las pesquerías de arrastre y amplía la definición de la pesquería objetivo e incluir a <i>Seriolella punctata</i> (silver warehou) y <i>Seriolella caerulea</i> (white warehou) para ajustarse a las definiciones del Consejo de Administración Marina (MSC) en el proceso de certificación de esta pesquería. <i>Seriolella punctata</i> y <i>Seriolella caerulea</i> , constituyen el 3,9% y 1,3% de la captura total estimada.	
Bull <i>et al.</i> (2010)	Ecología	Estructura comunitaria y asociaciones de especies en la pesca de demersales. Nueva Zelanda	Involucra a <i>S. punctata</i> y <i>S. caerulea</i>	
Bulman <i>et al.</i> (2001)	Alimentación	Dietas de 108 peces demersales, incluye a <i>S. brama</i> , <i>S. punctata</i> . Australia		

Referencia	Tema	Tópico/Ubicación	Observación	Categorización
Bustos & Silva (2011)	Alimentación	Alimentación endógena y cambios morfométricos en larvas de cultivo. <i>S. violacea</i> / Chile	Cultivo	
Bustos <i>et al.</i> (2011)	Distribución	Distribución y estratificación de huevos y larvas en los fiordos / Chile	Incluye <i>S. caerulea</i> .	
Bohórquez <i>et al.</i> (2017)	Crecimiento vs. ambiente	Desarrollo osteológico y tipo de anomalías craneales en condiciones de cultivo. <i>S. violacea</i> / Chile	Larvas y juveniles de cultivo	
Bremner & Hallett (1986)	Tecnología de productos alimenticios acuáticos	Cambios en la composición de fibras musculares y tejidos conectivos de <i>Seriolella punctata</i> / Nueva Zelanda.	Microscopía electrónica de barrido	
Bruce <i>et al.</i> (2001)	Distribución y abundancia	Comportamiento estacional lavar de <i>S. punctata</i> y <i>S. brama</i> / Sur Australia	Larvas marinas de ambas especies	
Chen <i>et al.</i> (2014)	Genética	Caracterización del genoma mitocondrial de <i>S. porosa</i> / China.	Se presenta el genoma mitocondrial completo	
Chong & Aguayo (1994)	Edad y crecimiento	Estimación edad y crecimiento para machos y hembras de <i>S. caerulea</i> / Sur de Chile		
Chong <i>et al.</i> (2019)	Biología reproductiva y estructura poblacional	Describen estructuras de madurez y tamaño en <i>S. caerulea</i> y <i>S. punctata</i> / Sur de Chile		
Cousseau <i>et al.</i> (1993)	Distribución	Evalúan distribución <i>S. caerulea</i> y <i>S. porosa</i> / Argentina		
González <i>et al.</i> (2017)	Alimentación	Larvicultura de cojinobas. <i>S. violacea</i> / Chile	Alimento para larvas de cultivo	
Horn & Sutton (1996)	Edad y crecimiento	Validación de métodos. <i>S. caerulea</i> / Tasmania, Nueva Zelanda		
Horn (1999)	Edad y crecimiento	Validación de método para <i>S. caerulea</i> /Tasmania, Nueva Zelanda		
Horn <i>et al.</i> (2011)	Alimentación	Comparación de dietas <i>S. punctata</i> y <i>S. caerulea</i> / Nueva Zelanda		

Referencia	Tema	Tópico/Ubicación	Observación	Categorización
Iannacone (2003)	Ictiopatología	Parásitos de <i>S. violacea</i> / Perú		
Iguchi <i>et al.</i> (2012)	Genética	Identificación de 9 especies de importancia comercial, con métodos: mtDNA y Cytb, incluyen a <i>S. brama</i> , <i>S. caerulea</i> , <i>S. punctata</i> / China (39°27'N, 123°6'E)	mtDNA: <i>S. brama</i> , <i>S. caerulea</i> Cytb: <i>S. punctata</i>	
Last & Harris (1981)	Alimentación	Aspectos tróficos de <i>S. caerulea</i> / Tasmania, Nueva Zelanda	Datos obtenidos de un ejemplar	
Lemus-Moncada <i>et al.</i> (2018)	Tecnología de productos alimenticios acuáticos	Evalúan cambios físico-químico de filetes de <i>S. violacea</i> en condiciones pre y post mortis / Chile.		
McDowall (1980)	Registro	Identificación primer registro de <i>S. caerulea</i> . / Tasmania, Nueva Zelanda		
Nerici <i>et al.</i> (2012)	Bioingeniería	Estiman tasa de excreción en juveniles de <i>S. violacea</i> en cultivo / Chile	Determinan para individuos de 300-500 g y temperaturas de 14 y 18°C, amonio total excretado $4,4 \pm 0,9$ y $7,1 \pm 1,9$ mg TAN/kg pescado/hora, al aumentar la T de 14 a 18°C.	
Nerici <i>et al.</i> (2019)	Bioingeniería	Alimentación en juveniles de <i>S. violacea</i> en cultivo / Chile.	Determinan el aumento de consumo de oxígeno en 1,6 a 2,4 gr O ₂ /kg pescado/día, al aumentar la T de 14 a 18°C.	
Grimes & Robertson (1981)	Huevos y desarrollo larval	Desarrollos temprano de <i>S. caerulea</i> , <i>S. punctata</i> , <i>S. Brama</i> / Chile		
Guagliardo <i>et al.</i> (2010)	Ictiopatología	Identificación de parásitos en estómagos <i>S. porosa</i> / Argentina		
Paul (1992)	Edad y crecimiento	Revisión estudios realizados de <i>S. punctata</i> , <i>S. caerulea</i> y <i>S. brama</i> / Nueva Zelanda		
Pequeño <i>et al.</i> (2004)	Ecología	Asociación de peces en algas a deriva / Chile		
Robinson <i>et al.</i> (2008)	Genética	Estructura genética del stock de <i>S. brama</i> y <i>S. punctata</i> / Australia		
Silva (2013)	Reproducción y cultivo	Reproducción y cultivo de <i>Paralichthys spp</i> y <i>Serirolella violacea</i> / Chile		

5.1.1.1. Antecedentes generales

El género *Seriolella* (cojinobas) pertenece a la Familia Centrolophidae y, en general, sus especies presentan distribución cosmopolita desde los mares templados hasta los mares tropicales (Nelson, 1994). El género *Seriolella* es considerado de distribución circum-templado en el Hemisferio Sur, con especies descritas en mares alrededor de Australia, Tasmania, Nueva Zelanda, el archipiélago de Juan Fernández, América del Sur e islas de San Pablo (sur del Océano Índico) (McDowall, 1980). Las especies de *Seriolella* en la fase adulta tienen comportamiento demersal; los subadultos se encuentran en aguas superficiales o entrando en bahías, y los juveniles se encuentran en alta mar (May *et al.*, 1986). Batimétricamente, se ha informado que *Seriolella* se distribuye desde 27 m hasta 800 m de profundidad, dependiendo de la especie, formando agregaciones de alimentación y desove (Stevenson, 2004).

En Chile se ha registrado la presencia de tres especies del género *Seriolella*, a saber: *S. violacea* (cojinoba del norte), *S. caerulea* (cojinoba del sur, la que también ha sido registrada como cojinoba austral o ploma) y *S. punctata* (cojinoba moteada o azul), las que se distribuyen a lo largo de Chile. Adicionalmente, Pequeño *et al.* (2004) reportan a *Seriolella porosa* entre las cojinobas del grupo de peces asociados a macroalgas a la deriva capturados en las campañas del Crucero CIMAR 8 – Fiordos, y sugieren que el género *Seriolella* utiliza este mecanismo como una forma de dispersión. Los mismos autores señalan que utilizaron ejemplares para identificación taxonómica procedentes de *S. violacea* y *S. porosa* en Corral (caleta Amargos) y *S. caerulea* en la isla Robinson Crusoe del archipiélago de Juan Fernández. Sin embargo, en la estadística nacional de desembarques solo se registra desembarques de la I a la XI Regiones (SERNAPESCA), mostrando distribución diferenciada por especie, esto es, *S. violacea* en las Regiones XV a XI; y *S. caerulea* y *S. punctata* en las Regiones VIII a XI.

Según Céspedes *et al.* (2013), los recursos cojinoba del sur y cojinoba moteada han sido históricamente capturados como fauna acompañante de la flota arrastrera fábrica congeladora, pero eran agrupadas como cojinobas sin distinción hasta el año 1977, cuando se inició la pesquería sur austral, reportando desembarques menores a 2.000 t anuales. En 1978 los desembarques de cojinobas llegaron a su máximo histórico de 11.289 t. Solo a partir de 1989 la estadística oficial de desembarques registra a ambas especies, los que se deben a la flota arrastrera fábrica.

Las cojinobas representan una baja fracción en los desembarques anuales totales de peces reportados en Chile, con menos de 2% para el año 2017, siendo la cojinoba moteada la de mayor aporte en los últimos años (Fig. 13). El año el año 2017 se registró 2.902 ton de desembarque de cojinoba moteada, representando 80% de las capturas de cojinobas, seguida de cojinoba del sur con 543 ton (15%) y cojinoba del norte con 117 ton (3%) (www.sernapesca.cl).

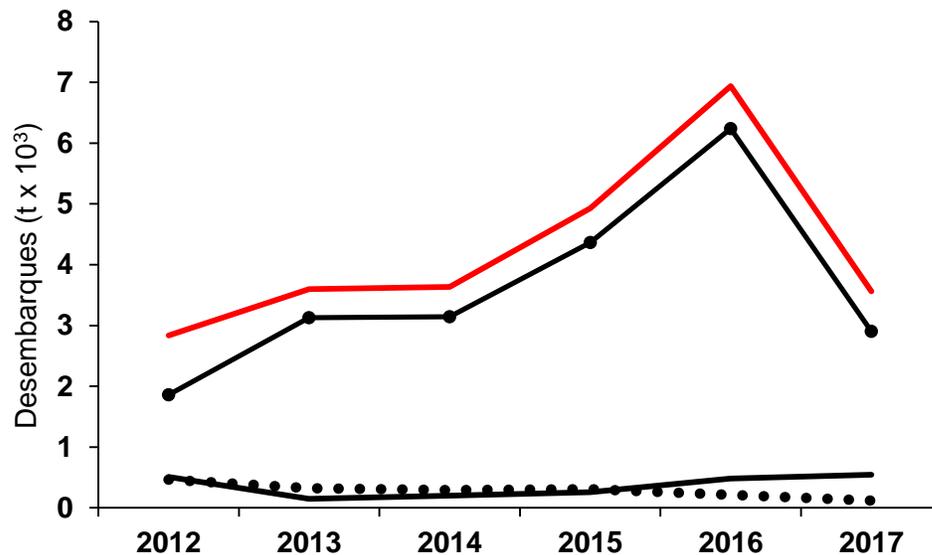


Figura 13. Desembarques de cojinobas (línea roja) y por especie (*S. punctata*, línea punteada; *S. caerulea*, línea continua; *S. violacea*, línea discontinua) de 2012 a 2017.

En Chile las cojinobas del sur y moteada han sido poco estudiadas. En la literatura gris, por ejemplo, se encontró solamente tres proyectos antiguos financiados por FIPA y ejecutados hasta la fecha. Dos de esos proyectos se refieren a cojinoba del norte (Oliva *et al.*, 1996; Oliva *et al.*, 1999) y uno a las interacciones tróficas entre recursos demersales zona sur-austral, incluyendo a las especies cojinobas del sur y moteada (Pool *et al.*, 1997).

En cuanto a tesis de pre o postgrado, existen muy pocos trabajos donde se menciona a las cojinobas (Alvarez, 2005; Reyes, 2005; Rademacher, 2007), aunque los temas allí tratados no son relevantes para el presente proyecto. Sin embargo, resalta el trabajo de Suárez (2017), quien analizó la base de datos generada por el programa de monitoreo permanente de IFOP de la “Pesquería Demersal

Austral” en los años 2010 a 2013. El objetivo de dicha tesis fue entregar perfiles de captura y especie objetivo de la flota industrial de la pesquería multiespecífica en la zona austral, orientada a recursos demersales. Se realizó un análisis metier para caracterizar espacio-temporalmente a las flotas industriales de arrastre y de palangre desde 39°S hasta 57°S, midiendo su impacto en dichos recursos. Suárez (2017) indica que las capturas de ambas especies de cojinobas (*S. punctata* y *S. caerulea*) presentan similar estacionalidad (marzo a mayo y octubre a diciembre), reafirmando lo indicado por Céspedes *et al.* (2014).

IFOP ejecuta a partir del año 2012 el programa de seguimiento de las pesquerías demersales y de aguas profundas, en el que se ha incluido a las cojinobas. Algunos resultados de esos proyectos son comentados más adelante.

En cuanto a publicaciones, Silva (2013) informa, como capítulo de un libro, de la alimentación y distribución espacial de larvas de *S. violacea*. Previamente, Bustos & Silva (2011) y Bustos *et al.* (2011) comunican de la mortalidad, supervivencia y alimentación en cautiverio de larvas *S. violacea*, que es una especie nativa con ventajas comparativas para el cultivo. En los últimos años se ha desarrollado trabajos en cautiverio, informándose del consumo de oxígeno (Nerici *et al.*, 2019) y amonio excretado de juveniles (Nerici *et al.*, 2012), alimentación y caracterización del sistema digestivo (Alveal *et al.*, 2019; Nerici *et al.*, 2019) y de las características físico-químicas de los filetes (Lemus-Moncada *et al.*, 2018).

5.1.1.2. Revisión de proyectos FIPA/IFOP y documentos indexados

Hasta ahora en Chile se ha realizado tres proyectos en cojinobas financiados por FIPA. El más relevante para el presente trabajo se realizó en 1994, el que se enfocó en interacciones tróficas de recursos demersales de la zona sur austral, incluyendo las cojinobas moteada y del sur, tanto en aguas exteriores como interiores por pesquería y época del año (Pool *et al.*, 1997). En la Tabla 6 se presenta la importancia relativa en peso para ambas especies. Para la cojinoba del sur se analizó 91 estómagos (menos del 50% presentó contenido estomacal). El espectro trófico es reducido, dominado por la presencia de algas (33%), crustáceos (28%) y salpas (18%). Para la cojinoba moteada se analizó 84 estómagos, de los cuales el 75% presentó algún tipo de contenido. El

espectro trófico fue muy similar en ambas especies, predominando las algas (>50%), seguidas de anfípodos (48%) y crustáceos (22%).

Tabla 6. Importancia relativa en peso de las presas de cojinoba del sur y moteada por estación durante 1995 y 1996. Tomado de Pool *et al.* (1997).

Presas	Cojinoba del sur (% en peso)		Cojinoba moteada (% en peso)		
	Otoño	Verano	Otoño	Invierno	Verano
Alga Rhodophyta	33,7	25,54	51,5		42,45
Amphipoda	27,36	27,89	48,5		35,23
Camarones					
R. crustáceos					22,32
Calamar	16,27	18,12			
Cephalopodos		24,51			
Thaliaceos (salpas)	17,64				
Restos no identificados	5,03	3,90		52,86	

Pool *et al.* (1997) comunican que las cojinobas constituyen el 3,8% en peso de las presas del congrio dorado. Los autores priorizaron a los recursos pesqueros de mayor importancia comercial y objeto de la pesquería (congrío dorado, merluza del sur y merluza de cola) por los inconvenientes presentados con las distintas flotas para la obtención a bordo de muestras de cojinoba. La fuerte presencia de macroalgas Rodophyta en el contenido estomacal de cojinobas es accidental, lo que estaría asociado a la preferencia de crustáceos pequeños (anfípodos) que utilizan a las algas como sustrato de alimentación y refugio.

Para Tasmania, Last & Harris (1981) reportan que *S. caerulea* es carnívora, alimentándose de zooplancton, peces óseos, crustáceos pelágicos y larvas de peces pelágicos. Ese estudio se basó en un ejemplar encontrado en los ensambles de la fauna demersal y fue el primer registro de esta especie.

Bulman *et al.* (2001) analizaron la dieta de 108 especies de peces demersales capturados por redes de arrastre y enmalle en la plataforma sur este de Australia. El análisis incluyó a *S. punctata* (462 estómagos, de los cuales 283 presentaron contenido) y *S. brama*, indicando que estas especies se alimentan principalmente de crustáceos pelágicos (83% en peso).

Horn *et al.* (2011) analizaron y compararon las dietas de *S. punctata* y *S. caerulea* a partir del contenido estomacal de 478 y 291 especímenes, respectivamente, obtenidos de capturas con red de arrastre de fondo en Nueva Zelanda. Se describe detalladamente los ítems presa (% en peso, % en número y % en frecuencia) para cada especie (Tablas 7 y 8), encontrando que la dieta de ambas especies estaba dominada por tunicados pelágicos (97,6% para *S. punctata* y 95,8% *S. caerulea*) y crustáceos pequeños (anfípodos, copépodos y eufáusidos).

En Nueva Zelanda se ha publicado también trabajos de edad, crecimiento y validación de métodos para determinar la edad en *S. punctata* (Horn & Sutton, 1996) y *S. caerulea* (Horn, 1999), quienes indican que *S. caerulea* rara vez es especie objetivo, aunque generalmente es captura incidental de varias pesquerías de arrastre, principalmente de hoki (*Macruronus novazelandeae*) y de *S. punctata*. La edad de *S. caerulea* se determinó a partir de recuentos de zonas seccionadas de otolitos, una técnica que se validó mediante el examen del estado de los márgenes otolitos de peces muestreados regularmente durante todo el año. Los parámetros de von Bertalanffy indican que no hubo diferencias significativas en el crecimiento por zona geográfica. Las cojinobas crecen rápidamente hasta el primer desove para *S. caerulea*, entre los 3-4 años (Horn, 1999), pero el crecimiento es insignificante después de los 8 años. La edad máxima registrada fue 21 años, donde las hembras crecen significativamente más rápido que los machos.

Los estudios de edad y crecimiento en cojinobas de Chile son escasos y desactualizados. Para las especies de interés de este proyecto existen trabajos de edad y crecimiento de *S. punctata* (Aguayo & Chong, 1991) y *S. caerulea* (Chong & Aguayo, 1994) a partir de muestras de otolitos recolectadas a bordo de los barcos factoría. *S. punctata* alcanza 8 años de edad a los 59,8 cm de longitud horquilla (LH); *S. caerulea* alcanzaría 10 años de edad a los 55,7 cm de LH. Además, estimaron curvas de crecimiento en el peso y talla (Figs. 14 y 15).

Tabla 7. Composición total del contenido estomacal de *S. punctata*. Nomenclatura: N = número; F = frecuencia; IRI = índice de importancia relativa; CI = intervalo de confianza del 95%. Los valores >0 y > 0,005 se registran como 0,00. *: presas excluidas del análisis. Tomado de Horn *et al.* (2011).

Group	Prey category/ item	%F	%F-CI	%W	%W-CI	N	%N	%N-CI	%IRI	%IRI-CI
Crustacea	Amphipoda	57.74	52.25–66.46	0.44	0.30–0.61	1536	7.47	4.76–10.36	2.57	1.57–3.72
	<i>Hyperoche mediterranea</i>	1.14	0–2.69	0.00	0–0.01	16	0.08	0–0.19	0.00	0–0.00
	<i>Themisto gaudichandi</i>	4.94	3.15–9.38	0.05	0.02–0.14	170	0.81	0.23–2.49	0.04	0.01–0.19
	Hyperiididae	5.89	1.77–8.12	0.03	0–0.05	122	0.58	0.08–0.94	0.03	0–0.06
	<i>Cylopus magellanicus</i>	16.54	9.37–21.07	0.12	0.05–0.20	524	2.45	0.89–3.62	0.40	0.09–0.72
	<i>Cylopus</i> spp.	2.28	0.77–6.93	0.01	0–0.03	36	0.17	0.04–0.55	0.00	0–0.03
	<i>Vibilia</i> spp.	15.02	11.64–23.06	0.04	0.02–0.06	186	0.89	0.65–1.31	0.13	0.08–0.25
	Vibiliidae	4.37	1.6–7.49	0.01	0–0.02	77	0.37	0.12–0.69	0.02	0–0.04
	Suborder	0.76	0–2.01	0.01	0–0.04	4	0.02	0–0.05	0.00	0–0.00
	Hyperiididae									
	Amphipoda unidentified	25.29	21.01–32.02	0.07	0.05–0.10	401	1.91	1.15–2.65	0.47	0.24–0.74
	Euphausiacea	11.72	6.94–16.05	0.06	0.03–0.10	71	0.35	0.17–0.52	0.03	0.01–0.05
	Euphausiacea	10.65	6.37–15.07	0.05	0.02–0.07	71	0.34	0.17–0.53	0.04	0.01–0.08
	Isopoda	0.63	0–1.63	0.00	0–0.00	3	0.02	0–0.04	0.00	0–0.00
	Isopoda	0.57	0–1.48	0.00	0–0.00	3	0.01	0–0.04	0.00	0–0.00
	Copepoda	11.51	5.35–15.23	0.02	0.01–0.03	106	0.52	0.17–0.86	0.04	0.01–0.07
	Copepoda	10.46	4.79–13.74	0.02	0.01–0.02	106	0.51	0.14–0.80	0.05	0.01–0.09
	Mysidae	0.42	0–1.69	0.00	0–0.00	2	0.01	0–0.04	0.00	0–0.00
	Mysidae	0.38	0–1.44	0.00	0–0.00	2	0.01	0–0.04	0.00	0–0.00
	Stomatopoda	0.21	0–0.78	0.01	0–0.03	1	0.01	0–0.02	0.00	0–0.00
	Stomatopoda	0.19	0–0.79	0.01	0–0.03	1	0.01	0–0.02	0.00	0–0.00
	Pasiphaea spp.	0.42	0–1.29	0.00	0–0.01	2	0.01	0–0.03	0.00	0–0.00
	<i>Pasiphaea</i> spp.	0.38	0–1.21	0.00	0–0.01	2	0.01	0–0.03	0.00	0–0.00
	Crab	0.19	0–1.04	0.00	0–0.00	1	0.01	0–0.02	0.00	0–0.00
	unidentified*									
	Euphausiid, prawn or mysid*	3.99	0.72–7.03	0.01	0–0.03	23	0.11	0.02–0.22	0.00	0–0.01
	Crustacea unidentified*	2.09	0.38–3.94	0.00	0–0.01	15	0.07	0.01–0.16	0.00	0–0.01
Fish	Osteichthyes	2.93	1.06–4.89	0.06	0.01–0.26	14	0.07	0.02–0.11	0.00	0–0.01
	Myctophidae	0.19	0–0.77	0.00	0–0.02	1	0.01	0–0.02	0.00	0–0.00
	Fish unidentified	2.47	0.9–4.36	0.05	0–0.20	13	0.06	0.02–0.11	0.00	0–0.01
	Fish scales*	46.01	39.25–53.99	0.20	0.13–0.33	252	1.20	0.76–1.62	0.60	0.32–0.92
Tunicates	Thaliacea	91.42	88.91–95.83	97.66	94.87–99.21	18,787	91.35	88.31–94.39	97.35	96.16–98.35
	<i>Pyrosoma atlanticum</i>	5.89	1.51–9.68	6.04	0.65–11.60	152	0.73	0.09–1.28	0.37	0.01–0.96
	<i>Iasis zonaria</i>	29.28	27.67–43.52	9.44	6.99–15.34	1,405	6.70	3.67–15.32	4.39	2.92–10.76
	<i>Salpa fusiformis</i>	0.19	0–0.76	0.59	0–2.37	1,123	5.35	0–17.92	0.01	0–0.14
	<i>Salpa maxima</i>	0.19	0–0.69	0.01	0–0.03	6	0.03	0–0.10	0.00	0–0.00
	Salpidae	68.63	63.04–77.61	59.63	49.01–69.08	16,101	76.50	63.35–85.72	86.86	79.41–90.61
	unidentified									
Cephalopods	Cephalopoda	0.63	0–2.04	0.45	0–2.52	7	0.03	0–0.10	0.00	0–0.03
	<i>Nototodar sloanii</i>	0.19	0–0.77	0.00	0–0.00	5	0.02	0–0.09	0.00	0–0.00
	Cranchiidae	0.19	0–1.05	0.35	0–2.03	1	0.01	0–0.03	0.00	0–0.02
	Cephalopoda unidentified	0.19	0–1.09	0.00	0–0.00	1	0.01	0–0.02	0.00	0–0.00
Echinoderms	Echinodermata	0.42	0–1.47	0.03	0–0.13	2	0.01	0–0.03	0.00	0–0.00
	<i>Paramaretia peloria</i>	0.19	0–1.17	0.02	0–0.11	1	0.01	0–0.03	0.00	0–0.00
	Echinoidae	0.19	0–0.78	0.00	0–0.01	1	0.01	0–0.02	0.00	0–0.00
Jellyfish	Cnidaria	0.42	0–1.42	0.83	0–2.78	2	0.01	0–0.03	0.00	0–0.02
	Jellyfish unidentified	0.38	0–1.23	0.65	0–2.16	2	0.01	0–0.03	0.00	0–0.03

Continuación Tabla 4.

Group	Prey category/ item	%F	%F-CI	%W	%W-CI	N	%N	%N-CI	%IRI	%IRI-CI
Polychaetes	Polychaeta	4.60	1.84-9.57	0.45	0.05-1.07	34	0.17	0.05-0.44	0.02	0.00-0.07
	<i>Eumice</i> spp.	0.19	0-0.83	0.00	0-0.00	1	0.01	0-0.02	0.00	0-0.00
	Alciopidae	1.90	0.36-4.44	0.30	0.01-0.81	16	0.08	0.01-0.21	0.01	0-0.03
	Sigalionidae	0.38	0-1.39	0.00	0-0.00	2	0.01	0-0.03	0.00	0-0.00
	Polychaeta unidentified	2.09	0.41-5.31	0.04	0-0.12	15	0.07	0.01-0.19	0.00	0-0.01
Other	Unidentified material*	30.61	24.06-37.55	22.26	14.20-30.33	158	0.83	0.50-1.12	6.57	3.31-10.19

Tabla 8. Composición total del contenido estomacal para *S. caerulea*. Nomenclatura: ver Tabla 4. Tomado de Horn *et al.* (2011).

Group	Prey category/item	%F	%F-CI	%W	%W-CI	N	%N	%N-CI	%IRI	%IRI-CI
Arthropods	Amphipoda	44.33	34.31–50.82	0.76	0.15–1.99	566	15.67	9.76–21.93	5.88	2.87–8.68
	<i>Themisto gaudichandi</i>	5.11	1.29–8.03	0.03	0.00–0.08	63	1.57	0.14–3.26	0.11	0.00–0.29
	Hyperidae	2.27	0–3.86	0.01	0–0.02	11	0.28	0–0.48	0.01	0–0.02
	<i>Cylopus magellanicus</i>	10.23	6.73–16.56	0.18	0.03–0.49	193	4.82	2.31–7.56	0.67	0.23–1.48
	<i>Cylopus</i> spp.	3.13	1.11–8.28	0.01	0–0.05	21	0.53	0.14–1.39	0.02	0.00–0.14
	<i>Vibilia</i> spp.	6.53	1.86–8.91	0.03	0.00–0.07	69	1.72	0.31–3.34	0.15	0.01–0.33
	Vibiliidae	3.69	1.09–6.38	0.01	0–0.03	16	0.40	0.10–0.71	0.02	0.00–0.06
	Suborder Hyperidae	0.28	0–0.93	0.09	0–0.36	2	0.05	0–0.17	0.00	0–0.01
	Amphipoda unidentified	21.31	15.06–26.91	0.20	0.03–0.71	191	4.77	2.12–8.83	1.39	0.41–2.76
	Euphausiacea	14.43	9.73–21.97	0.36	0.08–1.22	105	2.91	1.39–5.56	0.38	0.12–1.06
	<i>Euphausia similis</i>	0.28	0–1.52	0.01	0–0.04	1	0.03	0–0.14	0.00	0–0.00
	Euphausiacea unidentified	11.93	8.31–18.88	0.26	0.07–0.79	104	2.60	1.31–5.13	0.45	0.15–1.30
	Isopoda	0.34	0–1.38	0.00	0–0.01	1	0.03	0–0.12	0.00	0–0.00
	Isopoda	0.28	0–1.17	0.00	0–0.00	1	0.03	0–0.11	0.00	0–0.00
	Copepoda	31.27	21.95–37.93	0.09	0.03–0.26	290	8.03	3.17–15.45	2.05	0.53–4.43
	Copepoda	25.85	18.52–31.69	0.07	0.03–0.15	290	7.25	3.03–13.66	2.48	0.66–5.35
	Pasiphaea spp.	2.75	0.69–6.08	0.09	0.00–0.37	8	0.22	0.06–0.50	0.01	0–0.03
	<i>Pasiphaea</i> spp.	2.27	0.58–5.22	0.07	0.00–0.21	8	0.20	0.06–0.46	0.01	0–0.04
	Palinuridae	0.69	0–2.09	0.25	0–1.15	5	0.14	0–0.46	0.00	0–0.02
	(Phyllosoma)									
	Palinuridae (Phyllosoma)	0.57	0–2.02	0.18	0–0.86	5	0.13	0–0.47	0.00	0–0.03
	Euphausiid/prawn/mysid*	4.55	0.35–9.22	0.08	0.00–0.42	20	0.28	0.03–1.22	0.02	0–0.08
	Crustacea unidentified*	5.40	2.87–9.35	0.02	0.01–0.07	33	0.82	0.24–2.33	0.06	0.01–0.24
	Ostracoda	1.03	0–3.54	0.00	0–0.01	3	0.08	0–0.31	0.00	0–0.01
	Ostracoda	0.85	0–2.91	0.00	0–0.01	3	0.08	0–0.28	0.00	0–0.01
	Pycnogonida	0.34	0–1.33	0.00	0–0.00	1	0.03	0–0.11	0.00	0–0.00
	Pycnogonida	0.28	0–0.98	0.00	0–0.00	1	0.03	0–0.09	0.00	0–0.00
Tunicates	Thaliacea	67.70	62.33–78.42	95.75	87.51–99.13	2604	72.09	59.89–82.49	91.65	87.50–95.73
	<i>Pyrosoma atlanticum</i>	0.28	0–1.19	0.07	0–0.38	1	0.03	0–0.11	0.00	0–0.01
	<i>Iasis zomaria</i>	13.35	8.66–19.73	3.75	1.37–10.02	144	3.60	1.58–6.65	1.29	0.36–3.78
	<i>Salpa fusiformis</i>	2.27	0.80–5.73	0.23	0.02–1.07	60	1.50	0.26–4.72	0.05	0.00–0.38
	<i>Salpa maxima</i>	2.84	1.15–6.84	0.31	0.09–1.01	49	1.22	0.25–3.62	0.06	0.00–0.36
	Salpidae unidentified	47.44	43.61–59.58	66.12	35.26–87.55	2350	58.71	42.59–71.85	77.79	56.99–90.47
Fish	Osteichthyes	2.06	0.34–5.18	0.67	0.00–3.24	10	0.28	0.05–0.82	0.02	0–0.14
	Fish unidentified	1.71	0.28–4.37	0.49	0.00–2.40	10	0.25	0.03–0.69	0.02	0–0.13
	Fish scales*	58.24	49.30–65.33	0.35	0.14–0.73	233	5.82	3.49–8.75	4.72	2.06–8.09
Molluscs	Cephalopoda	1.72	0–3.20	0.26	0–0.96	5	0.14	0–0.29	0.01	0–0.03
	<i>Iridoteuthis</i> spp.	0.28	0–0.89	0.13	0–0.53	1	0.03	0–0.08	0.00	0–0.01
	Teuthoidea	1.14	0–2.22	0.06	0–0.22	4	0.10	0–0.21	0.00	0–0.01
	Other Mollusca	0.69	0–2.51	0.00	0–0.01	2	0.06	0–0.21	0.00	0–0.00
	Shell fragments	0.57	0–2.05	0.00	0–0.01	2	0.05	0–0.18	0.00	0–0.01
Echinoderms	Echinodermata	1.03	0–2.59	0.01	0–0.02	3	0.08	0–0.25	0.00	0–0.01
	Ophiuroidea	0.28	0–1.09	0.00	0–0.01	1	0.03	0–0.09	0.00	0–0.00
	Echinodermata unidentified	0.57	0–1.90	0.00	0–0.01	2	0.05	0–0.17	0.00	0–0.00
Cnidarians	Jellyfish	1.03	0–2.40	1.75	0–7.60	3	0.08	0–0.22	0.02	0–0.11
	Jellyfish	0.85	0–1.99	1.29	0–4.97	3	0.08	0–0.18	0.02	0–0.11
	Coral	0.34	0–1.09	0.01	0–0.05	1	0.03	0–0.11	0.00	0–0.00
	Coral	0.28	0–1.04	0.01	0–0.03	1	0.03	0–0.09	0.00	0–0.00
Polychaetes	Polychaeta	1.03	0–2.46	0.01	0–0.04	4	0.11	0–0.30	0.00	0–0.01
	Polynoidae	0.57	0–1.51	0.00	0–0.00	2	0.05	0–0.14	0.00	0–0.00
	Polychaeta unidentified	0.28	0–1.12	0.01	0–0.03	2	0.05	0–0.20	0.00	0–0.00
Seaweed	Protista	0.34	0–1.29	0.00	0–0.01	1	0.03	0–0.11	0.00	0–0.00
	Seaweed	0.28	0–1.11	0.00	0–0.00	1	0.03	0–0.10	0.00	0–0.00
Other	Unidentified material*	28.41	22.02–36.49	25.93	6.84–51.32	105	2.62	1.47–3.97	10.66	2.31–24.27

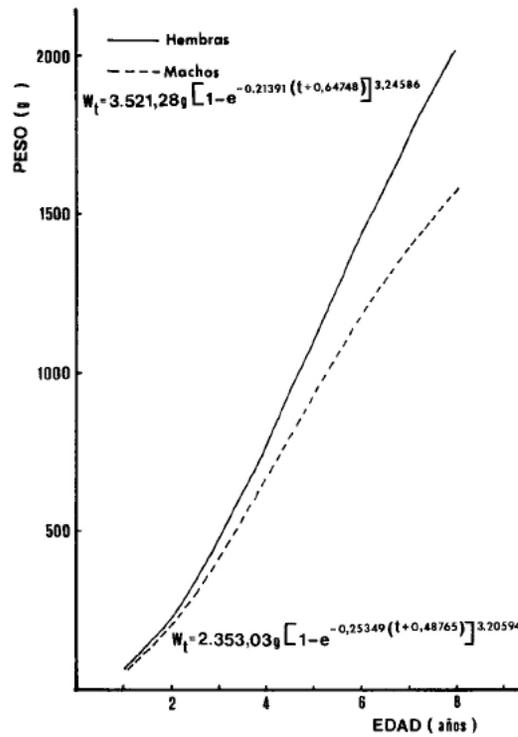


Figura 14. Curva de crecimiento en peso para machos (línea discontinua) y hembras (línea continua) de *S. punctata*. Tomado de Aguayo & Chong (1991).

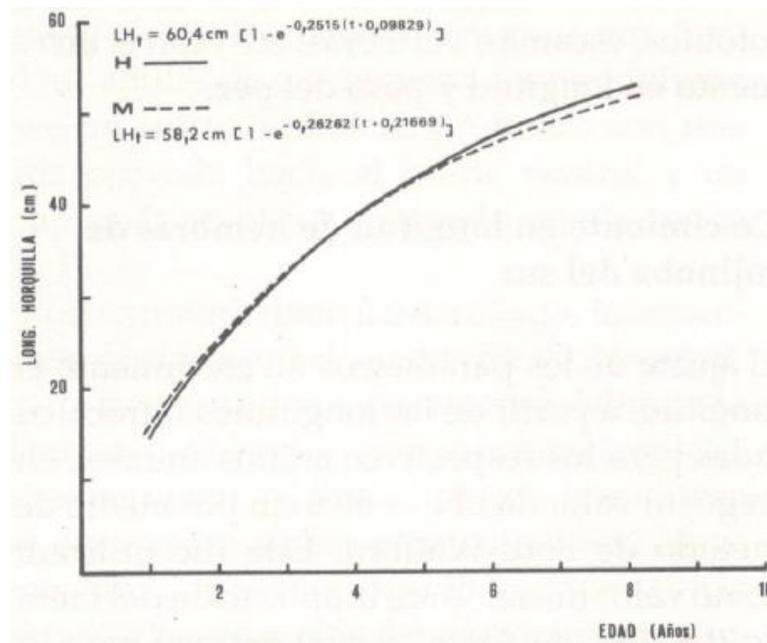


Figura 15. Curva de crecimiento en longitud horquilla para machos (línea discontinua) y hembras (línea continua) de *S. caerulea*. Tomado de Chong & Aguayo (1994).

Garciarena & Perrotta (2002) indican que *S. porosa* en Argentina alcanza longevidad aproximada de 8 a 9 años. Horn (1999) indica que individuos de *S. caerulea* en el Chatam Rise y en Campbell Plateau de Nueva Zelanda crecerían rápidamente hasta los 3-4 años, cuando se produciría la madurez, y que el crecimiento es prácticamente despreciable después de los 8 años. La edad máxima de *S. caerulea* sería de 21 años, con las hembras creciendo más rápido que los machos. Por lo tanto, se podría considerar que los individuos de *Seriolella* tienen longevidad (t_{max}) superior a 10-15 años.

Chong & Aguayo (1994) indican que no hay diferencias por sexos en los parámetros de crecimiento von Bertalanffy para *S. caerulea* en la zona austral de Chile, con lo que el crecimiento en talla y peso para esta especie está dado por las siguientes ecuaciones:

$$LH_t = 59,8 \text{ cm} [1 - e^{-0,253(t+0,149)}]$$

y

$$PH_t = 4871,7 \text{ g} [1 - e^{-0,215(t+0,393)^{2,741}}].$$

Entonces, la talla y peso asintóticos se aproximan a 60 cm de LH y 4.872 g, respectivamente, mientras que la tasa instantánea de crecimiento individual se aproxima a $K = 0,25$ (en talla) y $K = 0,22$ (en peso).

En cuanto a reproducción, Chong *et al.* (2019) describen las estructuras de madurez y talla de *Seriolella caerulea* y *S. punctata* en la zona austral frente a Chile a partir de la base de datos compilada por observadores científicos a bordo de las flotas comerciales de 1984 a 2014. Esos autores informan que el índice de madurez macroscópica y el IGS revelan hembras maduras durante todo el año con el período de desove pronunciado en el otoño e invierno austral; el máximo reproductivo es en julio para *S. punctata* y en agosto para *S. caerulea*. Ambas especies mostraron patrones reproductivos con temporada de desove de julio a septiembre en toda el área entre 43°S y 47° S. La talla media de madurez fue de 43,5 cm de longitud horquilla para *S. caerulea* y 37,2 cm para *S. punctata*. La composición de la captura de hembras estuvo dominada por adultos (96% para *S. caerulea* y 86% para *S. punctata*). Complementariamente, Holden & Raitt (1975, *vide* Cubillos *et al.*, 1999) proponen una escala macroscópica de identificación sexual atendiendo la morfología ovárica de hembras, identificando cinco estadíos de desarrollo (Tabla 9).

Tabla 9. Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (Cubillos *et al.*, 1999a; adaptada de Holden & Raitt, 1975).

Estado	Denominación	Caracterización Morfológica
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 y 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	Ovarios cubren cerca de 2/3 de cavidad abdominal. Color rosado a amarillento. Aspecto granular, ovocitos visibles. 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.

Las hembras de *Serirolella* son desovantes parciales, esto es, el desarrollo oocitario ovárico es asincrónico, condición que permite encontrar oocitos en distintos estados de desarrollo (primario, previtelogénicos, vitelogénicos y maduros), además de oocitos atrésicos y folículos postovulatorios.

Relacionado con mortalidad natural (M), Horn & Sutton (1996) estimaron M para *S. punctata* en $0,25 \text{ año}^{-1}$ en machos y $0,20 \text{ año}^{-1}$ en hembras. El incremento anual del crecimiento en longitud disminuye notablemente después de la madurez, que es entre 4 y 6 años, siendo insignificante después de los 10 años. Las hembras presentan tasa de crecimiento significativamente más rápida que los machos.

A partir del año 2012, con el proyecto de descarte orientado a examinar la composición de especies capturadas en las pesquerías arrastreras, IFOP muestreó del descarte, a través del Programa de Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas (en adelante Programa de Seguimiento), enfocándose no solo en especies objetivos (merluza del sur, merluza de cola y congrio dorado), sino también informando la presencia de cojinoba del sur como parte de la fauna acompañante e incidental en la pesca de merluza del sur de la flota artesanal en los canales interiores de la zona sur austral. Sin embargo, las capturas de cojinobas han representado solo

0,02% de la captura total (Chong, 2013). En los lances comerciales la presencia cojinoba del sur y cojinoba del moteada alcanza hasta 20% de los lances, considerando las flotas arrastrera fábrica, arrastrera hielera y palangrera fábrica (Céspedes & Gálvez, 2013).

Desde el año 2013 el Programa de Seguimiento de IFOP entrega periódicamente indicadores pesqueros y biológicos de las cojinobas del sur y moteada (Céspedes *et al.*, 2013; Chong *et al.*, 2015; Céspedes *et al.*, 2017). Los desembarques presentan fluctuaciones alternadas de ambas especies. Al respecto, los desembarques de cojinoba del sur han registrado fuerte disminución en los últimos 10 años, manteniéndose por debajo de 500 t anuales. Contrariamente, los desembarques de cojinoba moteada se han incrementado en el mismo periodo, manteniéndose sobre 2.000 t anuales (Fig.16). Los desembarques de ambas especies son aportados principalmente por la flota de buques fábrica, seguida de la surimera y la arrastrera hielera (Figs. 16a y 16b), destacándose dos periodos marcados, en marzo-mayo y octubre-diciembre (Céspedes *et al.*, 2013; Chong *et al.*, 2015; Céspedes *et al.*, 2017). El IGS de las hembras en ambas especies es máximo en junio-agosto (Chong *et al.*, 2015).

Para la flota arrastrera fábrica, las mayores capturas ocurren en dos zonas, a saber: en la zona sur exterior entre las latitudes 44°S a 49°S y 50°S y 55°S. El buque surimero opera en la zona sur exterior entre 53°S y 55°S. La flota arrastrera hielera opera en la zona norte exterior entre 44°S y 47°S (Chong *et al.*, 2015; Céspedes *et al.* 2017). Los tres focos de abundancia identificados están asociados a condiciones oceanográficas favorables (Boca del Guafo, Canal Trinidad, Estrecho Nelson, Estrecho Magallanes y cono austral).

En cuanto a la estructura de tamaños de las capturas, Céspedes *et al.* (2013) registraron para la cojinoba moteada de la flota arrastrera tallas modales entre 45 y 53 cm; para la flota arrastrera hielera entre 41 y 47 cm, y la flota surimera entre 43 y 47 cm. La cojinoba del sur presentó menor cantidad de ejemplares, pero la estructura se distribuyó en tallas mayores entre 49 y 65 cm. Para el año 2017 las estructuras de tallas de ambas especies fueron registradas en las tres flotas arrastreras. La cojinoba moteada mostró la moda principal entre 43 y 55 cm, y la presencia de ejemplares de menor talla entre 35 y 41 cm en la flota arrastrera fábrica. La cojinoba del sur fue escasa en las capturas y se registró en la flota arrastrera fábrica con la moda principal entre 45 y 55 cm (Céspedes *et al.*, 2017).

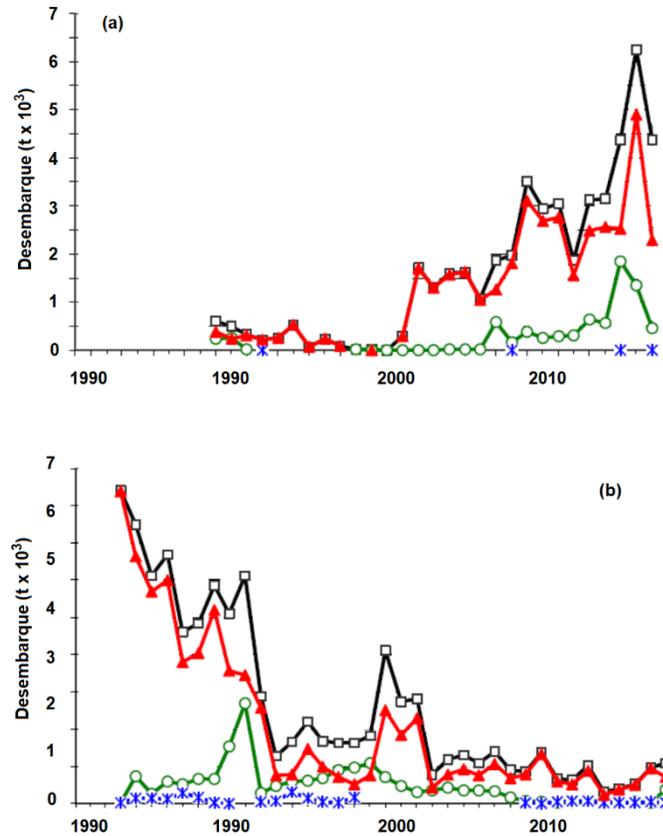


Figura 16. Desembarques de cojinobas por flota. (a) *S. punctata*, (b) *S. caerulea*. Desembarque total (línea negra), flota industrial fábrica (línea roja), flota industrial hielera (línea verde), flota artesanal (línea azul). Tomado de Céspedes *et al.* (2017) y modificado para este informe.

En el caso de *S. violacea*, aunque no es motivo de interés del presente estudio, se sabe que es una especie gregaria de comportamiento pelágico y costero que generalmente se distribuye desde 50 hasta 200 m de profundidad (Oliva *et al.*, 1996), es considerada de hábitos zooplanctófagos y oportunista que se encuentra entre el segundo y tercer nivel trófico con la dieta basada principalmente en anfípodos, larvas de crustáceos, decápodos, copépodos y huevos de peces, eufáusidos y pequeños crustáceos (Wolf & Aron, 1992; Iwamoto *et al.*, 2010). También es considerada carnívora que preda sobre sardina (*Sardinops sagax*), anchoveta (*Engraulis ringens*) y jurel (*Trachurus murphyi*) (Iannocone, 2003). La talla media de madurez se determinó en 44 cm de longitud horquilla (Oliva *et al.*, 1996).

En la década de los años 1980 se realizó un proyecto de cultivo en cautiverio de *S. violacea*; sus resultados confirmaron que es una especie que presenta características de crecimiento y factibilidad de reproducción en cautiverio, considerándose apta técnica y económicamente para el desarrollo de su cultivo en Chile (Silva, 2013). Al nacer la larva tiene longitud promedio de $3,32 \pm 0,309$ mm; a los 4-5 días se absorbe el saco vitelino y comienza a alimentarse, alcanzando longitud promedio de $5,9 \pm 0,212$ mm y supervivencia de 20% con alta mortalidad al inicio de la alimentación (Fig. 17). A los 35 días las larvas alcanzan tamaño promedio de $9,8 \pm 1,0$ mm, observándose moderado canibalismo. Los juveniles alcanzan entre 85 y 100 g en 6 meses cuando son alimentados con pellet seco; a los 15 meses el peso promedio es de 1 kilo, siempre alimentados con pellet, aunque ahora semiseco. La supervivencia es sobre 90%. *S. violacea* en cautiverio presenta anomalías craneales durante su desarrollo temprano por cambios en la temperatura entre 14° y 18° C (Bohorquez-Cruz *et al.* 2017).

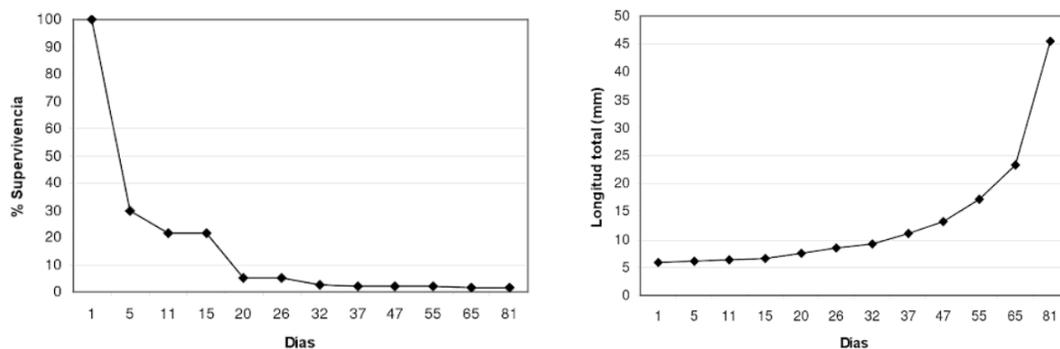


Figura 17. Supervivencia larval diaria de *S. violacea* en cautiverio. Tomado de Silva (2013).

5.1.2. Mortalidad natural

La mortalidad natural (M) se estima con la tasa instantánea de crecimiento individual ($K = 0,22$ año⁻¹ para ambos sexos; $K = 0,22$ para machos; $K = 0,23$ para hembras), la longitud horquilla máxima teórica ($LH_\infty = 61$ cm para ambos sexos; $LH_\infty = 56$ cm para machos; $LH_\infty = 61$ cm para hembras) y la edad teórica a la cual la longitud es cero ($t_0 = 0$ tanto para ambos sexos como para machos y hembras); más la edad máxima teórica ($t_{\text{máx}} = 9$ años), la edad crítica ($t^* = 3$ años), la edad de reclutamiento ($t_r = 3$ años) y los coeficientes de los modelos remuestreados mediante

procedimiento bootstrap. En la Tabla 10 se presenta las estimaciones M promedio ponderado por el inverso de la varianza de cada modelo. En la Tabla 11 se presenta M promedio ponderado por el inverso de la varianza de cada uno de los modelos seleccionados.

Tabla 10. Mortalidad natural promedio (M ; año⁻¹) para cojinoba moteada utilizando parámetros del modelo de crecimiento con restricciones (se fija $t_0 = 0$ años).

	Pauly (1980)	Alverson & Cartney (1975)	Jensen (1996)	Alagaraja (1984)	Rikhter & Efanov (1976)
Ambos	0,36	0,31	0,33	0,35	0,31
Machos	0,36	0,31	0,33	0,34	0,31
Hembras	0,37	0,32	0,34	0,36	0,31

Tabla 11. Mortalidad natural (M ; año⁻¹) ponderado por el inverso de la varianza de cada uno de los cinco métodos bioanalógicos presentados la Tabla 1.

	M (año ⁻¹) ponderado	I.C.	
		Límite inferior	Límite superior
Ambos sexos	0,35	0,31	0,40
Machos	0,34	0,29	0,39
Hembras	0,36	0,32	0,41

5.1.3. Modelo conceptual de historia de vida de cojinobas

5.1.3.1. Distribución

Ambas especies de cojinoba se distribuyen en el Océano Pacífico Sur Occidental (Australia y Nueva Zelanda), en el Océano Pacífico Sur Oriental (Chile) y en el Océano Atlántico Sur Occidental (Argentina) (Cosseau *et al.*, 1993). Las especies de cojinobas son pelágico-neríticas y pueden alcanzar hasta 800 m de profundidad, encontrándose más frecuentemente en los primeros 200 m de la columna de agua. En general, se asume que estas especies son altamente móviles (migratorias) con los adultos distribuyéndose sobre la plataforma continental y parte superior del

talud. La ecología de los juveniles tempranos es poco documentada, aunque los juveniles de especies similares han sido vistos asociados a sifomedusas, reportándose que bahías y estuarios son potenciales zonas de crianza (Last *et al.*, 1983). Los estados tempranos de ambas especies en Chile son también poco conocidos, aunque se ha detectado larvas de *S. caerulea* en fiordos de la zona austral (Bustos *et al.*, 2011).

5.1.3.2. Migraciones

No hay estudios que describan migraciones en estas especies en Chile, aunque el hecho que las capturas sean máximas durante el período de desove (invierno) apunta hacia una migración y agregación reproductivas. Además, es posible que, una vez producido el desove, las agregaciones se dispersen y los individuos migren hacia zonas costeras productivas para alimentarse.

5.1.3.3. Edad y crecimiento

La biblioteca virtual Fishbase indica que *S. caerulea* alcanzaría tallas máximas de alrededor de 65 cm de LT con longevidad de 12 años, aprox. Garcarena & Perrotta (2002) indican que los individuos de *S. porosa* en Argentina tienen longevidad de 8 a 9 años, aproximadamente. Sin embargo, Horn (1999) indica que *S. caerulea* en el Chatam Rise y en Campbell Plateau en Nueva Zelanda crecerían rápidamente hasta los 3-4 años de edad, cuando se produciría la madurez, y que el crecimiento es prácticamente despreciable después de los 8 años. La edad máxima de *S. caerulea* en esos sistemas sería de 21 años, con las hembras creciendo más rápido que los machos, lo que entrega estimados de mortalidad natural de 0,25 año⁻¹ para machos y 0,20 año⁻¹ para hembras. Chong & Aguayo (1994) indican que no hay diferencias en los parámetros de crecimiento tipo von Bertalanffy para *S. caerulea* en la zona austral de Chile, con lo que el crecimiento en talla y peso para esta especie está dado por las siguientes ecuaciones:

$$LH_t = 59,8 \text{ cm} [1 - e^{-0,253(t+0,149)}]$$

$$PH_t = 4871,7 \text{ g} [1 - e^{-0,215(t+0,393)^{2,741}}], \text{ respectivamente.}$$

En este proyecto se encontró que el crecimiento de cojinoba moteada (ambos sexos) puede describirse con la longitud máxima teórica (L_{∞}) de 61 cm de LH y tasa instantánea de crecimiento $K = 0,14 \text{ año}^{-1}$. Los individuos más longevos de cojinoba moteada analizados tendrían unos 20 años de vida (esto es, unos 57 cm de LH). El ejemplar más joven en la pesquería habría tenido alrededor de 4 años de edad (26,2 cm de LH).

5.1.3.4. Reproducción

El IGS de *S. caerulea* y *S. punctata*, calculado a partir de muestras de la pesquería sur austral, muestra que estas especies desovan en invierno (julio a septiembre) con el máximo en agosto (Céspedes *et al.*, 2016). Este patrón es semejante a lo reportado por Aguayo *et al.* (1996) para *S. caerulea* en la misma zona y con lo informado para las especies *S. brama* y *S. punctata* en la zona sur-oriental de Australia (Bruce *et al.*, 2001). Resultados del presente estudio confirman que *S. caerulea* presenta el máximo reproductivo en invierno, siendo agosto el mes en que el ISGS se presenta máximo y con alto crecimiento protoplásmico. No se ha identificado áreas de desove en Chile, aunque se ha observado que el desove en especies similares presenta amplio rango espacial en Australia y Nueva Zelanda (Bruce *et al.*, 2001). La biblioteca en línea Fishbase indica que la talla de madurez en *S. punctata* es de 40 cm (lo que correspondería a entre 4 y 5 años). No existe estimación de la talla de madurez para *S. caerulea* en Chile, aunque Horn (1999) indica que, frente a Australia, la talla de madurez de esta especie se alcanzaría entre 3 y 4 años de edad. La talla media de madurez de hembras de cojinoba del sur, calculada a partir de la asignación de madurez macroscópica, es 41,5 cm de LT. Por su parte, la talla media de madurez de hembras de cojinoba moteada, calculada a partir de la asignación de madurez macroscópica, es 37,7 cm de LT. Entonces, considerando los parámetros de crecimiento estimados en este proyecto, la edad de madurez se alcanzaría entre 7 y 9 años de edad en cojinoba del sur, y entre 7 y 8 años en cojinoba moteada.

5.1.3.5. Alimentación

De acuerdo a Bullman *et al.* (2001) y Horn *et al.* (2011), *S. punctata* y *S. brama* se alimentan principalmente de invertebrados pelágicos en la plataforma sur oriental frente a Nueva Zelanda. En este proyecto se determinó que la dieta de ambas especies de cojinoba tiene un fuerte componente del plancton (eufáusidos), especies típicas de sistemas productivos costeros (ver sección alimentación de este informe).

5.1.3.6. Modelo conceptual de historia de vida

El modelo de historia de vida clásico de Beverton & Holt (1957) deduce expresiones algebraicas para las características de una cohorte explotada durante la fase explotable. Los supuestos de ese modelo son:

1. La fase explotable se inicia con el reclutamiento a la población (t_r). En el caso de las especies de cojinoba, esta fase comenzaría a los 3 años de edad (entre 20 y 30 cm de LH), aprox. En esta fase opera solo la mortalidad natural que sería de $M=0,35 \text{ año}^{-1}$ cojinoba moteada (ambo sexos, estimada en este proyecto) y $M=0,418 \text{ año}^{-1}$ en cojinoba del sur (estimaciones previas).
2. La fase explotada de la cohorte se inicia a la talla/edad de primera captura (t_c) y se extiende hasta la talla/edad máxima teórica o hasta la talla/edad en que los individuos dejan de ser vulnerables a la pesca (t_{max}). El modelo no considera la dinámica de los individuos menores a la talla/edad de reclutamiento (t_r), sino que simplemente considera que existen reclutas de esta talla/edad ingresando al stock en cada época reproductiva. En las especies de cojinoba se puede considerar que $t_c=t_r=3$ años (~ 20 cm de LH), mientras que t_{max} correspondería a unos 20 años (~ 57 cm de LH), aprox.
3. El coeficiente de mortalidad natural (M) es constante para toda la fase de explotación.
4. El coeficiente de mortalidad por pesca (F) es constante durante toda la fase explotada.
5. El crecimiento individual en longitud sigue la ecuación de von Bertalanffy, considerando los parámetros en este modelo para *S. caerulea* en la zona austral de Chile.

El modelo conceptual de la historia de vida para las especies de cojinoba se presenta gráficamente en la Fig. 18.

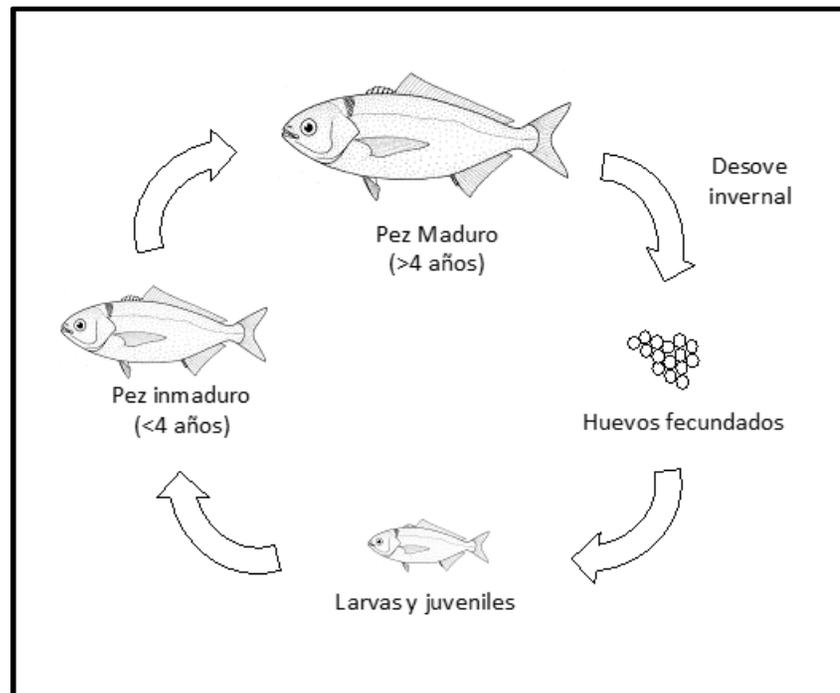


Figura 18. Ciclo de vida hipotético para las especies de cojinoba moteada y del sur.

Entonces, las piezas de información disponibles permiten proponer el siguiente modelo o hipótesis para la historia de vida de las especies de cojinoba en Chile:

- i) el desove ocurre en invierno;
- ii) el reclutamiento a la pesquería ocurre alrededor de los 4 años de edad (27 cm de LH), cuando los juveniles se hacen vulnerables al arte de pesca;
- iii) los individuos alcanzan la madurez entre 7 y 9 años de edad (41.5 cm LT) en cojinoba del sur, y entre 7 y 8 años (37,7 cm LT) en cojinoba moteada;
- iv) los individuos maduros realizan la migración reproductiva estacional, donde se produciría el desove en la época invernal, dando inicio al ciclo reproductivo; y,
- v) luego del desove, las agregaciones reproductivas se dispersarían y los individuos migrarían hacia aguas costeras productivas para alimentarse.

En cuanto al alineamiento de edades (Fig. 19), el ciclo de vida comienza con el desove (no se ha identificado zonas de desove en aguas chilenas o internacionales) y se conoce poco de la distribución y biología de los primeros estados de vida (huevos, larvas y juveniles menores a 3 años). El reclutamiento a la zona de pesca en la zona austral de Chile ocurriría cuando individuos de entre 25 y 30 cm de LH (3 a 4 años de edad) se hacen disponibles a los artes de pesca. Previo a esto, la cohorte estaría afectada solo por mortalidad natural, equivalente a $0,35 \text{ año}^{-1}$. Entonces, la edad de reclutamiento (t_r) se superpondría con la edad de primera captura (t_c). Esta cohorte se mantendría en la zona de pesca por aproximadamente 7 a 9 años en cojinoba del sur y 7 a 8 años en cojinoba moteada, hasta alcanzar la talla de madurez, para luego migrar hacia zonas de desove, dando inicio al nuevo ciclo. Después del desove los individuos realizarían una nueva migración alimentaria hacia zonas costeras más productivas. Este ciclo se repetiría hasta que los individuos de la cohorte alcanzan la edad máxima en la captura (t_m), que podría corresponder a 20 o más años ($\sim 57 \text{ cm de LH}$).

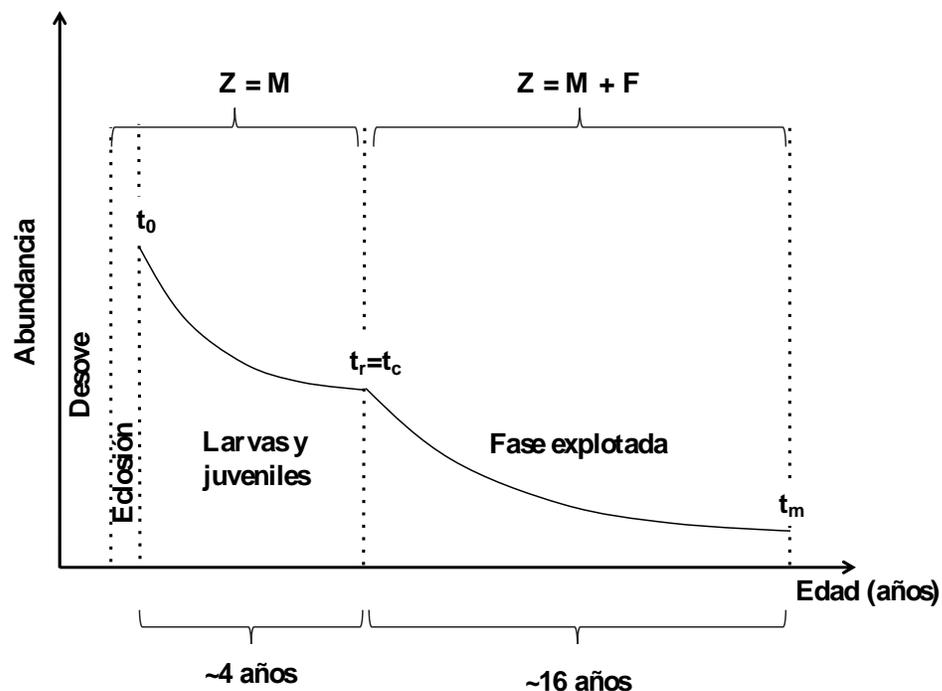


Figura 19. Idealización del ciclo de vida de una cohorte explotada para especies de cojinobas. Nomenclatura: t_r = edad o talla de reclutamiento; t_c = edad o talla de primera captura; t_m = edad o talla máxima.

5.2. Objetivo Específico 2

Caracterizar la actividad extractiva ejercida por la flota industrial en el área correspondiente a la pesquería demersal austral sobre el recurso cojinoba.

5.2.1. Caracterización de la flota pesquera

A partir de la información del seguimiento de pesquerías de la zona sur austral (principalmente la flota arrastrera fábrica, mal llamada “pesquería demersal”. Nota: demersal son peces o grupos de peces de distintas especies que viven cerca del fondo, aunque en la columna de agua y que pueden tener movimientos batimétricos nictimerales; luego, las pesquerías no pueden ser demersales, sino se las debe nombrar por el arte de pesca que usan), en el periodo 1997 a 2019 se identificó la participación de 139 naves asociadas a cinco artes y zonas de pesca, a saber: arrastre de la zona centro-sur (TrawlZCS), enmalle de la zona centro sur (GillnetZCS), arrastre de la zona sur austral (TrawlZSA), espinel artesanal de la zona sur austral (ArtLLZSA) y palangre o espinel industrial de la zona sur austral (IndLLZSA).

El número anual de naves que capturaron cojinobas fue entre 6 y 29 (Fig. 20). De 2007 a 2018 se distingue una tendencia decreciente en el número de naves debido a la participación ocasional de naves artesanales de espinel de la zona sur austral (Fig. 21).

Para todo el período de estudio (1997-2019) se identificó 120 embarcaciones que capturaron cojinoba del sur y 59 que capturaron cojinoba moteada. En el año 2019 operaron 7 embarcaciones con registros de capturas de ambas especies.

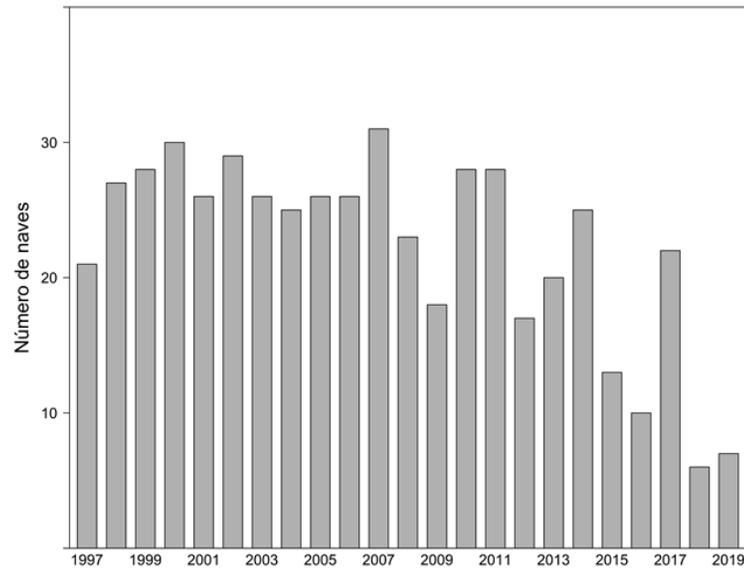


Figura 20. Número de naves (artesanales e industriales) que capturaron cojinobas en el periodo 1997 – 2019. Fuente: Programa Seguimiento Pesquerías Demersales.

En relación con la caracterización de la flota, las bases de datos recibidas desde SubPesca, vía Ley de Transparencia, no contienen información de las características de las embarcaciones, y tampoco incluyen el nombre de ellas, sino que solo son identificadas por un código numérico que es propio del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Entonces, para la identificación de las naves se recurrió a información colectada en el marco de otros proyectos ejecutados por el mismo equipo de trabajo del presente proyecto. Luego de identificadas la mayoría de las naves se acudió a los registros de embarcaciones del SernaPesca para obtener las características físicas de ellas. Sin embargo, tales registros solo consideran cuatro características, a saber: eslora (m), manga (m), puntal (m) y TRG (toneladas de registro grueso). El código que le asigna IFOP a las embarcaciones es completamente distinto del que usa el SernaPesca, lo que dificulta el cruce y validación de información de captura por nave y características de las naves.

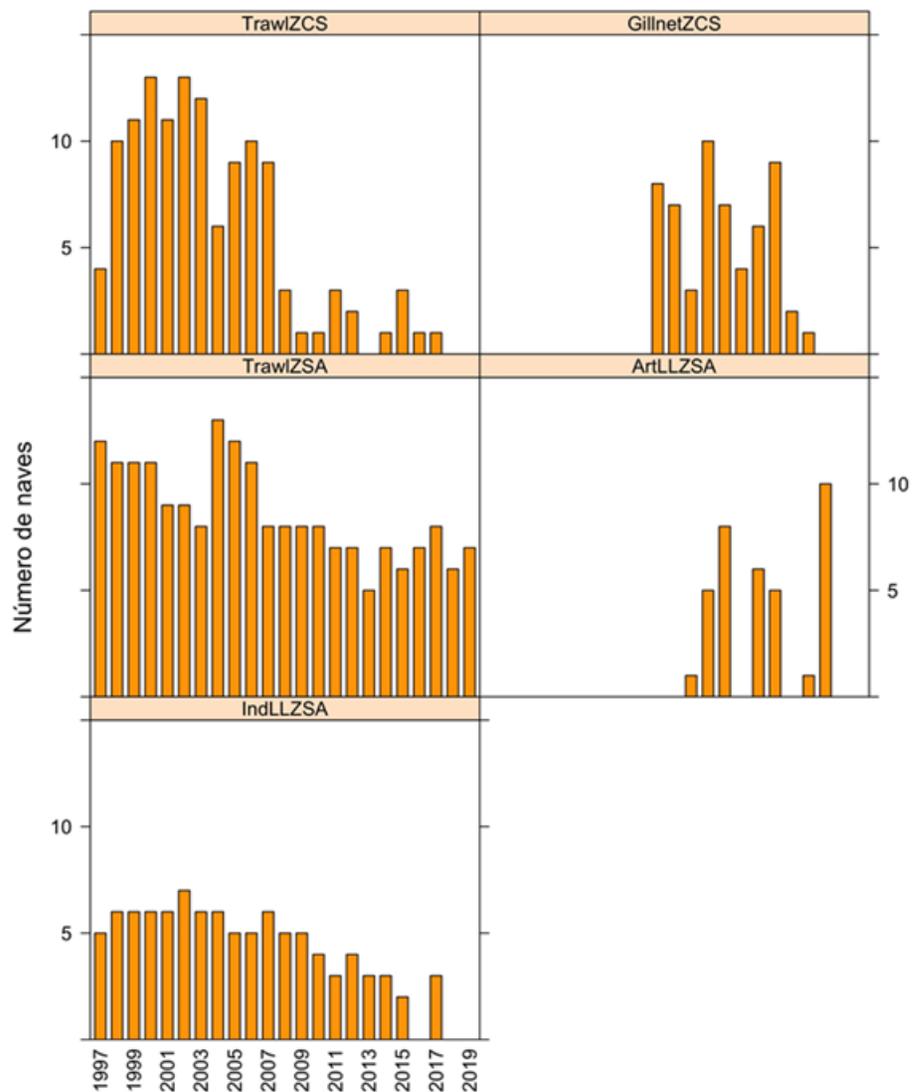


Figura 21. Número de naves que capturaron cojinobas de 1997 a 2019 según arte de pesca y macrozona. Nomenclatura: arrastre de la zona centro-sur = TrawlZCS; enmalle de la zona centro sur = GillnetZCS; arrastre de la zona sur austral = TrawlZSA; espinel artesanal de la zona sur austral = ArtLLZSA; palangre o espinel industrial de la zona sur austral = IndLLZSA.

En la Propuesta Técnica se consideró un tamaño de muestra de 19 naves. Sin embargo, el número de naves que efectivamente captura cojinobas es mucho menor y, por lo tanto, en ningún caso es posible alcanzar dicho tamaño muestral. En la Tabla 12 se presenta los principales estadígrafos de las características físicas de las naves identificadas y que operaron de 1997 a 2019.

5.2.2. Análisis de las características físicas entre sí

Las relaciones funcionales entre las características físicas de las naves para las cuales se encontró información ($n = 37$) fueron de tipo lineal, en el caso de las relaciones entre eslora-manga, eslora-puntal y manga-puntal; y potencial en el caso de las relaciones entre eslora-TRG, manga-TRG y puntal-TRG. Los parámetros y las medidas de bondad de ajustes de las funciones son presentados en la Tabla 13 y Fig. 22.

5.2.3. Estratificación de la(s) flota(s)

Desde la base de datos se encontró 60 embarcaciones industriales que declararon desembarques de cojinoba del sur y/o cojinoba moteada (Tabla 14). Al respecto, sólo 7 embarcaciones dan cuenta de 97,3% de los desembarques acumulados para el período; de aquellas, solo 3 naves representan 86% de los desembarques totales.

La eslora de estas embarcaciones ($n = 60$) fluctuó entre 17,28 y 70,9 m. Las embarcaciones se estratificaron según la eslora en cuatro clases, a saber: <30 m ($n = 10$), de 30 a 45 m ($n = 16$), desde 46 a 60 m (< 60m; $n = 28$) y >60 m ($n = 6$). Para el período 1997-2019, las embarcaciones de 45-60 m fueron las que aportaron mayoritariamente al desembarque de ambas especies, siendo responsables del 97,5% de los desembarques totales (Fig. 23). Por especie, el mismo estrato de embarcaciones fue responsable de 90,8% del desembarque de cojinoba del sur y 99,9% del desembarque de cojinoba moteada (Tabla 15, Fig.24).

Tabla 12. Estadígrafos de las características físicas de las embarcaciones que capturaron cojinoba del sur (*S. caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*) de 1997 a 2019.

Año	N° Navas	Eslora			Manga			Puntal			TRG		
		Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.
1997	15	56,75	34,8	91,9	10,85	7,7	15,0	6,03	3,4	9,2	1028,79	249,0	2985,5
1998	20	54,27	27,7	91,9	10,55	6,8	15,0	5,63	2,8	9,2	948,64	140,0	2985,5
1999	17	55,98	35,9	91,9	10,88	8,3	15,0	5,89	4,1	9,2	1014,33	254,8	2985,5
2000	21	50,78	17,3	91,9	10,10	5,4	15,0	5,48	2,9	9,2	870,68	49,7	2985,5
2001	13	50,32	18,0	91,9	10,14	5,5	15,0	5,50	3,0	9,2	849,07	40,7	2985,5
2002	15	51,79	35,9	91,9	10,45	8,3	15,0	5,68	4,1	9,2	857,33	254,8	2985,5
2003	18	49,99	22,2	91,9	10,18	6,6	15,0	5,44	3,1	9,2	810,51	99,2	2985,5
2004	16	59,05	33,8	97,6	11,65	7,0	17,8	6,16	3,7	10,1	1339,14	192,0	4991,0
2005	16	58,97	42,8	97,6	11,73	8,9	17,8	6,20	4,3	10,1	1344,01	507,3	4991,0
2006	16	62,98	46,6	97,6	12,24	9,5	17,8	6,57	4,6	10,1	1475,50	606,0	4991,0
2007	14	58,32	17,5	97,6	11,59	5,1	17,8	6,23	3,0	10,1	1426,33	32,9	4991,0
2008	8	68,75	48,5	97,6	13,29	10,7	17,8	7,44	5,5	10,1	1951,56	606,0	4991,0
2009	10	65,90	48,5	97,6	12,78	10,5	17,8	7,10	4,9	10,1	1757,95	606,0	4991,0
2010	9	68,93	49,9	97,6	13,23	10,5	17,8	7,31	5,5	10,1	1914,61	902,0	4991,0
2011	9	66,88	48,5	97,6	12,76	10,5	17,8	7,21	4,6	10,1	1798,61	606,0	4991,0
2012	8	70,60	49,9	97,6	13,26	10,5	17,8	7,49	5,5	10,1	1991,44	902,0	4991,0
2013	6	76,93	53,3	97,6	13,97	11,5	17,8	7,96	6,2	10,1	2349,91	930,0	4991,0
2014	7	71,32	49,9	97,6	13,30	10,5	17,8	7,68	5,5	10,1	2090,93	902,0	4991,0
2015	6	74,89	53,3	97,6	13,55	10,5	17,8	8,05	6,7	10,1	2289,08	930,0	4991,0
2016	7	71,32	49,9	97,6	13,30	10,5	17,8	7,68	5,5	10,1	2090,93	902,0	4991,0
2017	7	71,32	49,9	97,6	13,30	10,5	17,8	7,68	5,5	10,1	2090,93	902,0	4991,0
2018	7	67,06	42,1	97,6	12,61	8,7	17,8	7,41	5,0	10,1	1891,50	744,0	4991,0
2019	6	69,35	42,1	97,6	12,97	8,7	17,8	7,53	5,0	10,1	2051,75	744,0	4991,0

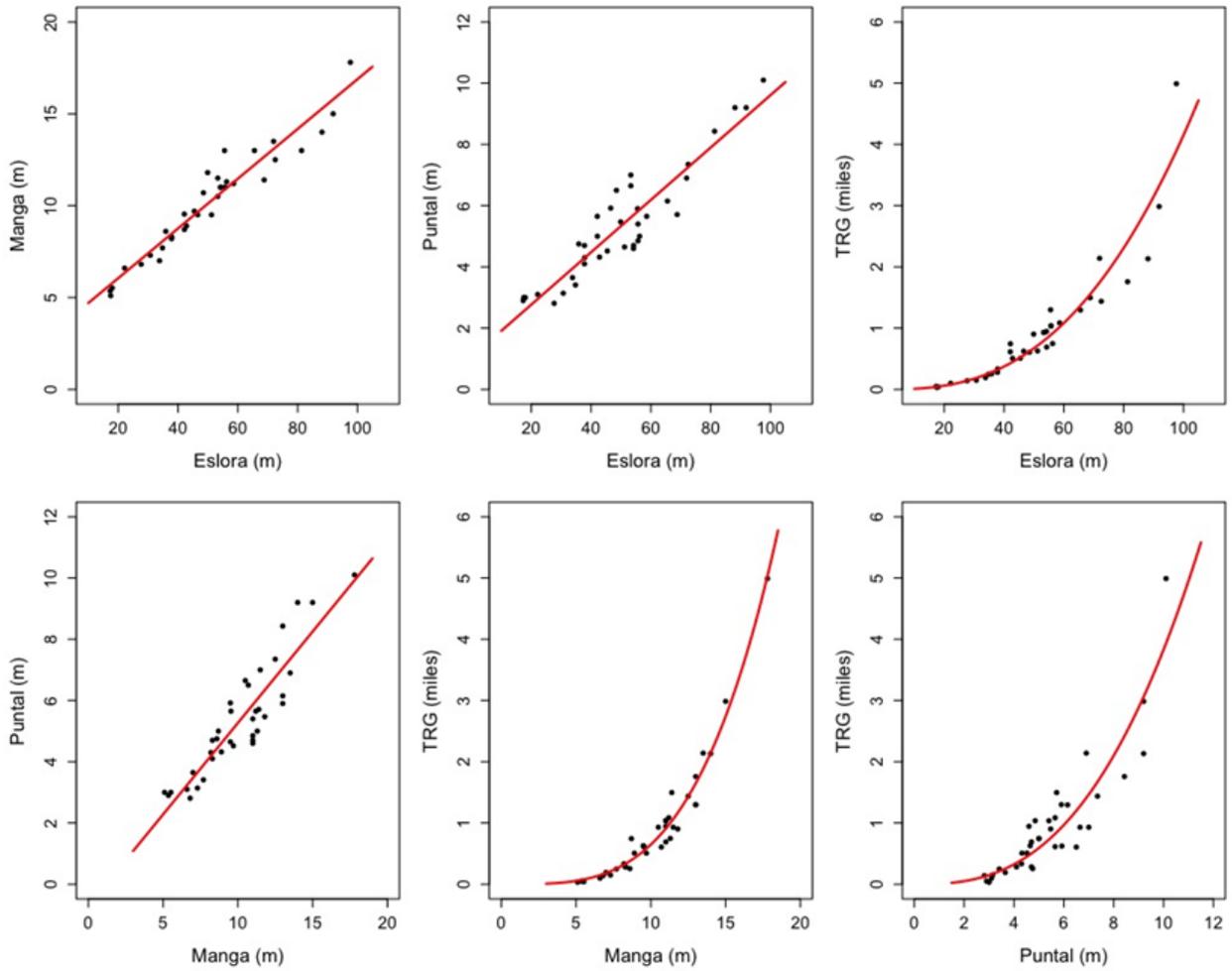


Figura 22. Relaciones funcionales entre las características físicas de las embarcaciones que capturaron cojinoba del sur y cojinoba moteada en el período de 1997 a 2019 en la zona sur-austral. La línea roja representa el ajuste.

Tabla 13. Parámetros y bondad de ajuste de las relaciones funcionales entre las características físicas de las naves que capturaron cojinoba del sur (*S. caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*) de 1997 a 2019. Nomenclatura: SCR = suma de cuadrados residuales.

Variable	Función/ Parámetros	Variable		
		Manga (m)	Puntal (m)	TRG (t)
Eslora (m)	Modelo =	Lineal	Lineal	Potencial
	a =	3,344	1,055	$2,297 \times 10^{-2}$
	b =	0,135	$8,553 \times 10^{-2}$	2,628
	r ² =	0,927	0,861	
	SCR =			305,2
	n =	37	37	37
Manga (m)	Modelo =		Lineal	Potencial
	a =		-0,707	0,180
	b =		0,597	3,557
	r ² =		0,830	
	SCR =			177,6
	n =		37	37
Puntal (m)	Modelo =			Potencial
	a =			7,761
	b =			2,693
	r ² =			
	SCR =			395,3
	n =			37

Tabla 14. Embarcaciones industriales que registraron desembarque (tons) de *S. caerulea* y *S. punctata* entre 1997 y 2019. Ocurrencia: número de años con registros de desembarque. Nomenclatura: * significa > 1%

Embarcación	Ocurrencia (n° años)			Desembarque (tons) absoluto y relativo.					
	Sericae	Seripun	Total	Sericae	%	Seripun	%	Total	%
Albatros II	6	7	7	2,497	0,08	1,402	0,02	3,979	0,03
Alcantara	2		2	0,050	<0,01		0,00	0,052	<0,01
Ana Cristina	1		1	0,300	0,01		0,00	0,310	<0,01
Antarctic Endeavour	2	2	2	2,268	0,07	1,785	0,02	4,126	0,03
Aquiles Pancho	2		2	1,592	0,05		0,00	1,643	0,01
Arequipa IV	3		3	0,255	0,01		0,00	0,263	<0,01
Berta	3		3	7,069	0,23		0,00	7,296	0,06
Biomar III	8	5	9	13,263	0,43	2,566	0,03	16,255	0,14
Biomar IV	12	7	12	24,702	0,79	11,770	0,13	37,266	0,31
Biomar V	9	6	9	5,762	0,19	11,747	0,13	17,694	0,15
Bonn	10	4	12	9,034	0,29	3,884	0,04	13,208	0,11
Boston Beverly	9	6	9	189,299	6,09	1,146	0,01	196,531	1,63 *
Boston Blenheim	10	6	10	319,569	10,27	2,738	0,03	332,581	2,76 *
Cazador	1		1	0,220	0,01		0,00	0,227	<0,01
Coral I	1		1	0,170	0,01		0,00	0,175	<0,01
Cote Saint Jacques	16	13	16	321,364	10,33	3,625	0,04	335,321	2,79 *
Cristobal Colon	3		3	0,746	0,02		0,00	0,770	0,01
Doña Claudina	1		1	0,021	<0,01		0,00	0,022	<0,01
Doña Mariana	1		1	4,455	0,14		0,00	4,598	0,04
Don Enrique	4	3	5	0,257	0,01	0,202	0,00	0,467	<0,01
Don Marcelo	3		3	0,552	0,02		0,00	0,570	<0,01
Don Mauro	3		3	0,190	0,01		0,00	0,196	<0,01
Friosur II	1		1	10,000	0,32		0,00	10,321	0,09
Friosur IX	23	18	23	482,872	15,52	3444,611	39,06	3943,007	32,78 *
Friosur VI	2		2	92,478	2,97		0,00	95,451	0,79
Friosur VII	9	4	9	474,804	15,26	0,538	0,01	490,606	4,08 *
Friosur VIII	21	17	23	644,585	20,72	1265,511	14,35	1930,819	16,05 *
Friosur X	21	19	21	405,957	13,05	4058,701	46,02	4477,709	37,22 *
Gardar	3		3	7,042	0,23		0,00	7,268	0,06
Génesis	1		1	0,040	<0,01		0,00	0,041	<0,01
Genoveva	1		1	7,020	0,23		0,00	7,246	0,06
Leopardo	1	1	2	0,686	0,02	0,131	0,00	0,839	0,01
Leucotón	1		1	0,028	<0,01		0,00	0,029	0,00
Lider	2		2	1,706	0,05		0,00	1,761	0,01
Ligrunn	3		3	0,766	0,02		0,00	0,791	0,01
María Emperatriz III	2		2	0,461	0,01		0,00	0,476	<0,01
Ordinat	2		2	0,060	<0,01		0,00	0,062	<0,01
Paniahue	2		2	0,130	<0,01		0,00	0,134	<0,01
Panilonco	2		2	0,140	<0,01		0,00	0,145	<0,01
Pelagos II	5	1	6	13,278	0,43	0,024	0,00	13,729	0,11
Pelikan	5		5	2,908	0,09		0,00	3,001	0,02
Pesur I	2		2	0,035	<0,01		0,00	0,036	<0,01
Puyuhuapi	8	6	8	14,485	0,47	0,650	0,01	15,601	0,13
Querelema	1		1	0,050	<0,01		0,00	0,052	<0,01
Quilpolemu	2		2	0,110	<0,01		0,00	0,114	<0,01
Ranquilhue	2		2	0,050	<0,01		0,00	0,052	<0,01
Rodrigo Alejandro	1		1	0,380	0,01		0,00	0,392	<0,01
Saint John	4		4	3,383	0,11		0,00	3,492	0,03
Skorpio	1		1	0,022	<0,01		0,00	0,023	<0,01

Embarcación	Ocurrencia (n° años)			Desembarque (tons) absoluto y relativo.					
	Sericae	Seripun	Total	Sericae	%	Seripun	%	Total	%
Southport	2		2	0,335	0,01		0,00	0,346	<0,01
Sunnan II	1		1	0,130	<0,01		0,00	0,134	<0,01
Surmar I	2	1	3	0,621	0,02	0,842	0,01	1,483	0,01
Terranova	2		2	3,300	0,11		0,00	3,406	0,03
Tio Gringo	2		2	0,102	<0,01		0,00	0,105	<0,01
Toekan	5	3	6	9,135	0,29	6,567	0,07	15,996	0,13
Tricahue	1		1	0,570	0,02		0,00	0,588	<0,01
Tuamapu	7	6	7	18,605	0,60	0,248	0,00	19,451	0,16
Walrus	2		2	0,042	<0,01		0,00	0,043	<0,01
Vichuquén II	2		2	0,090	<0,01		0,00	0,093	<0,01
Yelcho I	2		2	10,480	0,34		0,00	10,817	0,09

Tabla 15. Desembarque total de cojinoba del sur (*S. caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*) entre 1997 y 2019 según estrato de eslora de embarcaciones industriales. DFPTO: días fuera de puerto (esfuerzo de pesca).

Especie	Eslora (m)	Desembarque		DFPTO	
		(t)	%	Núm.	%
<i>S. caerulea</i>	< 30	50,7	1,6	1.492	8,4
	30 - 45	222,8	6,9	1.642	9,3
	46 - 60	2.914,1	90,8	14.459	81,9
	> 60	20,9	0,6	73	0,4
<i>S. punctata</i>	< 30	0,9	0,01	302	2,9
	30 - 45	10,3	0,1	201	1,9
	46 - 60	8.807,5	99,8	9.854	95,1
	> 60		0,00		0,0
Ambas especies	< 30	51,6	0,4	1.794	6,4
	30 - 45	233,1	1,9	1.843	6,6
	46 - 60	11.721,6	97,5	24.313	86,8
	> 60	20,9	0,2	73	0,3

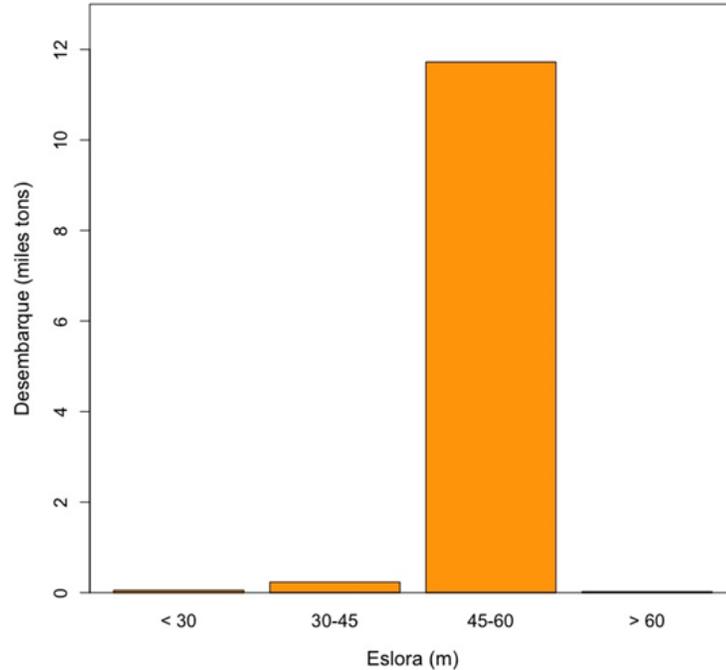


Figura 23. Desembarque total (miles de toneladas) de cojinobas por estrato de eslora de embarcaciones industriales entre 1997 y 2019.

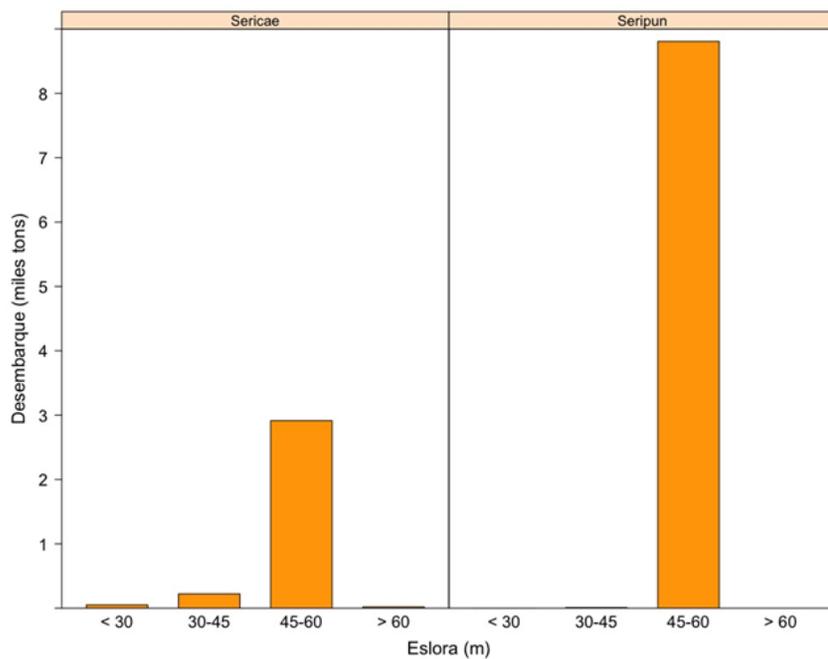


Figura 24. Desembarque total (miles de toneladas) de cojinoba del sur (izquierda) y cojinoba moteada (derecha) por estrato de eslora (m) de embarcaciones industriales entre 1997 y 2019.

Los registros de desembarques del SernaPesca están desagregados al nivel de viaje de pesca, luego se tiene la fecha de zarpe y recalada, con lo cual se puede estimar el esfuerzo de pesca, medido como días fuera de puerto (DFPTO). Al respecto, el esfuerzo de pesca fluctuó entre 1 y 37 días. La mediana del esfuerzo de pesca muestra tendencia decreciente según el estrato de eslora de las naves, aunque con mayor dispersión en los estratos 30-45 m y 46-60 m (Fig. 25).

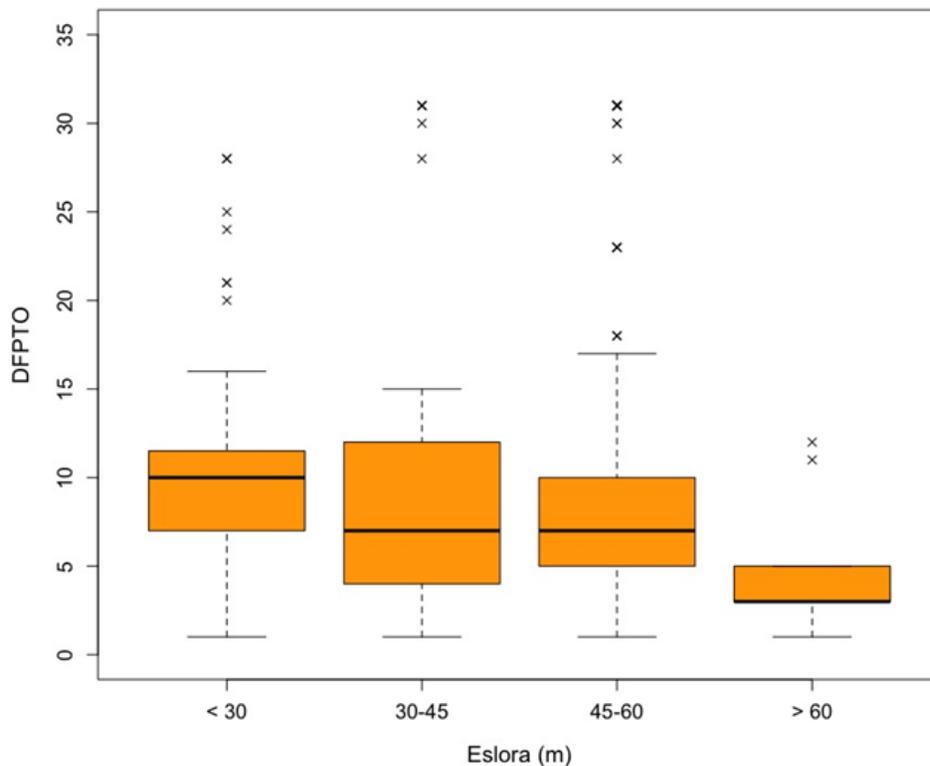


Figura 25. Esfuerzo de pesca, medido como días fuera de puerto (DFPTO) por estrato de eslora de embarcaciones industriales que registraron desembarque de cojinoba del sur y cojinoba moteada (ambas en conjunto) de 1997 a 2019.

5.2.4. Análisis de las capturas anuales

Los datos recibidos desde SubPesca, colectados en el marco del Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales (IFOP) corresponden a:

- 1.- Registros de captura (Bitácoras de Pesca) de cojinoba del sur (*Seriolella caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*) realizados por:
 - a) la flota de arrastre Zona Centro Sur (**TrawlZCS**) con puertos principales de desembarque en la Región del Biobío (Talcahuano y San Vicente) (Tabla 16);
 - b) la flota artesanal de enmalle Zona Centro Sur (**GillnetZCS**) con puertos principales de desembarque en la VII Región y VIII Región (Tabla 17);
 - c) flota de arrastre (industrial) Zona Sur Austral (**TrawlZSA**) con puertos principales de desembarque en la XI Región (Tabla 18);
 - d) flota artesanal de espinel Zona Sur Austral (**ArtLLZSA**) con puertos principales de desembarque en la X Región y XI Región (Tabla 19); y,
 - e) flota industrial (palangre) Zona Sur Austral (**IndLLZSA**) con puertos principales de desembarque en la XI Región y XII Región (Tabla 20).
- 2.- Registros de composición de tamaños en las capturas muestrales (Muestreos de Frecuencia) por tipo de arte de pesca.
- 3.- Registros de longitud, peso y condición reproductiva (Muestreos Biológicos) por tipo de arte de pesca.

En las capturas de cojinoba de 1997 a 2001 predomina cojinoba del sur por sobre cojinoba moteada, situación que cambia de 2002 a 2019. Las capturas de cojinoba del sur muestran tendencia decreciente desde 1997 hasta 2019. En los últimos tres años de la serie la tendencia de las capturas de cojinoba moteada es decreciente, aunque superiores a cojinoba del sur (Fig. 26).

Las capturas de cojinoba por flota indican que la mayor actividad extractiva es aquella desarrollada por la flota de arrastre de la Zona Sur Austral (TrawlZSA), tanto en el caso de cojinoba del sur como en cojinoba moteada, representando 99,8% y 99% de las capturas totales de 1997 a 2019, respectivamente. La participación de la flota de palangre de la Zona Sur Austral (IndLLZSA) es marginal en el caso de la cojinoba de sur, y el arrastre de la zona centro-sur en el caso de la cojinoba moteada (Fig. 27).

Tabla 16 Número de lances de pesca con presencia de *S. caerulea* y *S. punctata* en registros de captura de la flota de arrastre de la Zona Centro-Sur (TrawlZCS) monitoreados de 1997 a 2019.

<i>Seriotelella caerulea</i>																							
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene.						1	1	1			23												
Feb.	1	7	1			1	7	1		2	2					1							
Mar.	3		3	5	2			3			1	1											
Abr.		4	1	1	2	5	1	1															
May.		3	1	3	11	8	1	1			10												
Jun.			3	6		5	2			4	1												
Jul.				2						1	2	4											
Ago.		7	9	9			1		3	5	18												
Sep.			10	4		1	1	1	1	13	1												
Oct.	9	11	16	9	2	1		2	12				1		4								
Nov.	2	3			3	1	2		6	21				1								2	
Dic.	1	8		7	4	2	4		2														
Total	16	43	44	46	24	25	19	10	24	46	58	5	1	1	4	1						2	

<i>Seriotelella punctata</i>																							
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene.		1			15			2		2	1												1
Feb.					2		3	2			3					2							
Mar.				3				1								1		1					
Abr.			2	6	1	1	1	1				1											
May.			5					1			1												
Jun.			2	5	3					4		1											
Jul.							2																
Ago.			7					1							2								
Sep.				3			2	1			1												
Oct.			1	1		2	2	1	3						4								3
Nov.					2	2	4		2	6						2				1	4		
Dic.					1	2	2																
Total		1	17	18	24	7	16	10	5	12	6	2			6	5		1	2	4	3		

Tabla 17. Número de lances de pesca con presencia de *S. caerulea* y *S. punctata* en registros de captura de la flota de enmalle (artesanal) de la Zona Centro-Sur (GillnetZCS) monitoreados de 1997 a 2019.

<i>Seriotelella caerulea</i>																							
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene.																							
Feb.															1								
Mar.							8					1											
Abr.											1					1		1					
May.																5							
Jun.												1		28				3					
Jul.														3	2		2						
Ago.												6			13		1			1			
Sep.																							
Oct.																1	2						
Nov.																							
Dic.																							
Total											8	7	2	31	16	7	5	4	1	1			

<i>Seriotelella punctata</i>																							
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene.																							
Feb.																		1					
Mar.																		1					
Abr.																	2						
May.																		1					
Jun.																							
Jul.																				1			
Ago.																		6	1				
Sep.																							
Oct.													1										
Nov.																							
Dic.																							
Total													1			2	9	2					

Tabla 18. Número de lances de pesca con presencia de *S. caerulea* y *S. punctata* en registros de captura de la flota de arrastre de la Zona Sur-Austral (TrawlZSA) monitoreados de 1997 a 2019.

<i>Seriotelella caerulea</i>																							
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene.	80	203	180	187	143	101	84	25	27	15	42		10			5	1	1			4	6	10
Feb.	232	310	270	99	96	21	7	44		14	3	18	37	20	5	2		1	5	2	31		2
Mar.	322	422	284	163	85	49	36	19	7	22	22	45	51	59	11	36	5		34	13	57	22	36
Abr.	338	351	162	113	100	90	64	48	66	61	90	52	55	38	29	66	18	39	39	39	57	61	8
May.	298	277	248	148	79	36	75	68	65	75	95	16	25	30	32	13	7	14	28	143	37	38	11
Jun.	398	437	317	173	69	38	46	68	44	85	53	21	26	28	40	23	7	23	40	22	69	45	13
Jul.	429	367	224	174	108	42	44	57	57	105	33	69	12	67	23	25	10	38	34	34	64	59	24
Ago.	88	105	45	109	141	47	59	116	88	135	39	75	9	17	6	6	4	2		9	45		2
Sep.	404	328	239	231	63	127	106	240	82	214	111	77	57	98	41	84	18	32	30	37	20	24	35
Oct.	394	408	312	196	213	138	86	328	152	304	94	73	179	126	105	34	14	58	68	111	44	49	63
Nov.	383	361	294	41	138	154	114	133	105	209	86	105	130	130	75	48	37	19	8	84	25	15	42
Dic.	366	323	118	16	249	87	76	125	36	86	25	72	60	51	30	3	1		1	37	32	19	1
Total	3732	3892	2693	1650	1484	930	797	1271	729	1325	693	623	651	664	397	345	122	227	287	531	485	338	247

<i>Seriotelella punctata</i>																							
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene.			29	139	151	53	121	25	83	28	86	84	34	12	66	47	10	1	3	7	7	46	17
Feb.	25	1	19	128	150	15		58		5	10	50	61	35	17	11		6	6	23	17	13	5
Mar.	126		19	45	71	52	38	4	7	24	45	80	39	65	23	10	1	26	51	60	67	66	97
Abr.	11	18		29	81	69	82	19	109	112	220	117	114	153	172	162	120	168	177	174	198	180	77
May.		5	145	128	48	12	63	94	102	89	213	108	58	58	133	111	54	101	106	311	238	230	171
Jun.	13	53	212	138	74	59	55	84	90	104	110	71	94	126	118	82	37	40	80	198	221	143	77
Jul.	52	39	93	67	48	92	56	50	94	134	115	85	131	107	59	23	49	54	90	168	88	110	52
Ago.	22		7	36	15	56	20	52	64	101	66	68	40	23	28	11	31	65	13	84	169	70	21
Sep.			124	62	174	145	58	192	70	257	134	177	219	83	86	98	35	110	64	117	104	140	57
Oct.		11	187	61	322	97	123	233	190	341	268	130	387	176	265	251	89	166	230	290	188	167	182
Nov.		205	121	48	169	191	194	231	201	325	154	185	281	286	227	148	78	91	131	254	138	121	141
Dic.	6	41	70	4	95	148	112	272	83	127	113	136	182	204	83	95	27	33	27	60	64	50	37
Total	255	373	1026	885	1398	989	922	1314	1093	1647	1534	1291	1640	1328	1277	1049	531	861	978	1746	1499	1336	934

Tabla 19. Número de lances de pesca con presencia de *S. caerulea* y *S. punctata* en registros de captura de la flota de espinel (artesanal) de la Zona Sur-Austral (ArtLLZSA) monitoreados de 1997 a 2019.

<i>Seriotelella caerulea</i>																								
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Ene.																	1			1	4			
Feb.															3							1		
Mar.															3	1	1					2		
Abr.																								
May.															1									
Jun.																								
Jul.													1		1	1						1		
Ago.																								
Sep.															2	2	1							
Oct.														2		3	1					1		
Nov.														4	2									
Dic.																								
Total													1	6	12	7	4			1	9			

<i>Seriotelella punctata</i>																								
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Ene.																								
Feb.																							1	
Mar.																								
Abr.																								
May.																							1	
Jun.																								
Jul.																								
Ago.																								
Sep.																								
Oct.																								
Nov.																			1					
Dic.																								
Total																			1			2		

Tabla 20. Número de lances de pesca con presencia de *S. caerulea* y *S. punctata* en registros de captura de la flota palangrera (industrial) de la Zona Sur-Austral (IndLLZSA) monitoreados de 1997 a 2019.

<i>Seriotelella caerulea</i>																							
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene.		5		14	34	23	30	27	14	14	3						7					4	
Feb.	3	35	36	34	12	35	81	48	42	11	9				1	2	1	5					
Mar.	1	9	33	32	11	20	57	24	28	12	9				3							2	
Abr.	12	32	46	27	29	52	79	20	18	18	17	9		3	6	8						1	
May.	2	39	71	30	30	24	44	35	3	37	57	13	1	4	2	2	1					10	
Jun.	9	38	49	30	12	38	16	12	7	18	18	14	2		5				1			3	
Jul.	14	65	114	41	19	44	51	15	15	30	33	3	7	3	9		1	9				1	
Ago.																							
Sep.	42	16	6	6	1	13	35	3	16	11	18	28	23	7	35	9	34					10	
Oct.	16	1	1	5		23	43	28	13	16	14	21	3	3	10	2	3					2	
Nov.				13	19	24	28	16	8	27	8	3	3		5	1	6		1				
Dic.				1	9	10	4	15	22	13	1	1	3				2						
Total	99	240	356	233	176	306	468	243	186	207	187	92	42	20	76	24	48	21	2			33	

<i>Seriotelella punctata</i>																							
Mes	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ene.				4	16	1	1	3	2		1												
Feb.		1	14	6	5	2	4	1	1		2					1		8					
Mar.			3		1	1	1	4	2	1	6												
Abr.		1	2	5		1	3		3	5		1		2	1								
May.			3	4		3	1	1	3	1	2	2	1	1									
Jun.			11	8		2	1	4	1	2	3	3											
Jul.		5	14	1		4	2	2	2	3	4	1	2		3	2							
Ago.																							
Sep.	5	5	5	7	2	1			2		10	1	1	1		13				17			
Oct.			1	2		1	2	1	1	6	1	4											
Nov.					9			3					1										
Dic.				2	23			4	2														
Total	5	12	53	39	56	16	15	23	19	18	29	12	5	4	4	16		8	17				

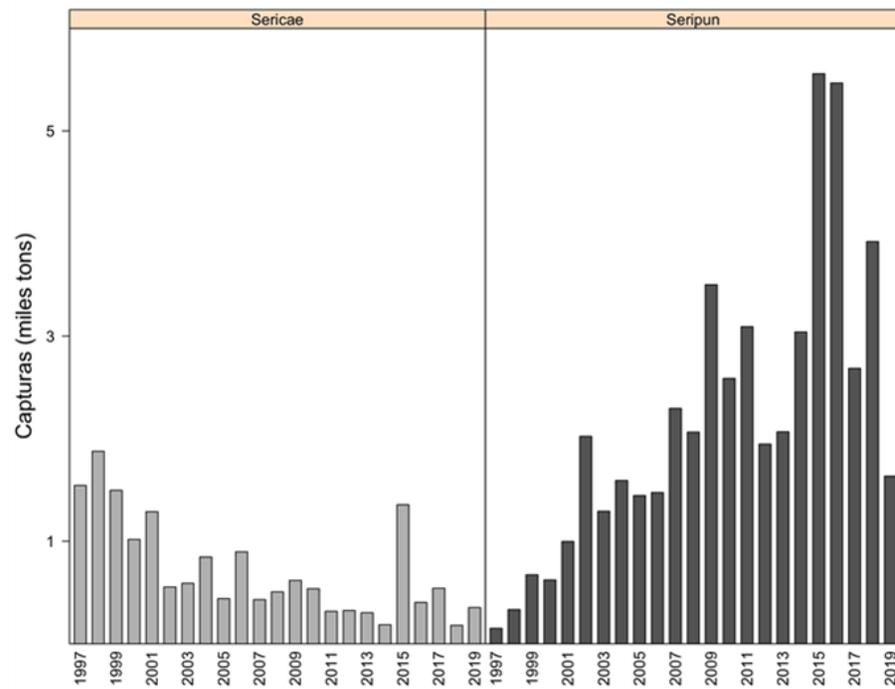


Figura 26. Capturas anuales (toneladas) de cojinoba del sur (izquierda) y cojinoba moteada (derecha) de 1997 a 2017. Fuente: SubPesca.

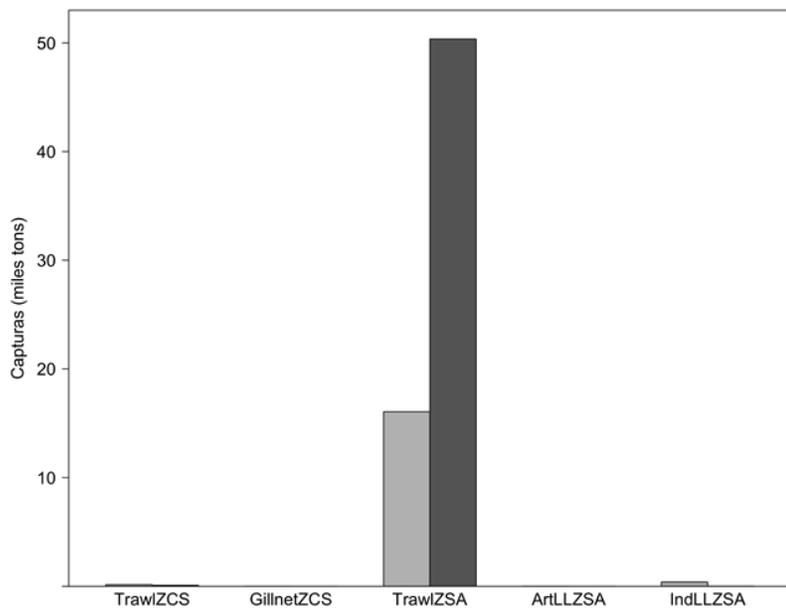


Figura 27. Capturas anuales (miles de toneladas; 1997-2019) de cojinoba del sur (barra gris claro) y cojinoba moteada (barra gris oscuro), según arte de pesca y macrozona.

Latitudinalmente, la captura acumulada de cojinoba del sur en el período 1997-2019 revela que la XII Región es la principal zona de desembarque (56% de las capturas), principalmente debido a la flota de arrastre y palangre industrial de la Zona Sur Austral, seguido de la XI Región (28%, flota de arrastre) y la X Región (16%, flota de arrastre) (Fig. 28). En el caso de cojinoba moteada, también la XII Región es la principal zona de desembarque. Los registros de captura de cojinoba del sur ocurren desde 1997 en la flota de arrastre de la zona centro-sur; arrastre y palangre de la zona sur-austral, desde 2007 en el caso de la flota artesanal de espinel de la zona centro-sur, y desde 2009 en el caso de la flota artesanal de espinel de la zona sur-austral (Fig. 29).

En el caso de cojinoba moteada, los primeros registros de captura ocurren desde 1997 en la flota de arrastre y palangre de la zona sur austral. En las flotas artesanales (de la zona centro-sur y de la zona sur-austral) se ha encontrado ocasionalmente de 2009 a 2017 (Fig. 30). Las capturas de cojinoba del sur en la flota de arrastre de la zona sur-austral muestran tendencia decreciente desde 1998 hasta 2019, destacando el año 2015, con una captura excepcional en el período tanto en la XI Región como en la XII Región (Fig. 31).

En el caso de cojinoba moteada, en todas las tres Regiones analizadas, las capturas muestran una tendencia creciente desde 1997 hasta 2014-2015; de 2015 a 2019 las capturas totales disminuyen (Fig. 32).

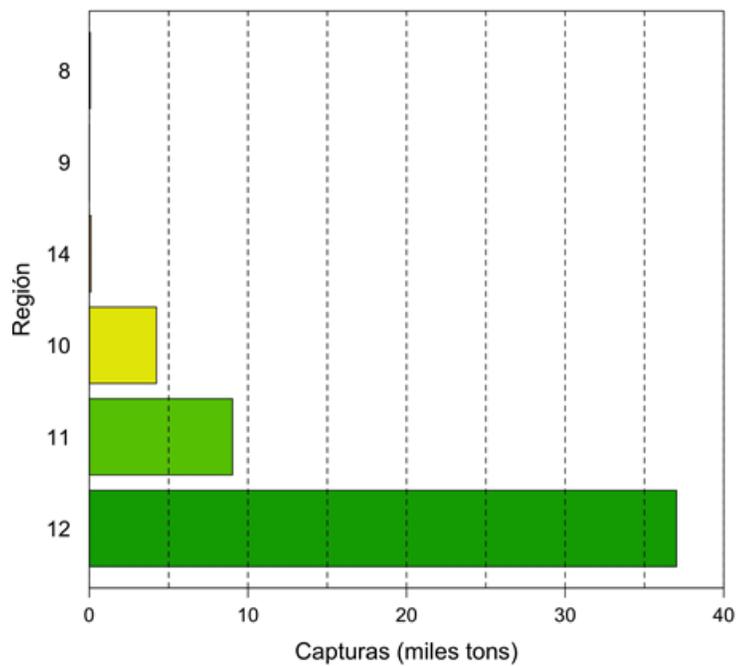
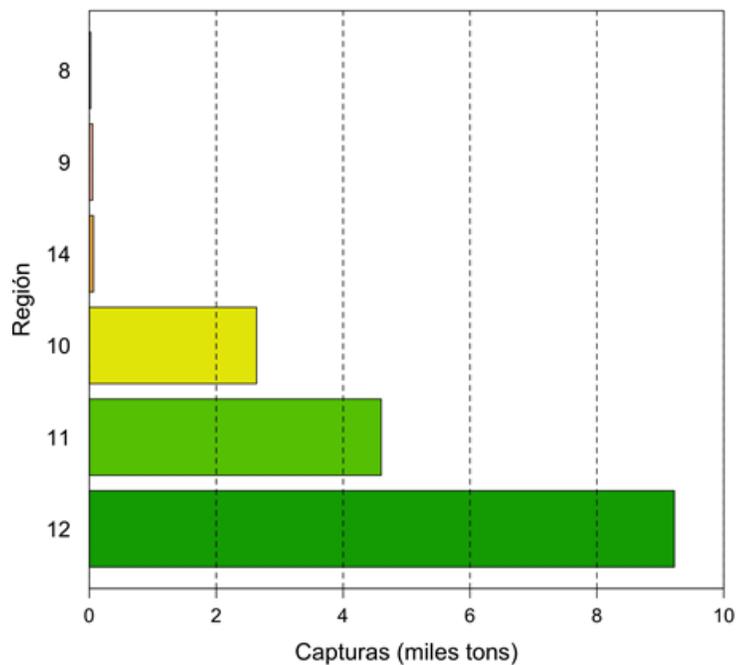


Figura 28. Capturas acumuladas (miles de toneladas; 1997 a 2019) de cojinoba del sur (arriba) y cojinoba moteada (abajo), según Región administrativa.

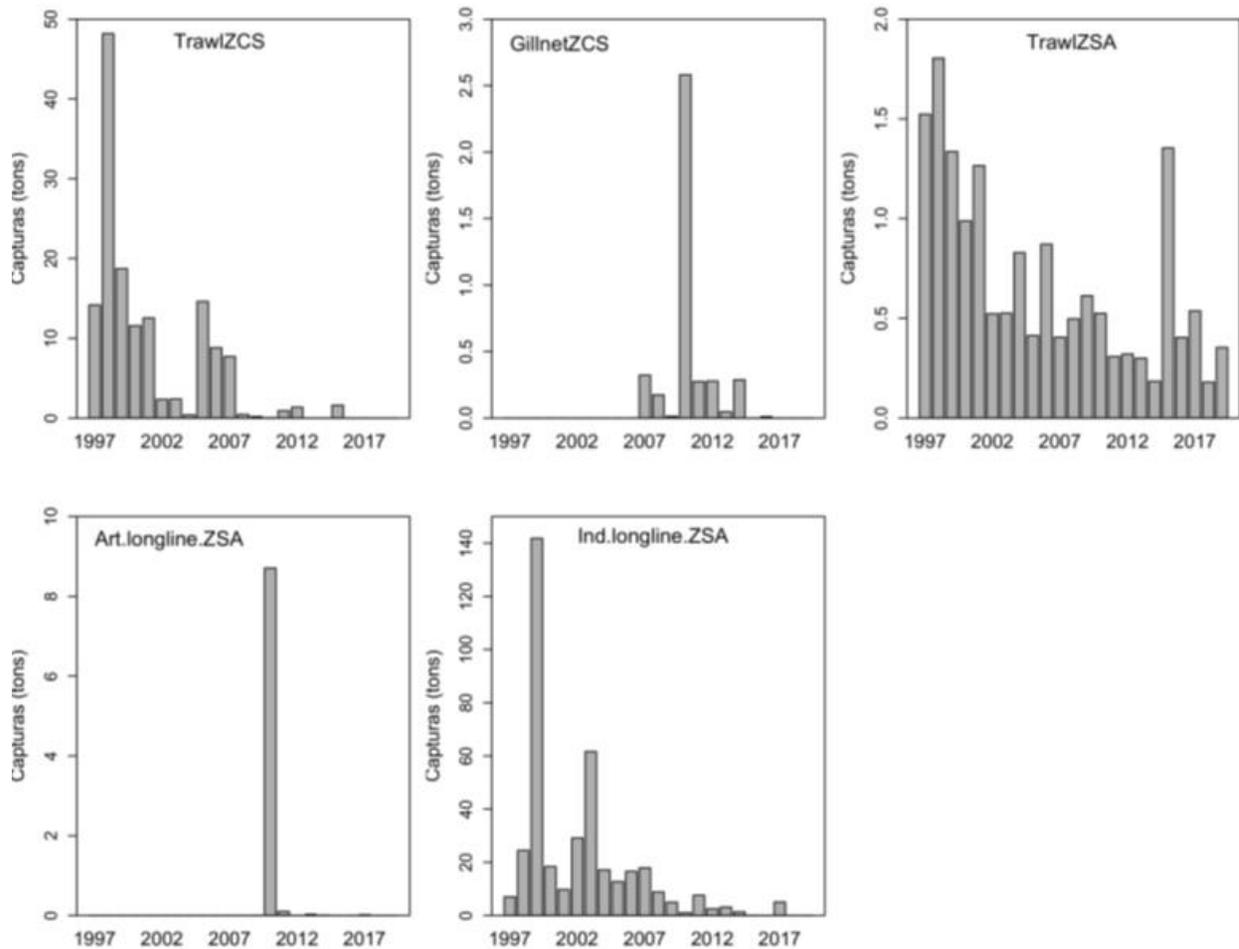


Figura 29. Capturas anuales de cojinoba del sur de 1997 a 2019, según arte de pesca y zona. Nota: las escalas son expresamente desiguales para destacar la magnitud de las capturas por flota.

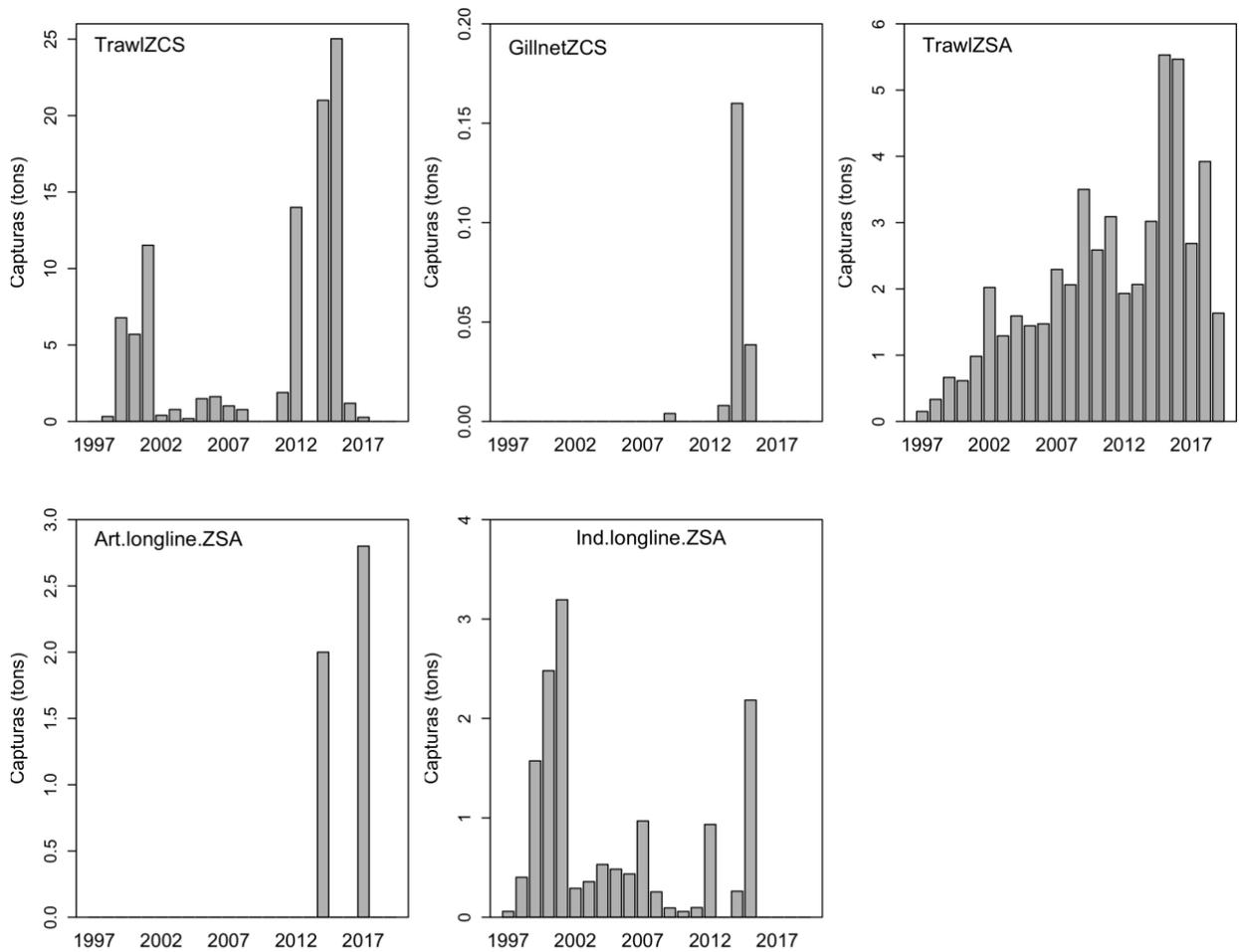


Figura 30. Capturas anuales de cojinoba moteada de 1997 a 2019, según arte de pesca y zona. Nota: las escalas son expresamente desiguales para destacar la magnitud de las capturas por flota.

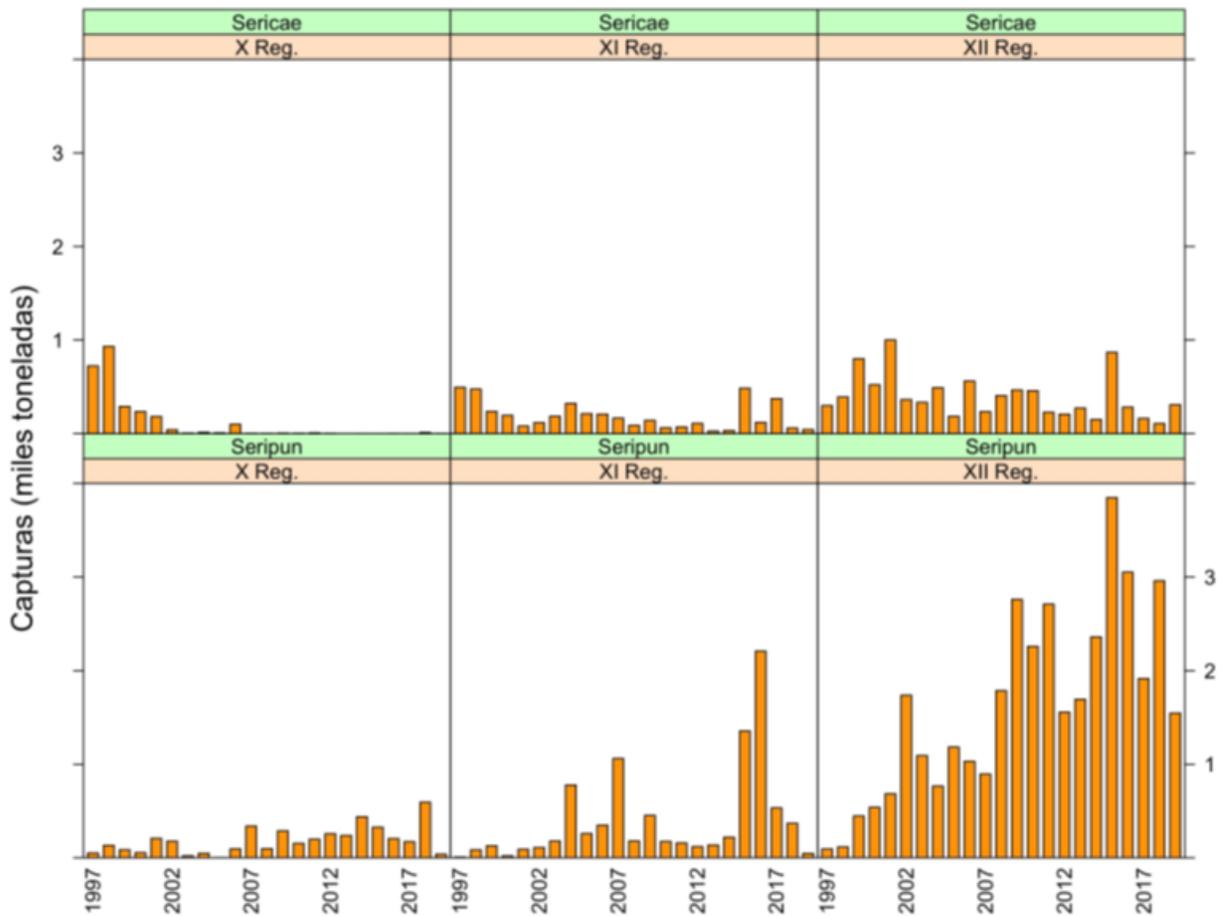


Figura 31. Capturas anuales de cojinoba del sur (arriba) y cojinoba moteada (abajo) por flota de arrastre de la zona sur-austral en las Regiones X, XI y XII de 1997 a 2019.

En la escala mensual de 1997 a 2003, las capturas de cojinoba del sur se realizaban casi todo el año con dos máximos en abril y en octubre-noviembre (Fig. 32). De 2004 a 2009 las capturas tendieron a concentrarse en el segundo semestre, aunque en la última década las capturas de cojinoba del sur de marzo/abril a noviembre. En el caso de cojinoba moteada, desde 2010 las capturas ocurrieron de marzo a diciembre con máximos en abril/mayo y en octubre-noviembre, siendo la excepción el año 2017 (Fig. 33).

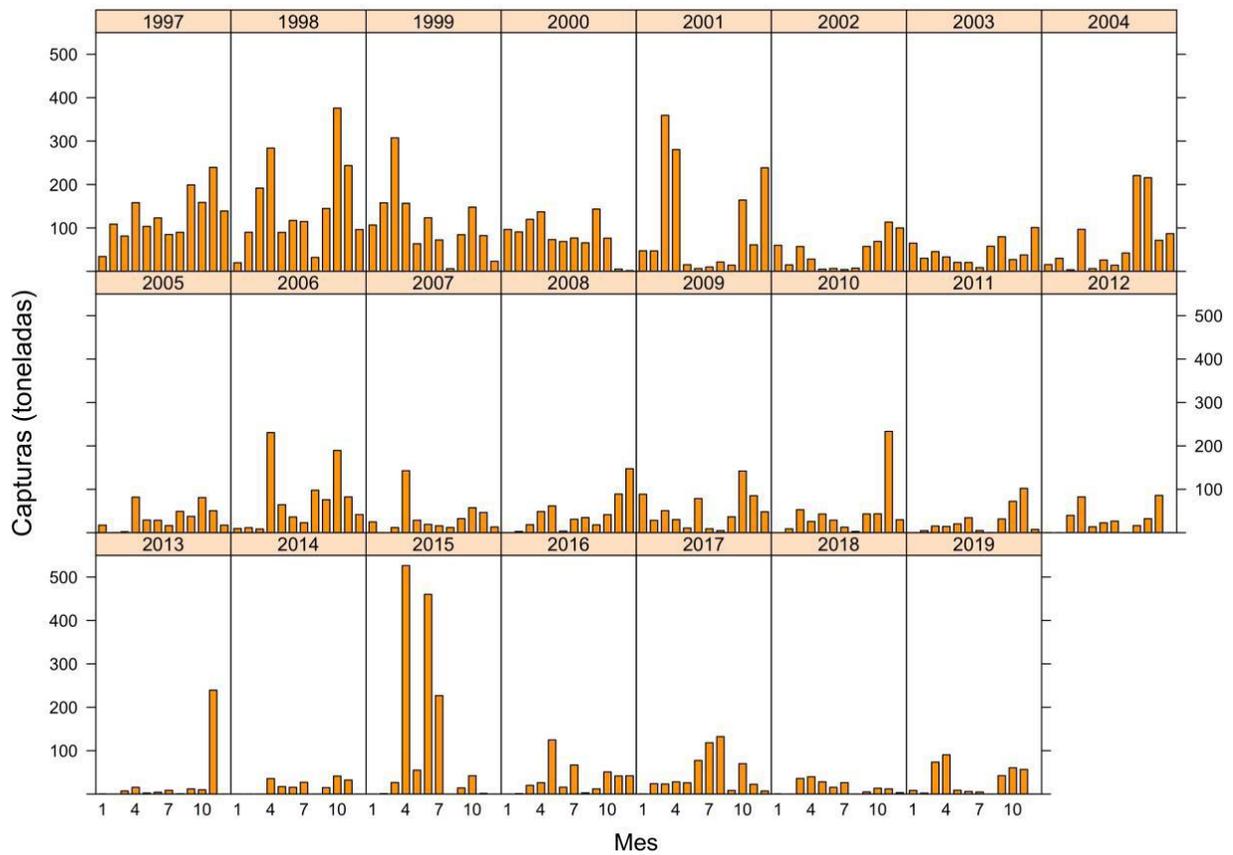


Figura 32. Capturas mensuales de cojinoba del sur en la flota de arrastre de la zona sur-austral de 1997 a 2019.

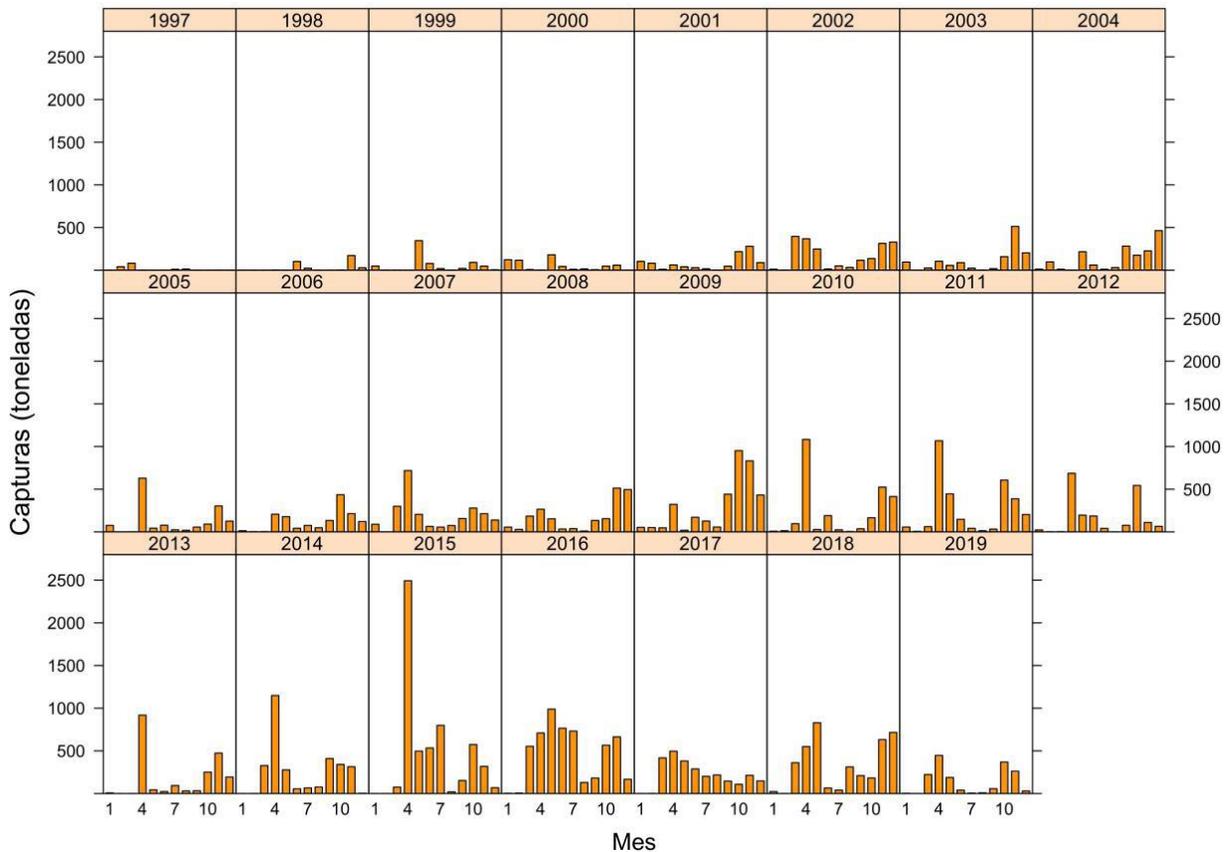


Figura 33. Capturas mensuales de cojinoba moteada en la flota de arrastre de la zona sur-austral de 1997 a 2019.

La distribución espacial de las capturas de cojinoba del sur se extiende desde 33°00'S hasta 56°58'S, y hasta 78°00'W en su parte más oceánica, destacando la presencia de tres zonas, a saber: una de 40°S a 44°30'S (frente a la Isla de Chiloé, índice de concentración: 0,78); otra de 44°40'S a 46°30'S (Península de Taitao; índice de concentración: 0,86) y la última de 46°30'S a 54°S (índice de concentración: 0,70) (Fig. 34). La distribución de las capturas de cojinoba moteada es similar a las de cojinoba del sur, diferenciándose en la magnitud, con índices de concentración de 0,80; 0,88; y, 0,77 en cada una de las mismas tres zonas, respectivamente.

En el caso de las capturas de cojinoba del sur por la flota de arrastre de la zona centro sur, aquellas se localizaron de 33°S a 45°10' con magnitudes inferiores a 5 toneladas (t) por celda, y unos pocos sectores donde se encontró 5 a 10 t/celda y 30 a 50 t/celda como valor máximo observado. En el caso de la flota de espinel de la zona centro-sur, las capturas observadas ocurrieron en un estrecho rango latitudinal centrado en 35°S, y unas pocas celdas (probablemente con solo uno o dos lances de pesca) en 36°40'S y 40°30'S (Fig. 35).

En el caso de la flota de palangre de la zona sur-austral, las capturas acumuladas por celda de cojinoba del sur ocurrieron entre 42°S y 56°S, con una zona de mayor concentración entre 45° y 50°S (Fig. 36). Finalmente, en el caso de la flota de espinel artesanal de la zona sur-austral, no es posible mostrar la distribución espacial de las capturas debido a que la información disponible no contiene registros de posición geográfica de los lances de pesca realizados. En el Anexo 2 se presenta la distribución espacial de las capturas acumuladas anuales de cojinoba del sur de 1997 a 2019.

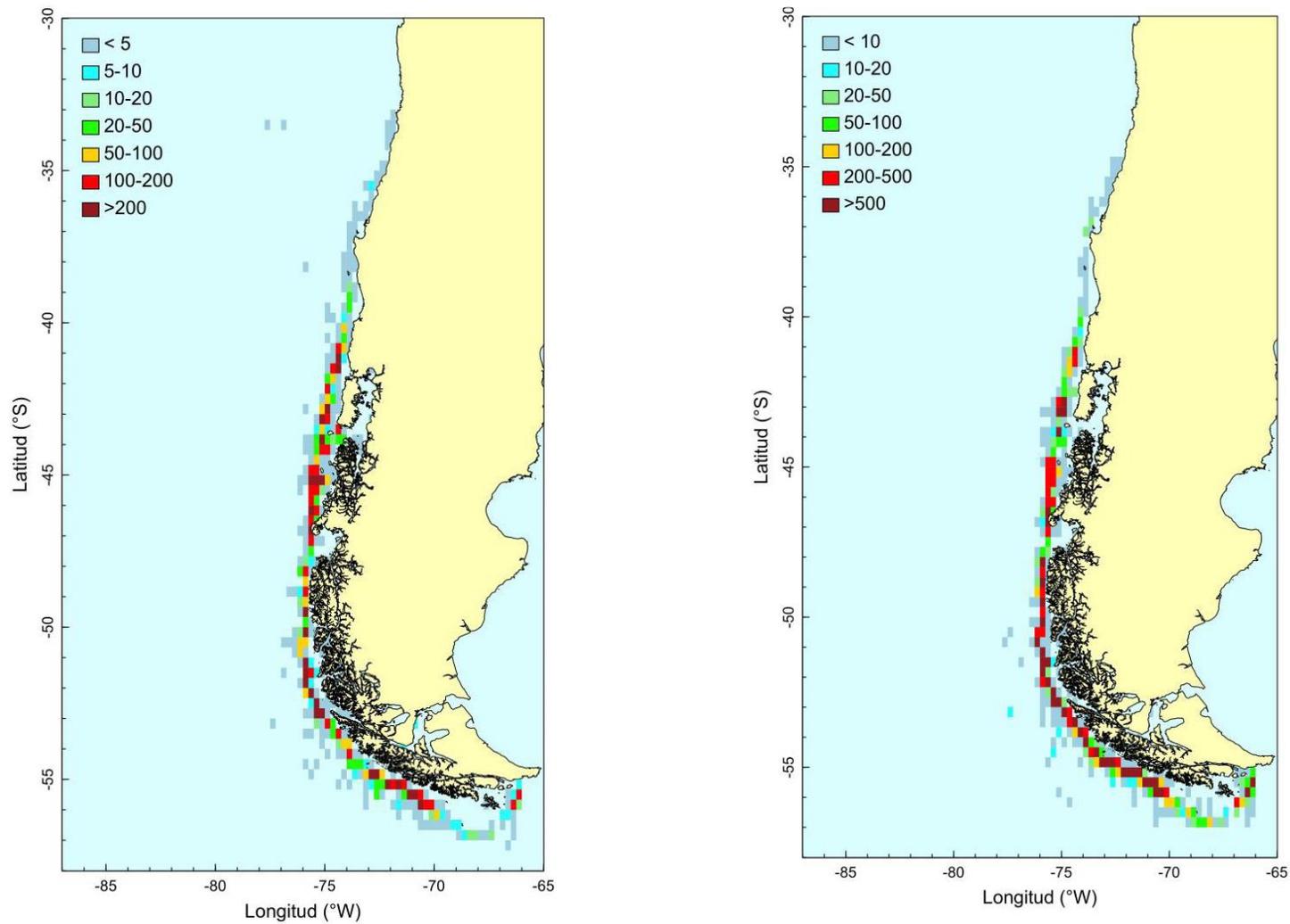


Figura 34. Distribución espacial de la captura acumulada (toneladas) de *S. caerulea* (izquierda) y *S. punctata* (derecha) acumulada por celda de 1 mn de longitud y 20mn de latitud. Período: 1997 a 2019.

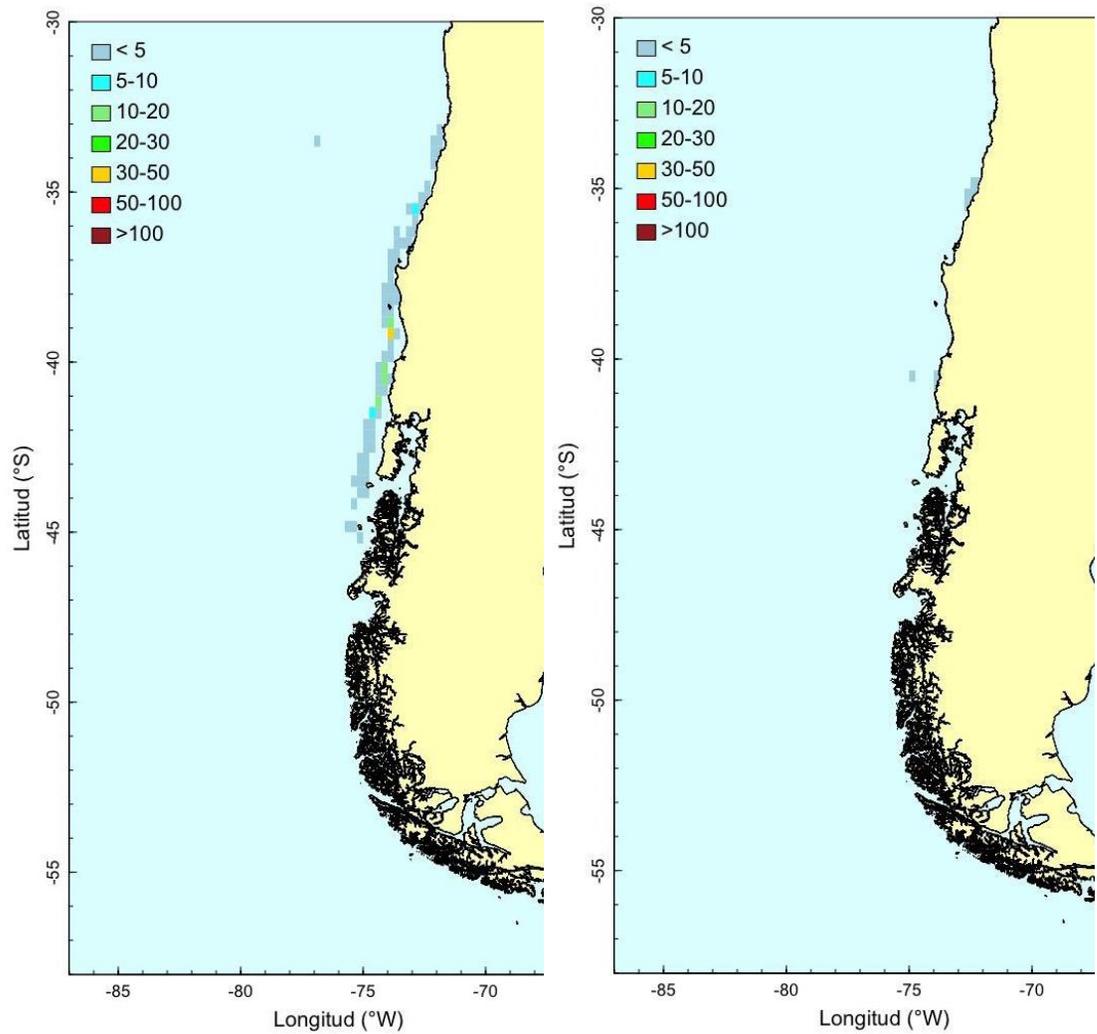


Figura 35. Distribución espacial de la captura acumulada (toneladas) de *S. caerulea* en la flota de arrastre centro-sur (izquierda) y espinel/enmalle centro-sur (derecha). Período: 1997 a 2019.

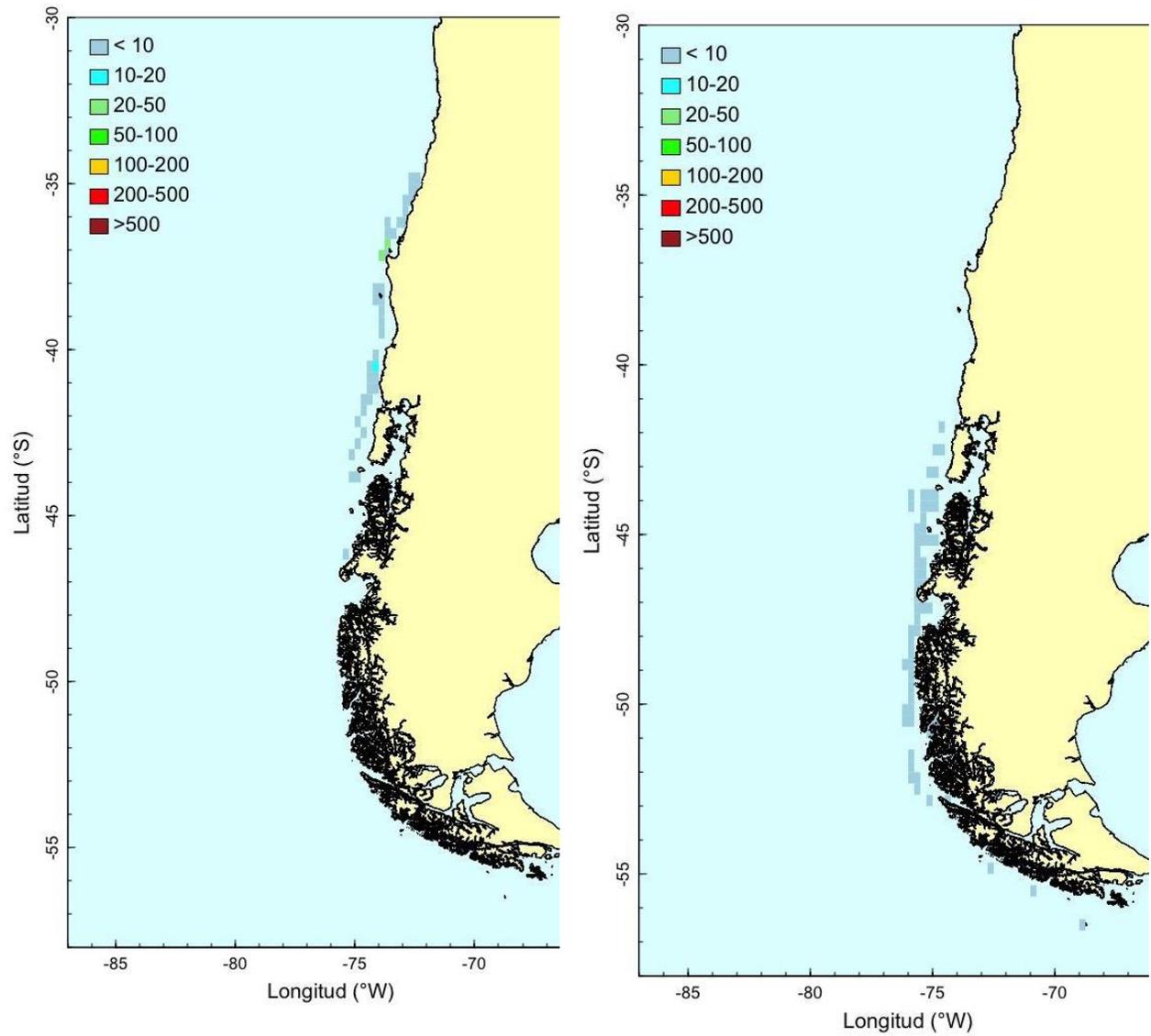


Figura 36. Distribución espacial de la captura acumulada (toneladas) de *S. punctata* en la flota de arrastre centro-sur (izquierda) y espinel sur-austral (derecha). Período: 1997 a 2019.

5.2.5. Distribución espacial de parámetros biológicos

La fracción promedio de hembras en las capturas de cojinoba del sur es cercana a 50% con amplia distribución espacial; solo entre la Boca del Guafo y en la Península de Taitao se registra mayor presencia de hembras (60% a 70%) y frente a 55°S (Fig. 37). En el caso de la cojinoba moteada, la fracción promedio de hembras en las capturas es cercana a 57%, con amplia dispersión espacial, aunque no se revela un área de mayor concentración de hembras.

En general, la fracción de juveniles en las capturas de cojinoba del sur es menor a 30% al norte de la Península de Taitao, mientras que al sur de aquella es entre 30% y 50%. La fracción de juveniles superior a 80% es escasa (Fig. 38). En el caso de cojinoba moteada, la fracción de juveniles es inferior a 25% en toda su área de distribución; solo en 51°S se encontró una fracción de juveniles de cojinoba moteada entre 40% y 50%.

La distribución espacial de la longitud total (LT, cm) promedio de cojinoba del sur en las capturas muestra que los ejemplares de mayor tamaño promedio (50 a 55 cm de LT) se encontraron al norte de la Península de Taitao, particularmente en la Boca del Guafo y la Península de Taitao. Al sur de la península, la LT promedio presenta mayor variabilidad (Fig. 39). En el caso de cojinoba moteada, la distribución espacial de la longitud promedio presenta menor variabilidad al norte de la boca oriental del Estrecho de Magallanes.

En el caso de la distribución espacial del peso total (PT, kg) promedio en las capturas (resultado adicional), los ejemplares de mayor peso promedio de cojinoba del sur se encontraron entre la Boca del Guafo y la Península de Taitao (peso promedio: 3,0 a 3,5 kg por pez). Entre la Península de Taitao y la boca oriental del Estrecho de Magallanes, el peso promedio ocurrió mayormente en el rango de 2,5 a 3,0 kg, disminuyendo hacia la zona más austral (rango: 1,0 a 2,0 kg) (Fig. 40). En el caso de la cojinoba moteada, la distribución espacial del peso promedio es similar a la de cojinoba del sur, esto es, con ejemplares de mayor peso (1,6 a 2,0 kg) entre la Boca del Guafo y la Península de Taitao, disminuyendo hacia la parte sur (rango: 1,0 a 1,4 kg)

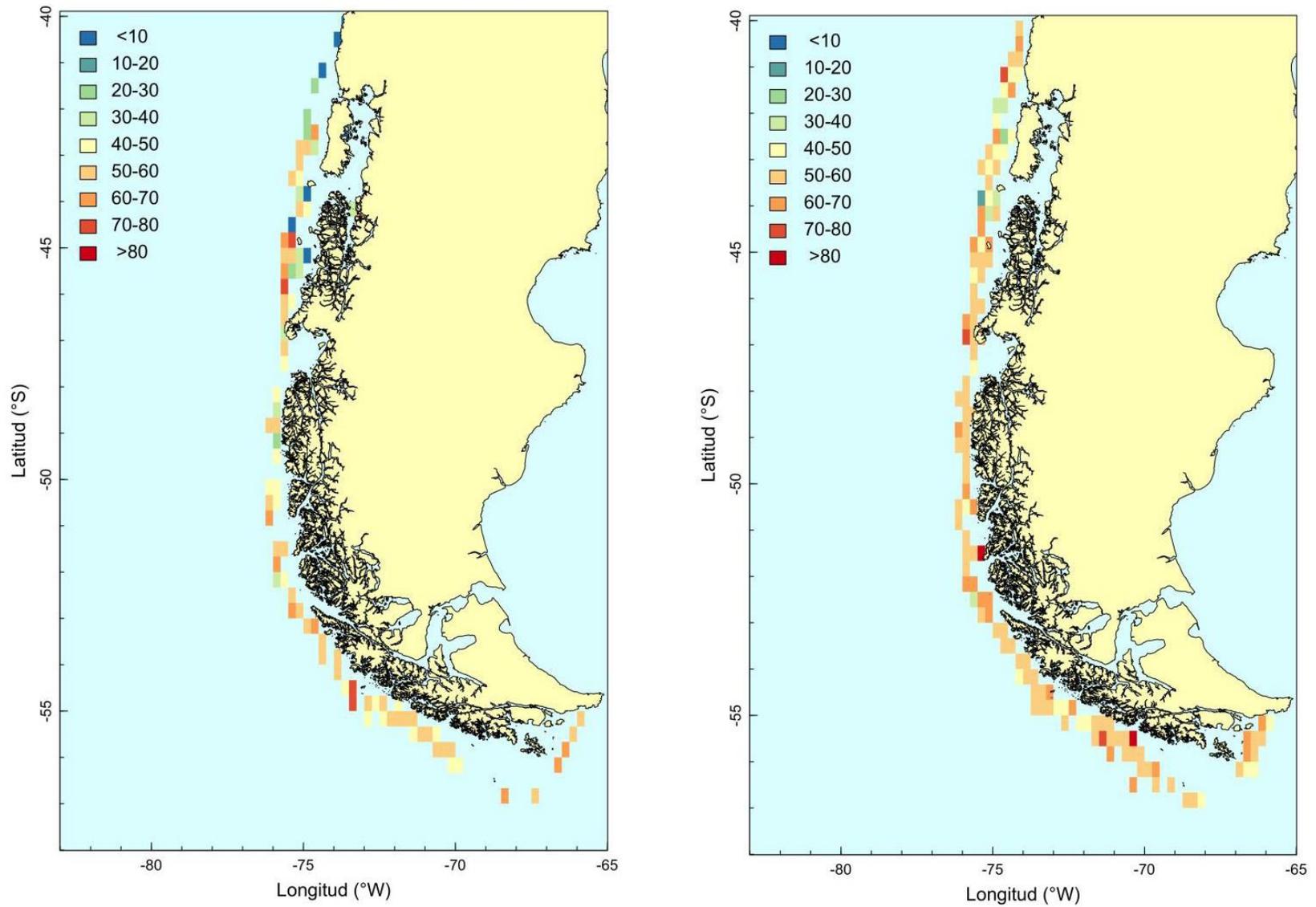


Figura 37. Distribución espacial de la proporción sexual (fracción de hembras) promedio (%) de *S. caerulea* (izquierda) y *S. punctata* (derecha) acumulada por celda de 15 mn de longitud y 20 mn de latitud. Período: 1997 a 2019.

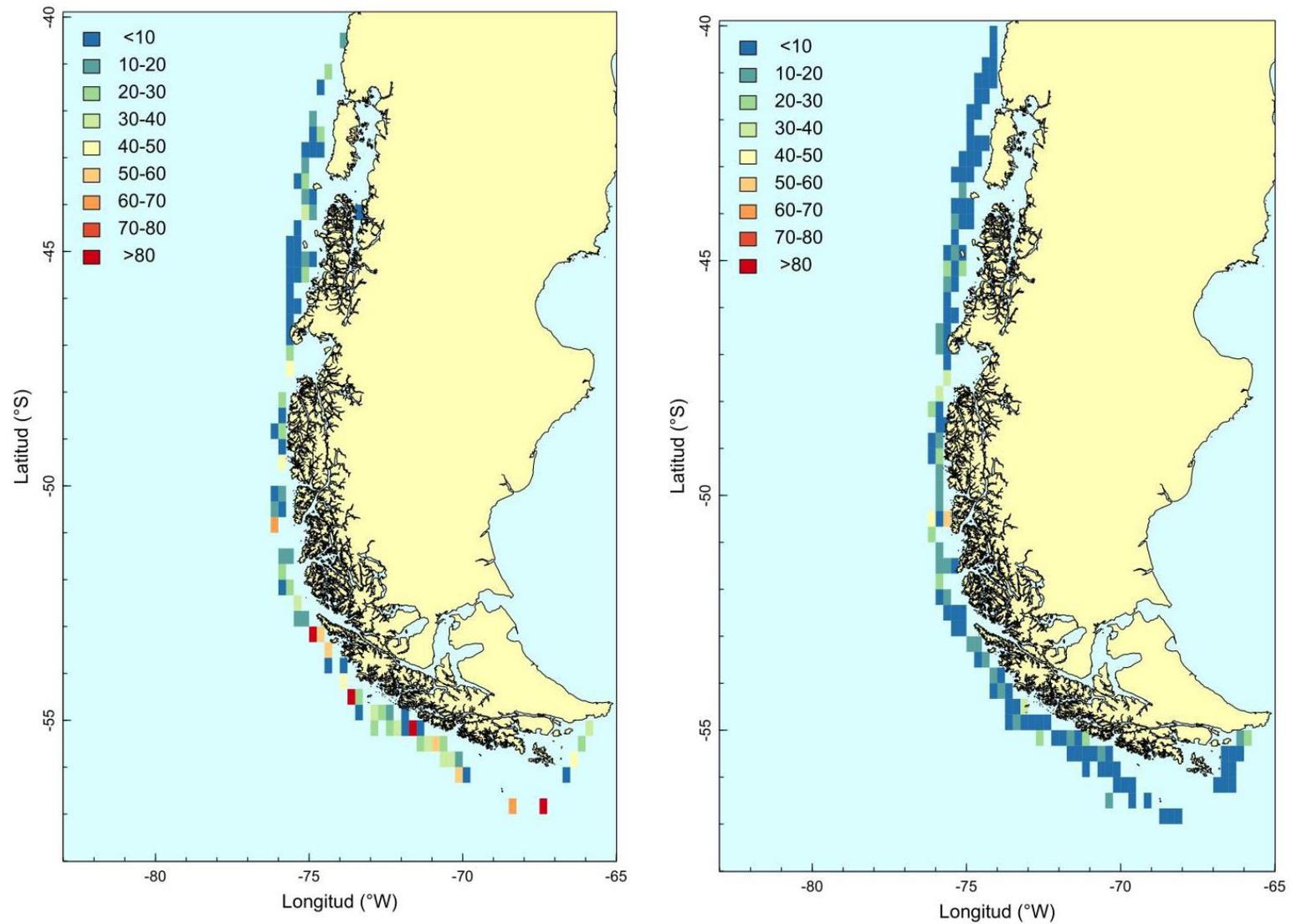


Figura 38. Distribución espacial de la fracción promedio (%) de juveniles de *S. caerulea* (izquierda) y *S. punctata* (derecha) acumulada por celda de 15 mn de longitud y 20 mn de latitud. Período: 1997 a 2019.

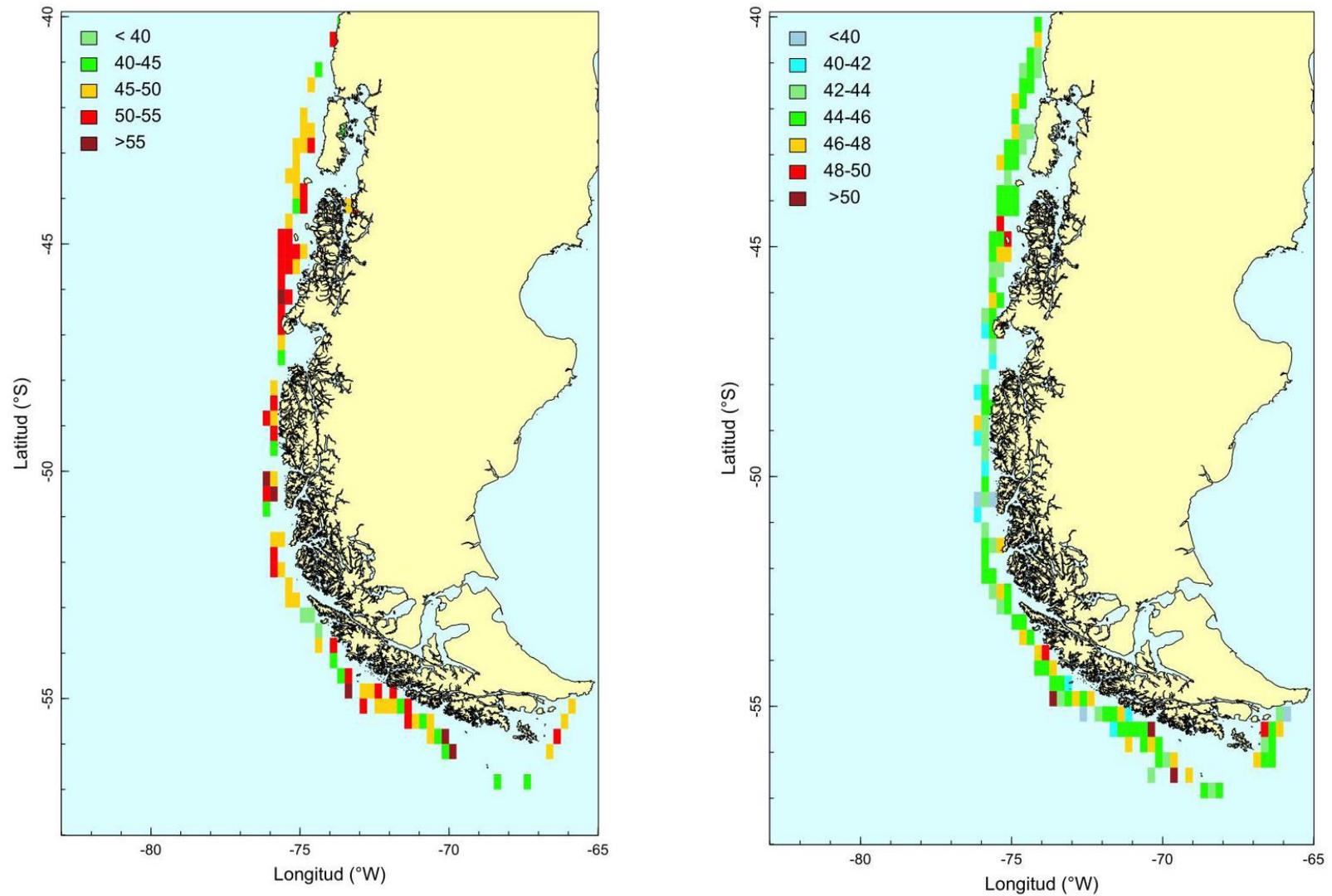


Figura 39. Distribución espacial de la longitud total (LT, cm) promedio de *S. caerulea* (izquierda) y *S. punctata* (derecha) acumulada por celda de 15 mn de longitud y 20 mn de latitud. Período: 1997 a 2019.

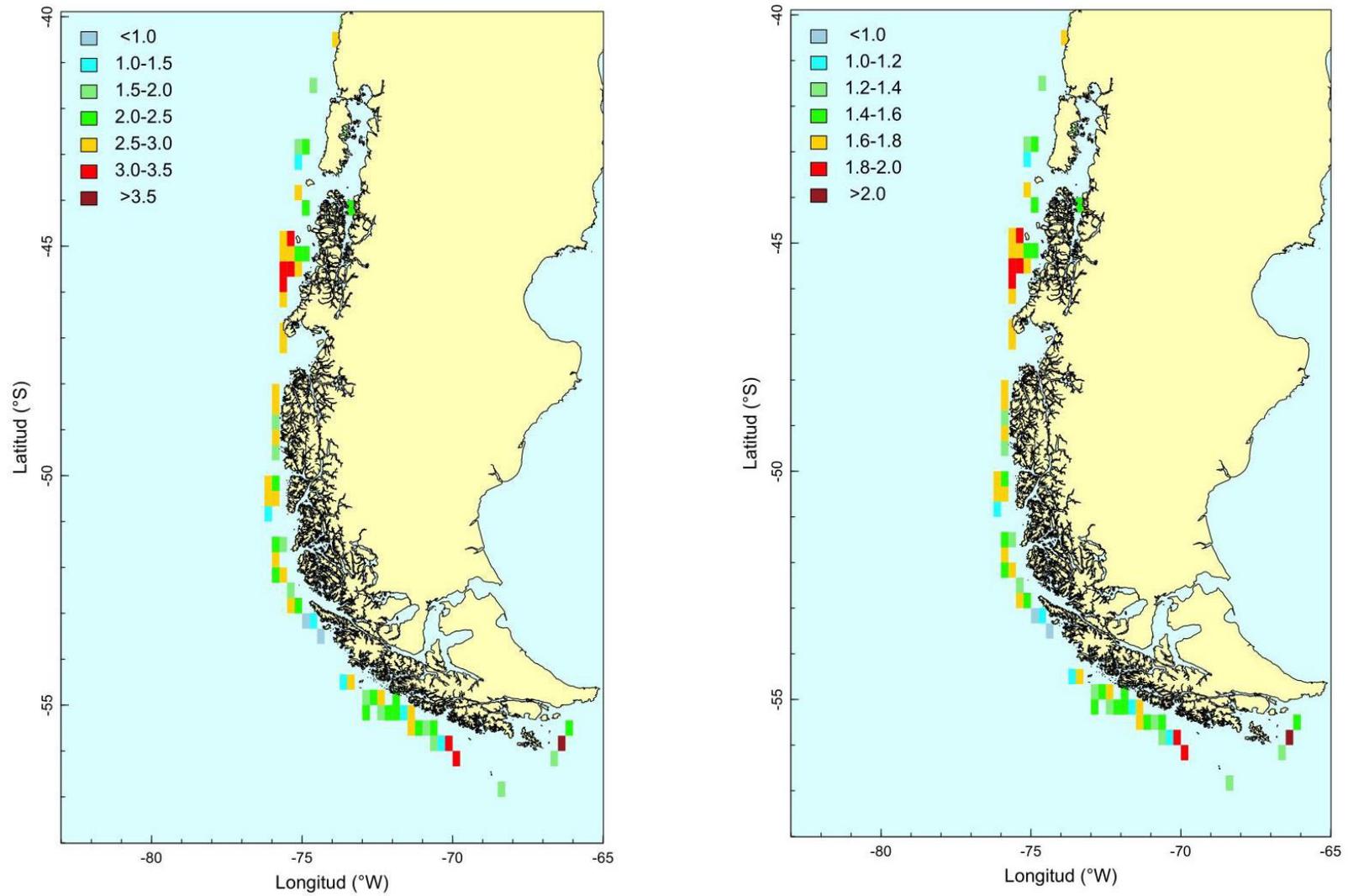


Figura 40. Distribución espacial del peso total (kg) promedio de *S. caerulea* (izquierda) y *S. punctata* (derecha) acumulada por celda de 15 mn de longitud y 20 mn de latitud. Período: 1997 a 2019.

5.3. Objetivo Específico 3

Determinar la estructura de tallas y edad, talla crítica y [talla] de primera captura, relación talla-peso, análisis del contenido estomacal, sexo y condición reproductiva de los ejemplares de cojinoba capturados.

5.3.1. Edad y crecimiento

5.3.1.1. Colecta de otolitos

Para análisis de otolitos se muestreó 535 individuos de *S. punctata*, cuyas longitudes estuvieron en el rango de 31 a 58 cm de LH. Los ejemplares muestreados de cojinoba moteada fueron capturados por los B/F Unisur y B/F Friosur 9 de la empresa Friosur, los que en 2019 operaron en la XI y la XII Regiones.

5.3.1.2. Análisis y medición de anillos de crecimiento anual

El análisis de la macroestructura de los otolitos contempló la revisión de 404 pares de otolitos sagittae de *S. punctata*; (153 machos con rango de LH de 32 a 54 cm; 187 hembras con rango de LH de 31 a 58 cm; y 64 individuos con sexo indeterminado). Los otolitos sagittae presentan forma oval alargada, claramente cóncavos en la cara externa, y convexos en la cara interna, con rugosidad presente en todo el borde. Como característica distintiva se observa el rostro notoriamente desarrollado, tal como indica la Fig. 7.

Posterior al periodo de hidratación de los otolitos (24 horas), los anillos hialinos se presentan claramente a partir de la segunda marca o anillo hialino, facilitando la asignación de la edad, incluso en individuos de más de 6 años. Las edades asignadas a los individuos de cojinoba moteada analizados son de 3 a 9 años. Los datos permiten ajustar la curva general de crecimiento de von Bertalanffy. Debido a la baja representación de individuos juveniles en la muestra, el parámetro t_0 de dicha ecuación fue fijado como $t_0=0$ (Fig. 41). Inicialmente el modelo de crecimiento fue

ajustado para machos y hembras por separado, aunque los ajustes no mostraron diferencias significativas entre las tasas de crecimiento de ambos sexos. Entonces se realizó el ajuste combinando las lecturas de edades de machos y hembras (Tabla 21). La talla media de los ejemplares de cojinoba en la muestra para análisis de otolitos fue 43,3 cm de LH, siendo los individuos de tallas extremas los menos representados, esto es, ≤ 35 cm de LH (15 ejemplares) y ≥ 55 cm de LH (3 ejemplares). En la Tabla 21 se presenta también los parámetros reportados por Chong y Aguayo (1994) para cojinoba del sur (*S. caerulea*).

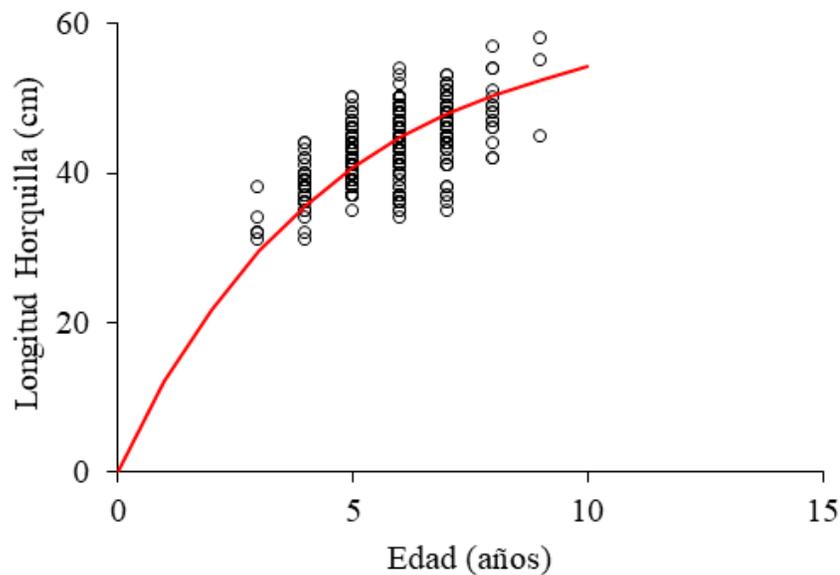


Figura 41. Longitud horquilla (cm) a la edad (años) en *S. punctata* (n=404) a partir de análisis de anillos de crecimiento anual en otolitos *sagittae*.

Tabla 21. Parámetros de crecimiento individual de la ecuación de von Bertalanffy para cojinobas. Modelo para *S. caerulea* tomado de Chong & Aguayo (1994). Para *S. punctata* (este estudio) se aplica modelo libre y modelo con restricciones fijando $t_0=0$ años y $L_\infty=61$ cm de LH (el individuo más grande corresponde al 95% de L_∞).

Autor	Año	Especie	Parámetro	Machos	Hembras	Ambos sexos
Chong & Aguayo	1994	<i>S. caerulea</i>	L_∞ (cm)	58,2 ± 1,29	60,4 ± 2,18	59,8
			K (año ⁻¹)	0,26 ± 0,02	0,25 ± 0,02	0,253
			t_0 (años)	-0,22 ± 0,07	-0,098 ± 0,09	-0,149
Este estudio	2020	<i>S. punctata</i>	L_∞ (cm)	48,8 ± 4,5	81,6 ± 65,7	59,1 ± 12,53
			K (año ⁻¹)	0,28 ± 0,2	0,06 ± 0,11	0,14 ± 0,1
			t_0 (años)	-2,05 ± 3,2	-6,33 ± 6,48	-3,7 ± 3,2
Este estudio	2020	<i>S. punctata</i>	L_∞ (cm)	56	61	61
			K (año ⁻¹)	0,219 ± 0,003	0,228 ± 0,003	0,222 ± 0,002
			t_0 (años)	0	0	0

5.3.1.3. Construcción de las claves talla-edad

Con la edad asignada a los individuos de *S. punctata* mediante lectura de anillos anuales en los otolitos sagittae se procedió a construir tres claves talla-edad, a saber: en la primera se agrupó a todos los individuos analizados (machos, hembras e inmaduros; Tabla 22); en la segunda clave se incluye a hembras (Tabla 23); y, en la tercera clave se incluye a machos (Tabla 24). Las claves talla-edad son un componente crítico de los métodos usados para estimar la edad en las capturas. Entonces, cuando se construye una clave talla edad, el intervalo de tiempo utilizado para la colecta de los ejemplares debe ser, al menos, trimestral y cubrir el mayor rango de tallas posible. Para evaluar la bondad de cada una de las claves talla-edad, se calculó la diferencia del incremento en longitud del pez para cada edad, según:

$$\Delta_{(L_{t+1}, L_t)} = \frac{L_{t+1} - L_t}{L_t}$$

donde: $\Delta_{(L_{t+1}, L_t)}$ corresponde al incremento en longitud al año t ; L_t corresponde a la longitud al año t .

Adicionalmente a la determinación del incremento en longitud a edades sucesivas en las claves talla-edad, se calculó el incremento en longitud a la edad según los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy determinadas en el presente trabajo. De las tres claves talla edad (ambos sexos, hembras y machos), el análisis del incremento en longitud a edades sucesivas muestra que la clave talla-edad para sexos combinados (Fig. 42) es la más consistente, esto es, por sobre aquellas para hembras y para machos, separadamente (Figs. 43 y 44). Se confirma que los grupos de edad extremos (edades 3 y 8) aquellos que no se sobreponen con la curva de referencia utilizada para la comparación, lo que se debe a la baja representatividad de los ejemplares analizados en esos grupos de edad ($n=3$ y $n=4$, respectivamente).

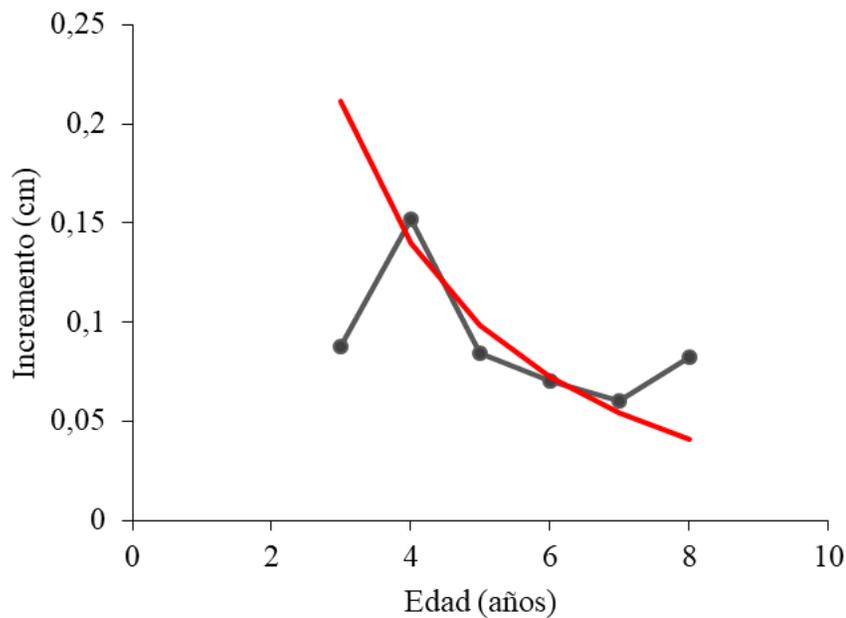


Figura 42. Diferencia del incremento en longitud a edades sucesivas para sexos combinados de cojinoba moteada; línea roja: del modelo con restricciones; línea gris: de clave talla-edad (presente estudio).

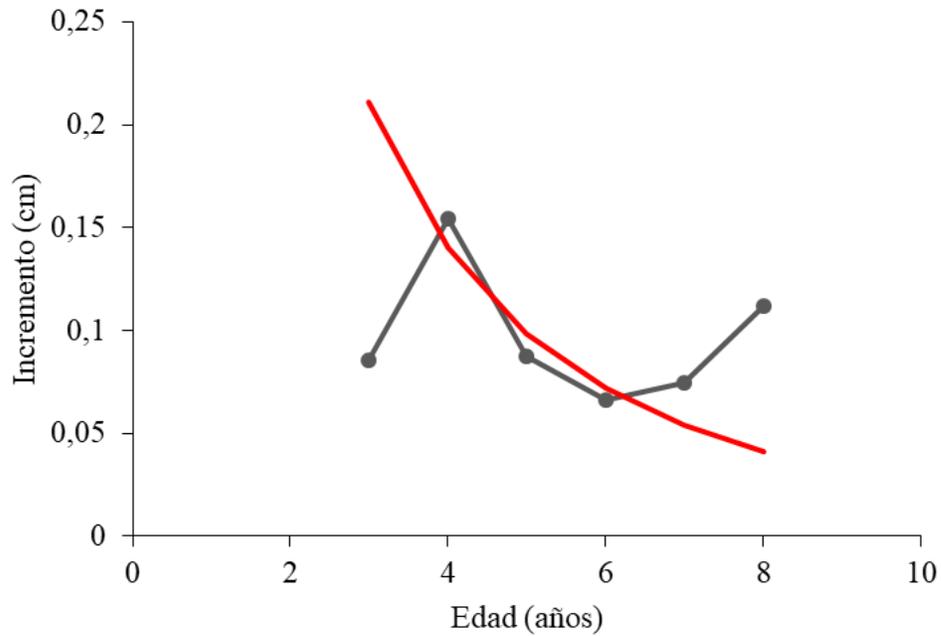


Figura 43. Diferencia del incremento en longitud a edades sucesivas para hembras de cojinoba moteada; línea roja: del modelo con restricciones; línea gris: de clave talla-edad (presente estudio).

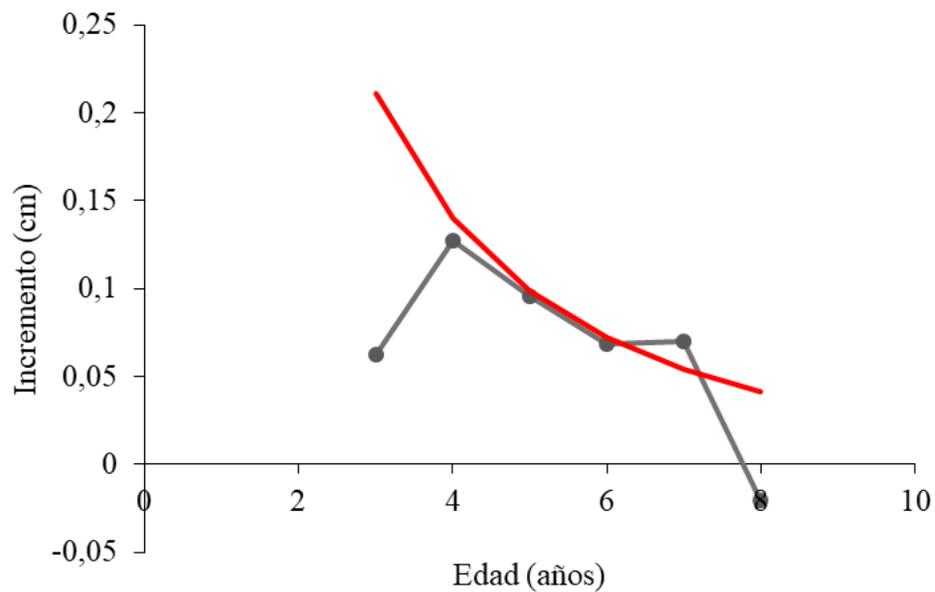


Figura 44. Diferencia del incremento en longitud a edades sucesivas para machos de cojinoba moteada; línea roja: del modelo con restricciones; línea gris: de clave talla-edad (presente estudio).

Tabla 22. Distribución de frecuencia de longitud horquilla (LH en cm) a la edad (en años) para sexos combinados de cojinoba moteada (n=404).

LH	3	4	5	6	7	8	9	Total
31	1	1						2
32	2	2						4
33								0
34		1	2					3
35		2	4					6
36		2	9	1				12
37			16	4				20
38			15	9	1			25
39		1	6	5	1			13
40			8	14	3			25
41			3	21	5			29
42			7	22	11			39
43			8	13	9			30
44			7	15	10			32
45			3	12	13	4		32
46			2	15	9	3		29
47				8	9	7	1	25
48			2	5	7	7		21
49				3	11	9		23
50			1	5	7	4		17
51					1	1	1	3
52					2	2		4
53				1	2			3
54						3		3
55							1	1
56								0
57						1		1
58							1	1
Total	3	9	93	152	101	41	4	404
%	0,7	2,2	23,1	37,7	25,1	10,2	1,0	100

Tabla 23. Distribución de frecuencia de longitud horquilla (LH en cm) a la edad (en años) para hembras de cojinoba moteada (n=187).

LH	3	4	5	6	7	8	9	Total
31	1	1						2
32	1	1						2
33								0
34		1						1
35		1	1					2
36			4					4
37			4	2				6
38			8	1	1			10
39		1	4	3	1			9
40			5	8	2			15
41			1	9	3			13
42			2	15	5			22
43			2	8	3			13
44			2	6	4			12
45				2	3	2		7
46			1	5	2	1		9
47				1	5	5		11
48				2	3	4		9
49				3	5	6		14
50			1	2	5	4		12
51					1	1	1	3
52					1	2		3
53				1	2			3
54						2		2
55							1	1
56								0
57						1		1
58							1	1
Total	2	5	35	68	46	28	3	187
%	1,1	2,7	18,7	36,4	24,6	15,0	1,6	100

Tabla 24. Distribución de frecuencia de longitud horquilla (LH en cm) a la edad (en años) para machos de cojinoba moteada (n=153).

LH	3	4	5	6	7	8	9	Total
31								0
32	1	1						2
33								0
34			2					2
35			3					3
36		1	5	1				7
37			12	2				14
38			7	8				15
39			2	2				4
40			1	5	1			7
41			1	11	2			14
42			4	5	6			15
43			2	5	5			12
44			2	6	3			11
45				4	8	2		14
46			1	5	4			10
47				4	2	2	1	9
48				1	2	2		5
49					5	2		7
50					1			1
51								0
52								0
53								0
54						1		1
55								0
56								0
57								0
58								0
Total	1	2	42	59	39	9	1	153
%	0,7	1,3	27,5	38,6	25,5	5,9	0,7	100

5.3.1.4. Análisis y lectura de anillos de crecimiento diario en otolitos seccionados

- **Análisis de la microestructura de los otolitos**

El otolito de cojinoba, como estructura ósea, representa un desafío cuando se trata de analizarlo microscópicamente, en particular cuando no se dispone de especímenes juveniles tempranos (menores a 1 año de edad). En el presente estudio, los otolitos analizados presentaron forma cóncava, los que es típico en otolitos de especímenes adultos, lo que dificultó el pulido. Además, el otolito de *S. caerulea* es frágil a la manipulación, comparado con otolitos de peces demersales como merluza común (*Merluccius gayi*). Sin embargo, en los otolitos de cojinoba moteada seccionados se observa la presencia de microincrementos, principalmente en la sección sagital (Fig. 45), desde el centro hasta el borde post-rostral. Respecto a la sección longitudinal (Fig. 46), se observa microincrementos solamente en las zonas de los extremos del otolito, esto es, borde del rostro y borde del post-rostro, lo que corresponde a material calcáreo que ha precipitado más recientemente en el otolito. En este tipo de sección no es posible identificar la zona central del otolito; por lo tanto, no se recomienda la utilización del plano longitudinal para la cuantificación de microincrementos. En la sección transversal (Fig. 47) se observa claramente el centro del otolito sagittae, así como las zonas extremas del otolito (dorsal y ventral). La sección transversal es útil para la medición de distancias entre microincrementos y también para distancias entre cada microincremento y el núcleo del otolito.



Figura 45. Sección sagital en un otolito sagittae de cojinoba moteada para observación de la microestructura. La flecha roja indica el centro del otolito (aumento 4X).



Figura 46. Sección longitudinal en otolito sagittae de cojinoba moteada para la observación de la microestructura (aumento 4X).

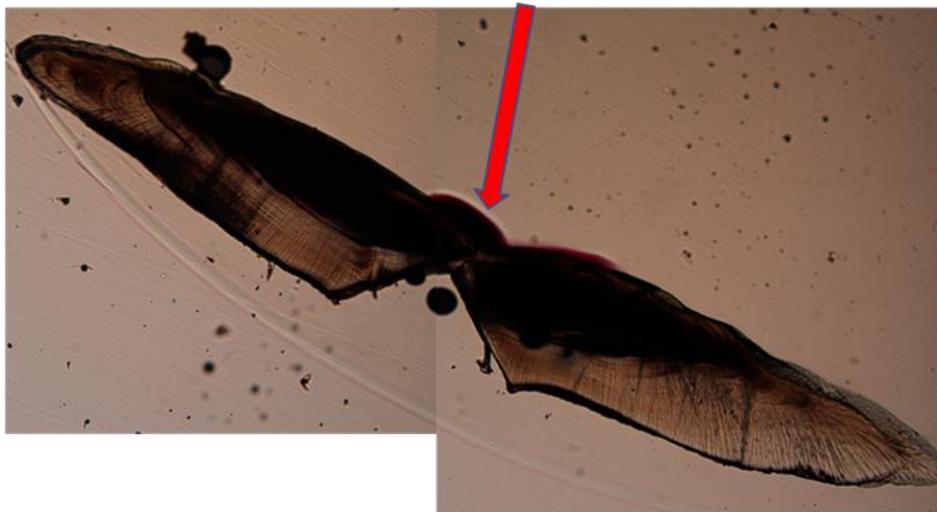


Figura 47. Sección transversal en un otolito sagittae de cojinoba moteada para observación de la microestructura La flecha roja indica el centro del otolito (aumento 4X).

- **Identificación y lectura de microincrementos**

Debido a que no existen trabajos de validación que permitan determinar si los microincrementos observados en los otolitos de cojinoba moteada son de naturaleza diaria, en el presente trabajo nos referimos a microincrementos, procediendo a determinar el número de marcas observadas, sin asociarlas a una edad determinada (en días). Para la identificación y conteo de los microincrementos se utilizó únicamente las muestras de secciones sagitales del otolito, ya que solo en este tipo de sección es posible observar microincrementos tanto en el centro como en los bordes y en las zonas intermedias del otolito sagittae (Fig. 48).



Figura 48. Sección sagital de otolito sagittae de cojinoba de 33 cm de LH (aumento 20X).

Cuando se analiza el número de microincrementos en los otolitos es imposible identificarlos todos por la buena calidad del corte sagital. Las observaciones directas en el microscopio óptico permiten contabilizar (de corrido) secuencias de hasta 150 microincrementos (observación máxima: de 387 microincrementos). Con el analizador de imágenes Image-Pro Plus se identifica secuencias de hasta 62 microincrementos (Fig. 49), lo que es menor que con las observaciones directas en el microscopio óptico. Entonces, además de utilizar secciones sagitales de otolitos *sagittae*, se recomienda que las observaciones de los microincrementos sean realizadas directamente bajo un microscopio óptico adecuado, permitiendo enfocar de más eficientemente la muestra con el micrométrico.

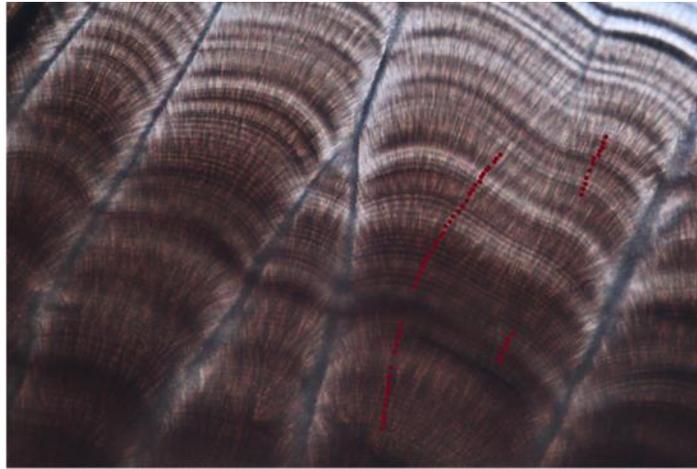


Figura 49. Identificación de microincrementos usando analizador de imágenes Image-Pro Plus. Cada punto rojo corresponde a un microincremento (aumento 40X)

5.3.2. Tamaño de muestra para la composición de tallas

Para estimar el tamaño mínimo de muestra para caracterizar la composición de tamaños en las capturas se utilizó información histórica como muestra piloto. Al respecto, se determinó el coeficiente de variación de la longitud total (CV_{LT}) anual promedio por flota/zona; CV promedio es 10,5%; el tamaño mínimo de muestra calculado (n) es 207 ejemplares mensuales de cojinoba

5.3.3. Composición de tamaños en las capturas

Se analizó la composición de tamaños en las capturas anuales de cojinoba del sur para los años en que se encontró información de muestreos de talla. La mayor parte de la información recibida desde SubPesca no incluye la posición geográfica de procedencia de las muestras. Sin embargo, se dispuso del puerto de recalada, lográndose consignar la Región de procedencia de las capturas. En la Tabla 25 se presenta el número de ejemplares de cojinobas, por especie, medidos anualmente según arte de pesca y zona. Al respecto, en el caso de cojinoba moteada los muestreos biológicos fueron realizados exclusivamente en la flota de arrastre de la zona sur austral.

5.3.3.1. Cojinoba del sur

La longitud promedio de cojinoba del sur en las capturas de la pesquería de arrastre de la zona sur austral fue entre 42,7 cm de longitud total (LT, cm) el año 2006 y 57,2 cm LT el año 2014 (Tabla 26; Figs. 50 y 51), mientras que en la flota de espinel de la zona sur-austral la LT promedio fue entre 43,9 cm (año 2017) y 63,0 cm (año 2009) (Fig. 52).

Tabla 25. Número de ejemplares medidos en los muestreos de composición de tamaños de cojinoba del sur y cojinoba moteada según arte y zona de pesca. Período: 1997 a 2018.

Total	<i>Seriolella caerulea</i>						<i>Seriolella punctata</i>					
	Trawl ZCS	Gillnet ZCS	Trawl ZSA	ArtLL ZSA	IndLL ZSA	Total	Trawl ZCS	Gillnet ZCS	Trawl ZSA	ArtLL ZSA	IndLL ZSA	Total
1997			509			509			2.030			2030
1998			928		60	988			640			640
1999	47		2.731	2	233	3.013			3.897			3.897
2000			3.429		372	3.801			3.545			3.545
2001	131		2.025		382	2.538			6.808			6.808
2002			1.345		30	1.375			2.413			2.413
2003			287			287			517			517
2004			846			846			22			22
2005			1.456			1.456			8.110			8.110
2006			3.446			3.446			4.102			4.102
2007			77			77			6.815			6.815
2008			2.000	1		2.001			8.022			8.022
2009			1.253	2		1.255			3.721			3.721
2010		17	492	117		626			5.690			5.690
2011			380	21		401			5.364			5.364
2012			214	40		254			4.261			4.261
2013			305	25		330			4.358			4.358
2014			20	18		38			3.946			3.946
2015			518			518			8.034			8.034
2016			1.222	2	25	1.249			12.158			12.158
2017			2.428	38	24	2.490		3	11.392	3		11.398
2018			741			741			12.726			12.726
Total	178	17	26.652	266	1.126	28.239		3	118.571			118.577

Tabla 26. Longitud total (cm) promedio (Prom.), desviación estándar (D.E.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de cojinoba del sur (*S. caerulea*) de 1997 a 2018 en las capturas de la flota de arrastre, espinel y palangre de la zona sur-austral.

Año	TrawlZSA					ArtLLZSA					IndLLZSA				
	Prom.	D.E.	Min.	Máx.	n	Prom.	D.E.	Min.	Max.	n	Prom.	D.E.	Min.	Max.	n
1997	44,6	4,9	32,0	56,0	509										
1998	48,1	4,5	31,0	60,0	928	55,5	20,5	41,0	70,0	2	54,3	4,1	46,0	63,0	60
1999	47,9	3,8	31,0	65,0	2.731						58,0	3,2	50,0	69,0	233
2000	54,5	5,0	37,0	71,0	3.429						55,6	4,3	42,0	66,0	372
2001	46,0	5,1	35,0	66,0	2.025						59,0	3,2	53,0	71,0	382
2002	51,4	6,0	27,0	71,0	1.345						60,3	3,1	54,0	66,0	30
2003	52,0	3,3	37,0	61,0	287										
2004	48,7	4,9	32,0	75,0	846										
2005	48,5	6,0	31,0	64,0	1.456										
2006	42,7	7,4	30,0	61,0	3.446										
2007	52,1	3,8	44,0	59,0	77										
2008	48,1	6,3	28,0	70,0	2.000	54,0		54,0	54,0	1					
2009	48,5	6,5	38,0	66,0	1.253	63,0	0,0	63,0	63,0	2					
2010	53,3	6,6	42,0	73,0	492	48,4	7,8	38,0	79,0	117					
2011	49,9	4,1	40,0	60,0	380	49,7	4,2	43,0	56,0	21					
2012	52,0	7,0	32,0	69,0	214	54,2	10,6	41,0	71,0	40					
2013	48,6	2,8	36,0	55,0	305	52,5	4,8	44,0	65,0	25					
2014	57,2	6,4	38,0	66,0	20	48,8	7,4	38,0	66,0	18					
2015	53,3	5,4	35,0	67,0	518										
2016	51,0	5,4	35,0	66,0	1.222	48,0	0,0	48,0	48,0	2	51,2	2,7	45,0	57,0	25
2017	50,7	4,8	32,0	63,0	2.428	43,9	4,3	37,0	51,0	38	51,5	2,5	47,0	60,0	24
2018	48,7	7,6	33,0	65,0	741										

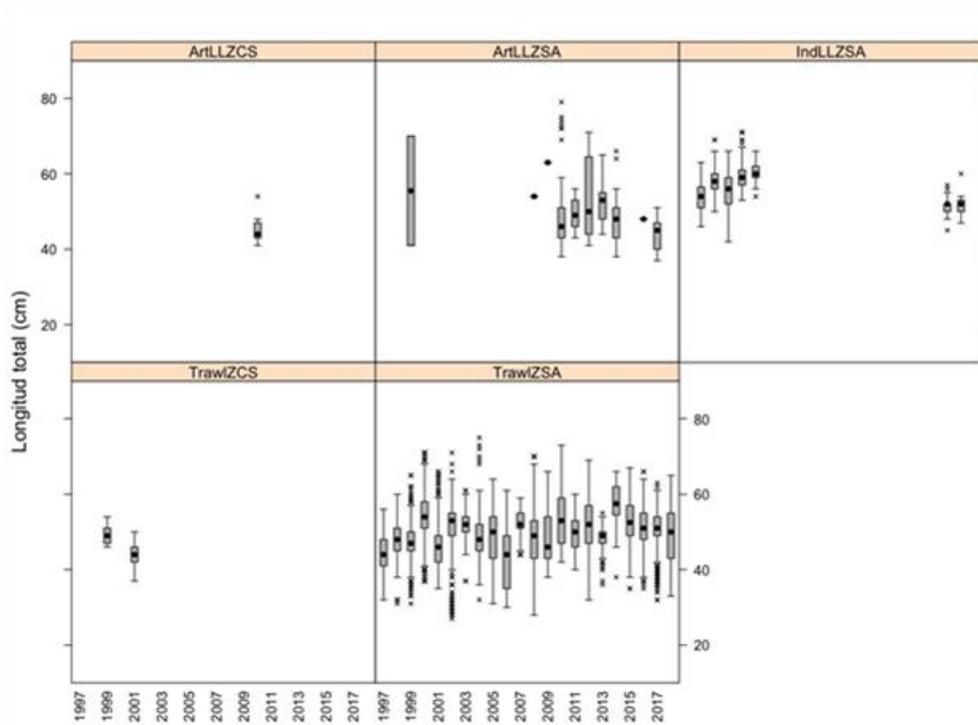


Figura 50. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur por flota/zona de 1997 a 2018.

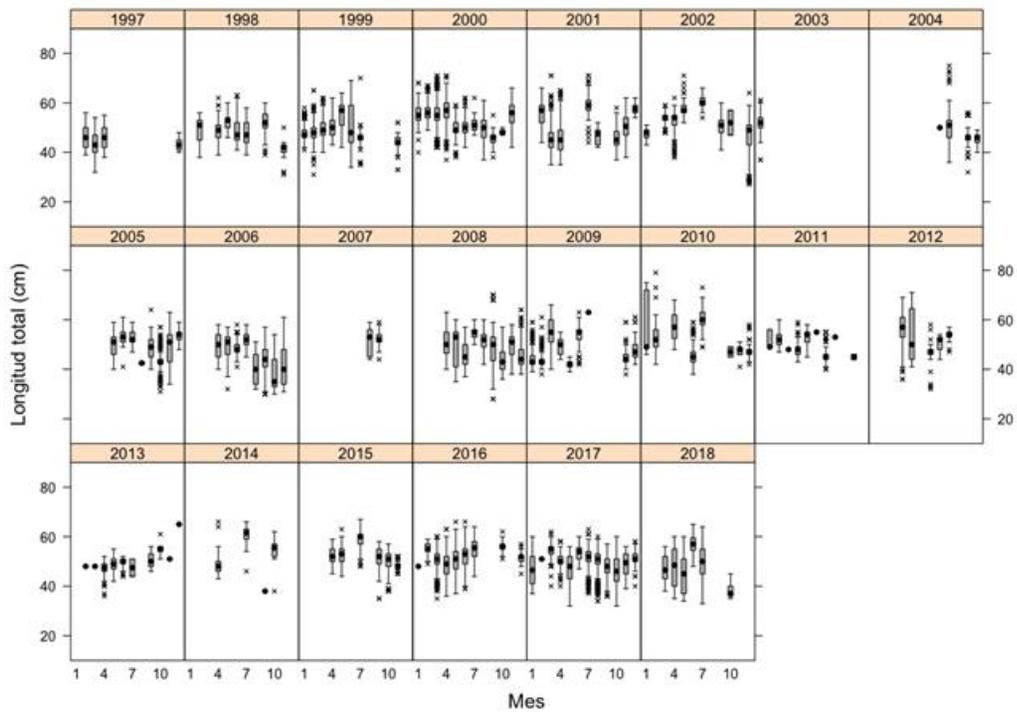


Figura 51. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur en la flota de arrastre de la zona sur austral por mes de 1997 a 2018.

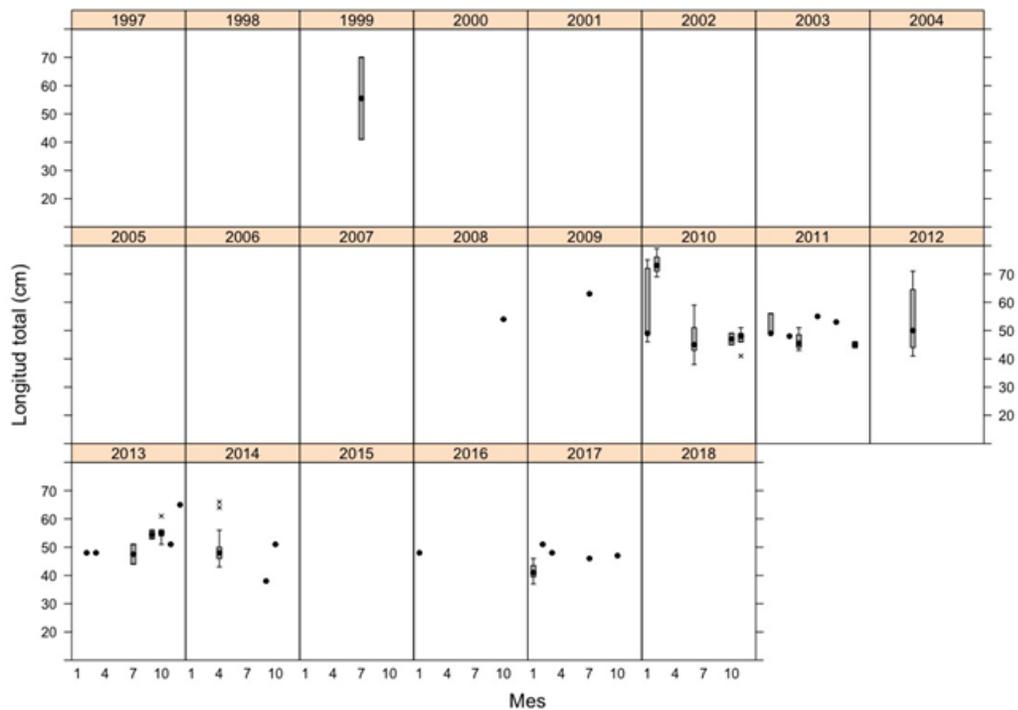


Figura 52. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur en la flota de espinel artesanal de la zona sur-austral por mes de 1997 a 2018.

En el caso de la flota de arrastre de la zona centro sur, la longitud promedio de cojinoba en las capturas anuales fue 49,3 cm LT (d.e.: 2,6 cm, rango: 46,0 – 56,0 cm LT) en el año 1999 y 43,6 cm LT (d.e. = 2,9 cm, rango: 37,0 – 50,0 cm LT) en el año 2001. En el caso de la flota de espinel artesanal de la zona sur austral, la longitud promedio en las capturas del año 2010 (único con información) fue 44,9 cm LT (d.e. = 3,2 cm, rango: 41,0 – 54,0 cm LT) (Fig. 53).

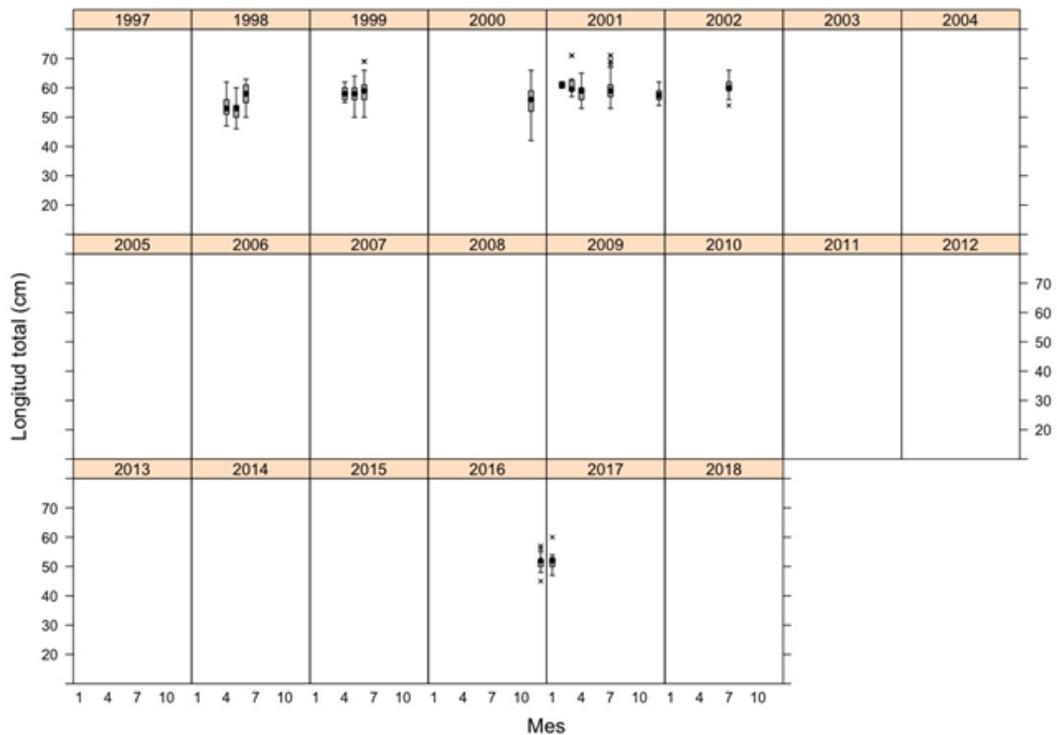


Figura 53. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur en la flota de palangre de la zona sur-austral por mes de 1997 a 2018.

La composición de tamaños en las capturas acumuladas de 1997 a 2018 muestra estructuras polimodales de cojinoba del sur en todas las flotas (Fig. 54); de la flota de espinel de la zona centro sur se tiene una sola muestra, por lo que no se representa en la gráfica). En el caso de la flota de arrastre sur austral, las estructuras de tamaños son polimodales, particularmente en el periodo 2004 a 2010. En 2018 vuelve a aparecer la estructura polimodal (Fig. 55).

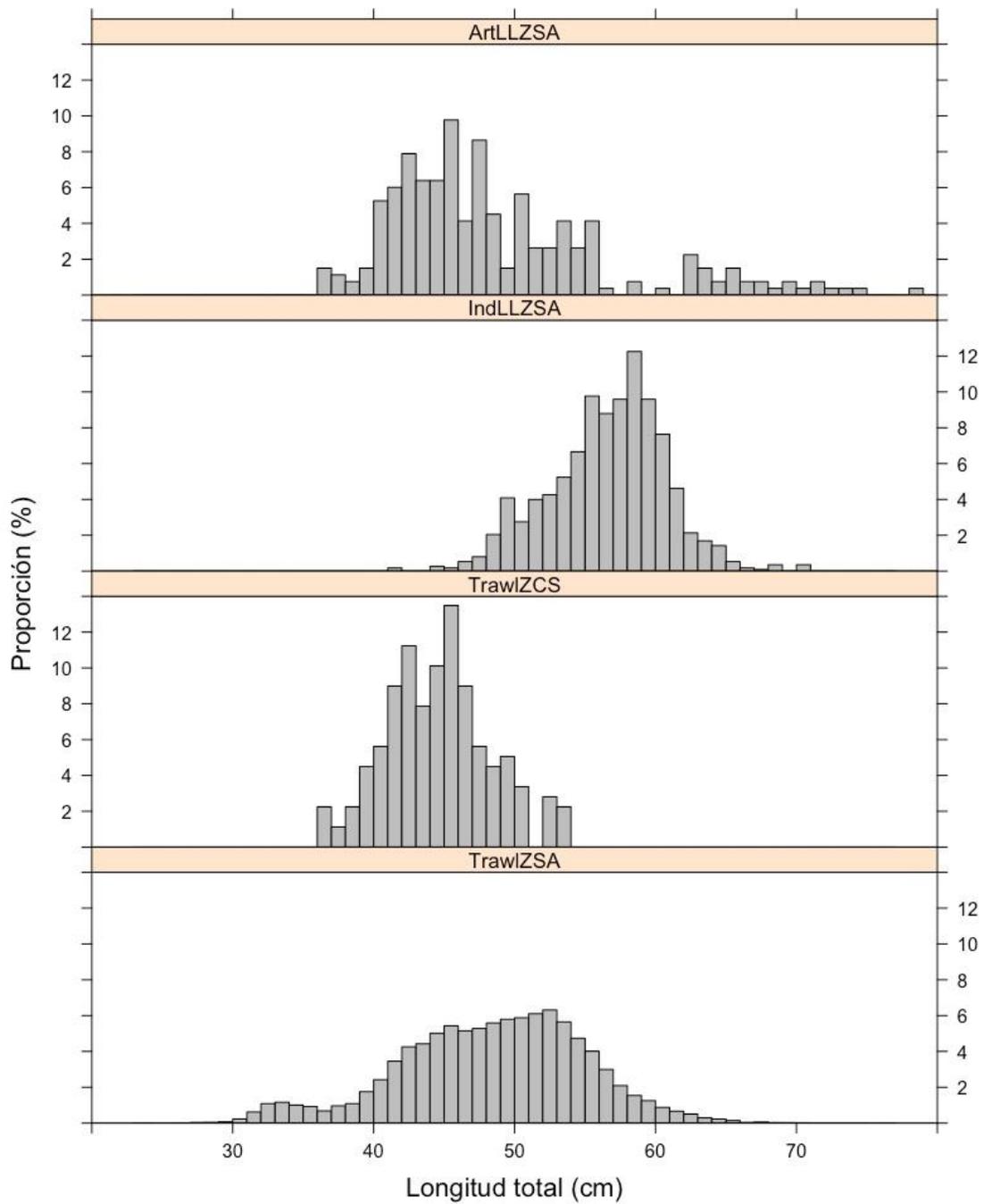


Figura 54. Composición de tamaños en las capturas de cojinoba del sur según arte/zona de 1997 a 2018 (acumulado).

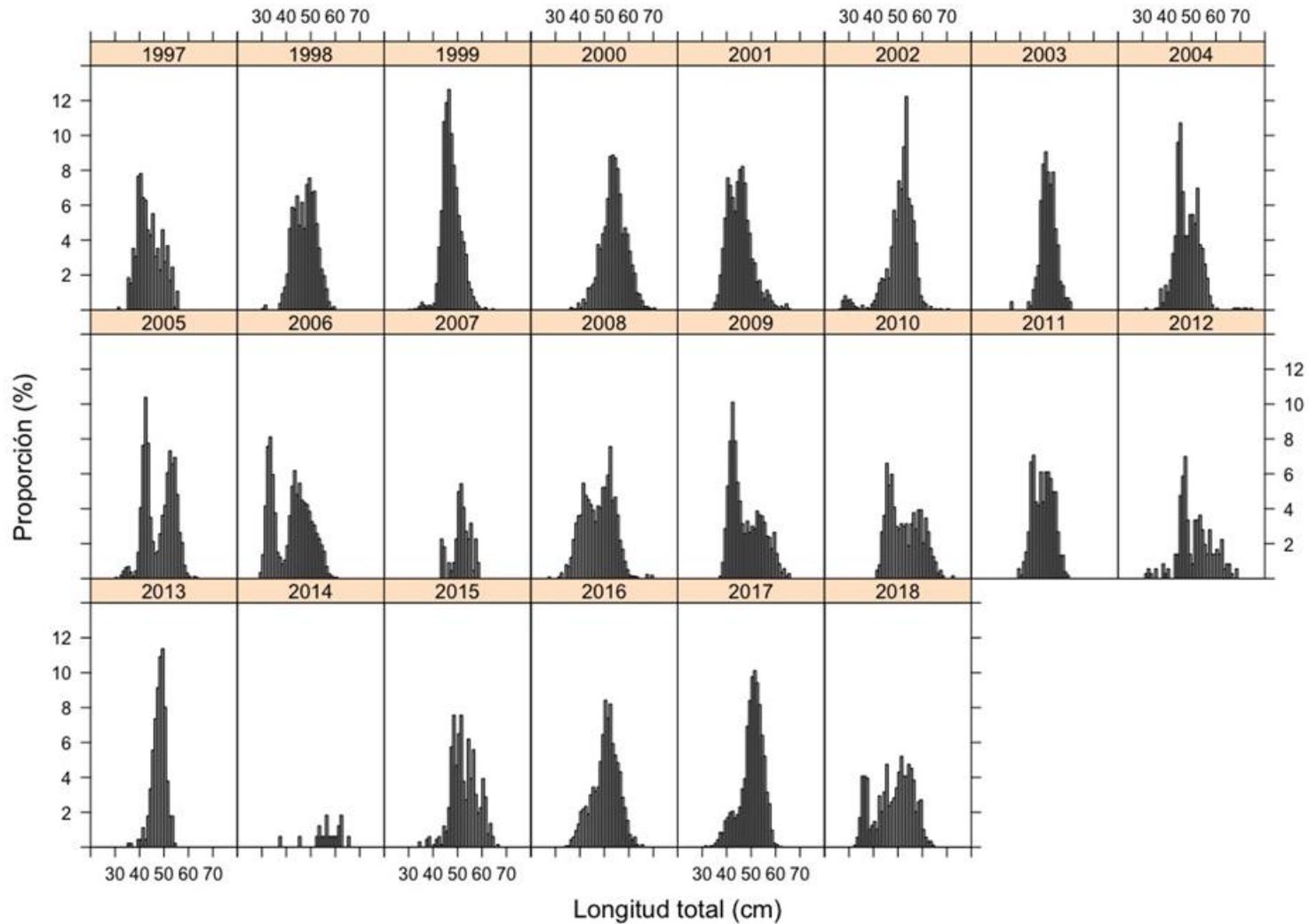


Figura 55. Composición de tamaños en las capturas anuales de cojinoba del sur en la flota de arrastre de la zona sur austral de 1997 a 2018.

5.3.3.2. Cojinoba moteada

En la pesquería artesanal (espinel y enmalle) de la zona centro sur y en la pesquería artesanal (espinel) de la zona sur austral, existe alguna información de tamaños de cojinoba moteada solo para el año 2017 (tres ejemplares medidos) (Tabla 27; Fig. 56). En la pesquería de arrastre de la zona sur austral, la longitud promedio en las capturas fue entre 42,9 cm LT en el año 2017 y 48,5 cm LT en el año 2015 (Tabla 27; Figs. 56 y 57).

La composición de tamaños en las capturas acumuladas de 1997 a 2018 es unimodal centrada en 46 cm LT (Fig. 58). En la flota de arrastre de la zona sur austral, la composición de tamaños en las capturas de 1997 a 2005 tiende a ser unimodal, mientras que las de 2006 a 2011 son mayoritariamente polimodales, cambiando a estructuras principalmente polimodales de 2012 a 2018 las, exceptuando el año 2016 (Fig. 59).

Tabla 27. Longitud total (cm) promedio (Prom.), desviación estándar (D.E.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de cojinoba moteada de 1997 a 2018 en las capturas de la flota espinel/enmalle de la zona centro sur, espinel y arrastre de la zona sur austral.

Año	ArtLLZCS					ArtLLZSA					TrawlZSA				
	Prom.	D.E.	Min.	Máx.	n	Prom.	D.E.	Min.	Max.	n	Prom.	D.E.	Min.	Max.	n
1997											44,2	4,27	31	61	2.030
1998											45,3	2,98	36	54	640
1999											44,0	4,23	30	57	3.897
2000											46,6	7,42	15	61	3.545
2001											45,7	3,94	35	59	6.808
2002											45,3	3,32	28	68	2.413
2003											45,6	4,50	27	57	517
2004											45,9	1,54	44	49	22
2005											44,1	3,79	35	56	8.110
2006											43,3	4,53	17	57	4.102
2007											44,6	5,14	31	60	6.815
2008											44,1	4,30	31	60	8.022
2009											44,7	5,12	31	60	3.721
2010											46,9	4,90	32	62	5.690
2011											46,0	4,46	28	61	5.364
2012											45,5	4,53	29	60	4.261
2013											44,8	3,37	29	56	4.358
2014											46,3	4,08	31	65	3.946
2015											48,5	4,46	27	67	8.034
2016											46,4	4,08	14	64	12.158
2017	40,3	2,32	39	41	3	41,3	2,52	39	44	3	42,9	5,30	29	58	11.392
2018											43,5	5,14	28	79	12.726

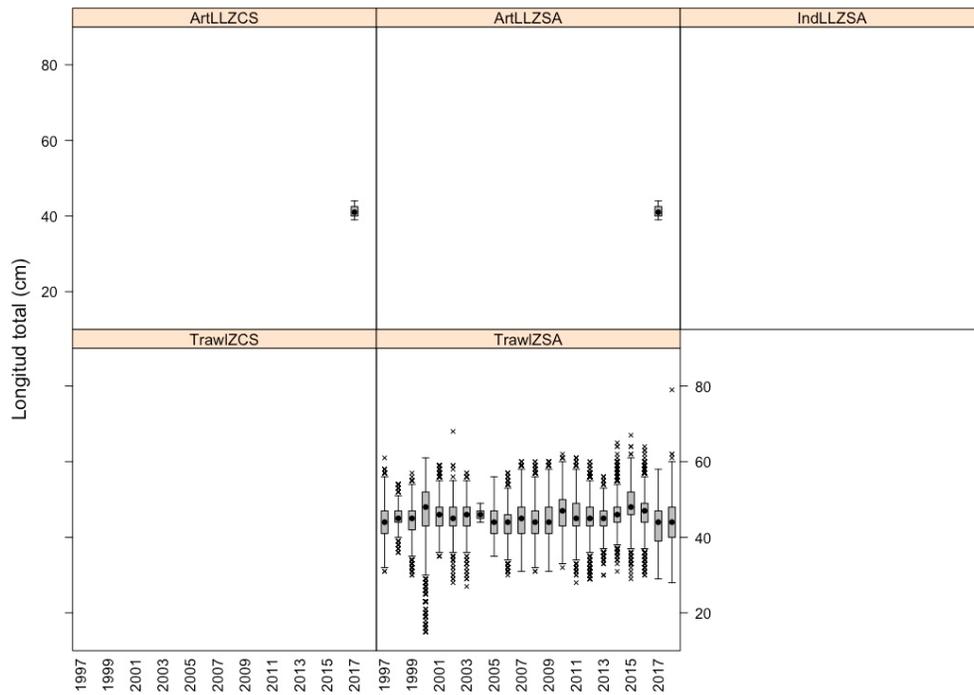


Figura 56. Longitud total (LT, cm) de cojinoba moteada por flota/zona de 1997 a 2018.

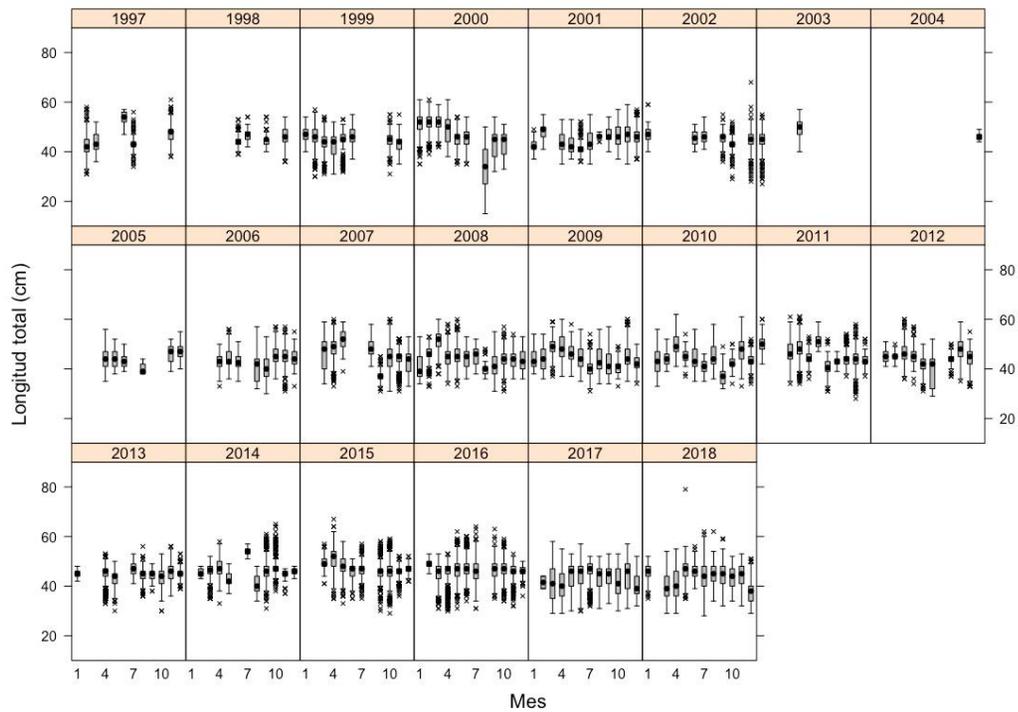


Figura 57. Longitud total (LT, cm) de cojinoba moteada en la flota de arrastre de la zona sur-austral por mes de 1997 a 2018.

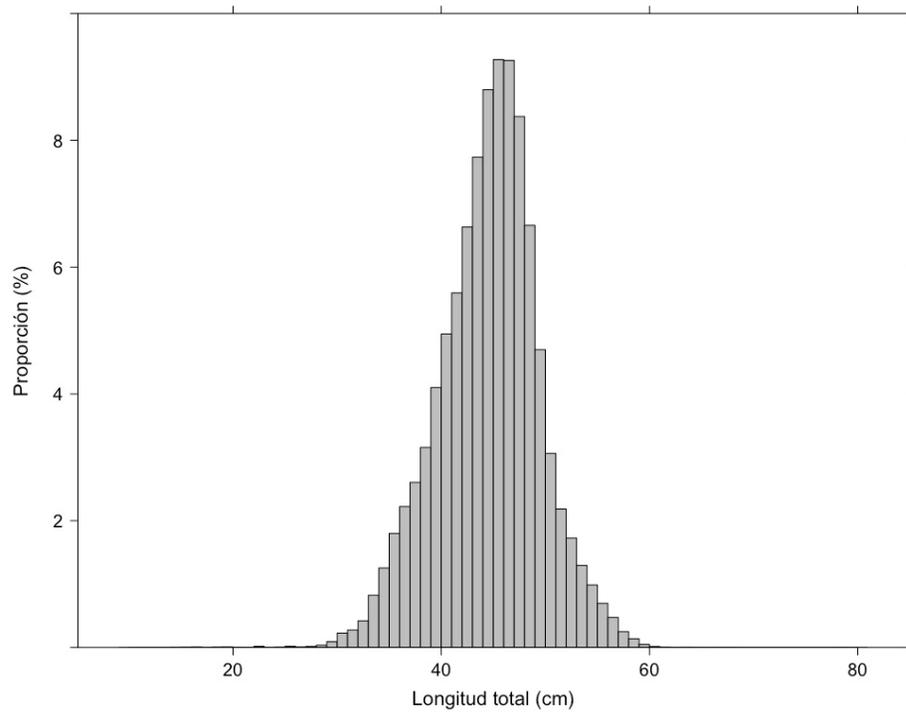


Figura 58. Composición de tamaños en las capturas acumuladas de cojinoba moteada de 1997 a 2018.

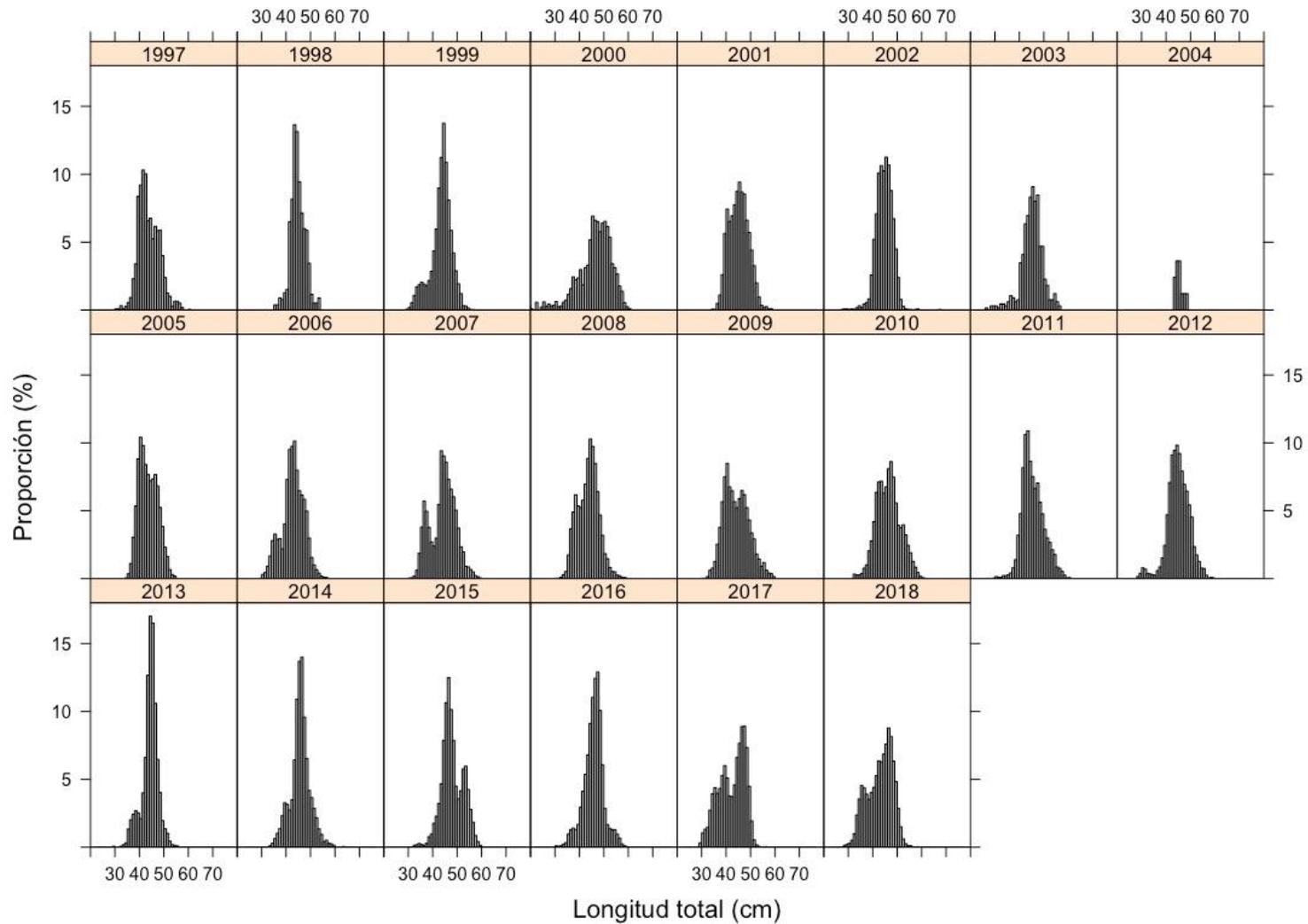


Figura 59. Composición de tamaños en las capturas anuales de cojinoba moteada en la flota de arrastre de la zona sur austral de 1997 a 2018.

5.3.3.3. Muestreos año 2019

El año 2019 se realizó muestreos de cojinobas a bordo de embarcaciones industriales arrastreras de enero a abril. Seguidamente, debido a dificultades operacionales para embarcar personal propio, de mayo a diciembre de 2019 los muestreos se concentraron en los desembarques, a partir de muestras reservadas para el proyecto por el personal a bordo de naves (coordinados con el gerente de flota) y en plantas de la empresa FRIOSUR de Puerto Chacabuco por el personal de procesos (coordinados con el jefe de planta). Se analizó 2.115 ejemplares de cojinoba del sur y 2.331 ejemplares de cojinoba moteada (Tabla 28). La longitud promedio de los ejemplares fue entre 45,6 cm LT (septiembre) y 49,8 cm LT (marzo) en el caso de cojinoba del sur (Fig. 60); y 39,8 cm LT (septiembre) y 47,6 cm LT (agosto) en el caso de la cojinoba moteada (Fig. 61).

La composición de tamaños en las capturas de cojinoba del sur tiende a ser polimodal durante todo el año (Fig. 62). En el caso de las capturas de cojinoba moteada, la composición de tamaños tiende a ser unimodal (Fig. 63).

Tabla 28. Longitud total (cm) promedio (Prom.), desviación estándar (d.e.), mínima (Min.), máxima (Max.) y tamaño de muestra (n) de cojinoba del sur (*Sericae*) y cojinoba moteada (*Seripun*) de enero a diciembre de 2019.

Mes	<i>Sericae</i>					<i>Seripun</i>				
	Prom.	d.e.	Min.	Máx.	n	Prom.	d.e.	Min.	Max.	n
Ene	47,5	4,33	38,0	57,0	70					
Feb	49,0	3,94	37,0	58,0	245	48,1	3,69	40,0	56,0	102
Mar	49,8	4,25	37,0	64,0	365	43,5	3,63	34,0	55,0	284
Abr	47,1	4,53	31,0	60,0	325	42,7	4,98	36,0	52,0	112
May	48,8	4,58	32,0	62,0	222	44,2	4,98	31,0	56,0	418
Jun	46,4	4,90	33,0	58,0	189	45,5	4,88	33,0	57,0	94
Jul	46,4	4,13	35,0	57,0	175	44,4	4,95	32,0	56,0	81
Ago	48,8	4,31	39,0	58,0	382	47,6	5,74	32,0	62,0	240
Sep	45,6	4,43	33,0	56,0	142	39,8	3,67	32,0	49,0	147
Oct						45,8	5,09	34,0	59,0	386
Nov						40,8	4,05	31,0	57,0	249
Dic						47,1	3,38	40,0	55,0	218

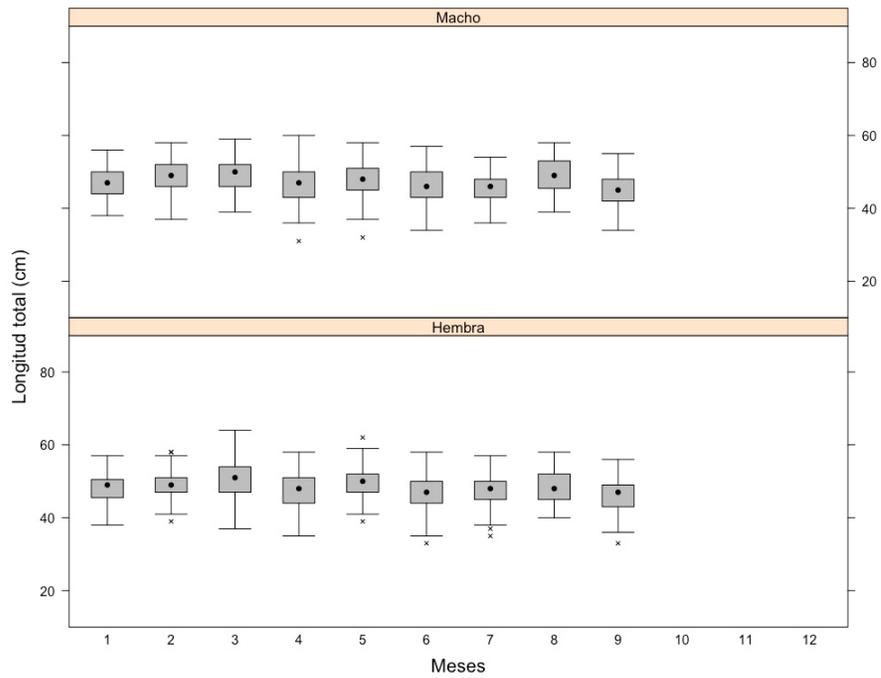


Figura 60. Longitud total (LT, cm) de cojinoba del sur por sexo en las capturas muestrales de enero a septiembre de 2019.

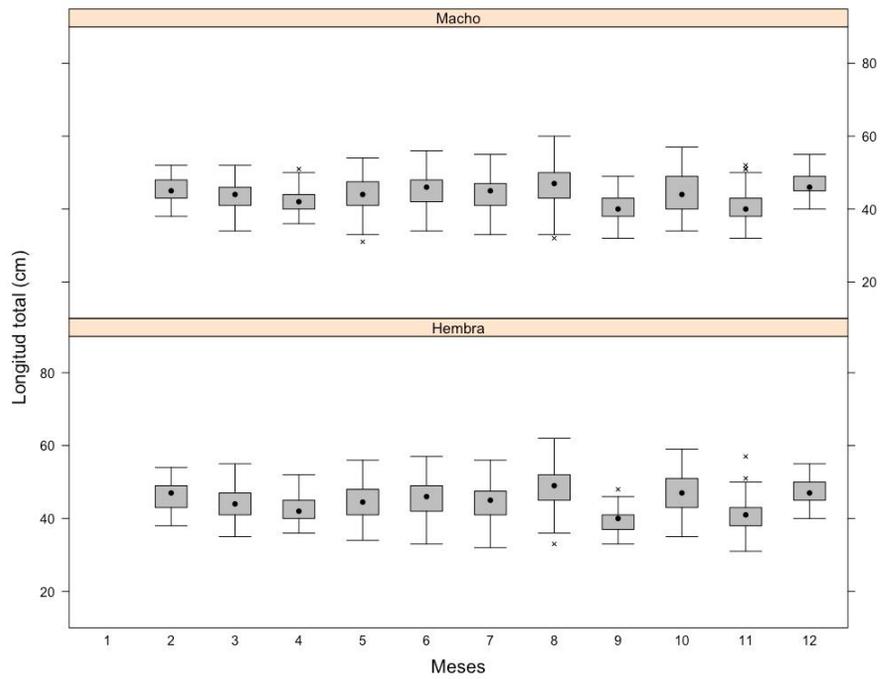


Figura 61. Longitud total (LT, cm) de cojinoba moteada por sexo en las capturas de febrero a diciembre de 2019.

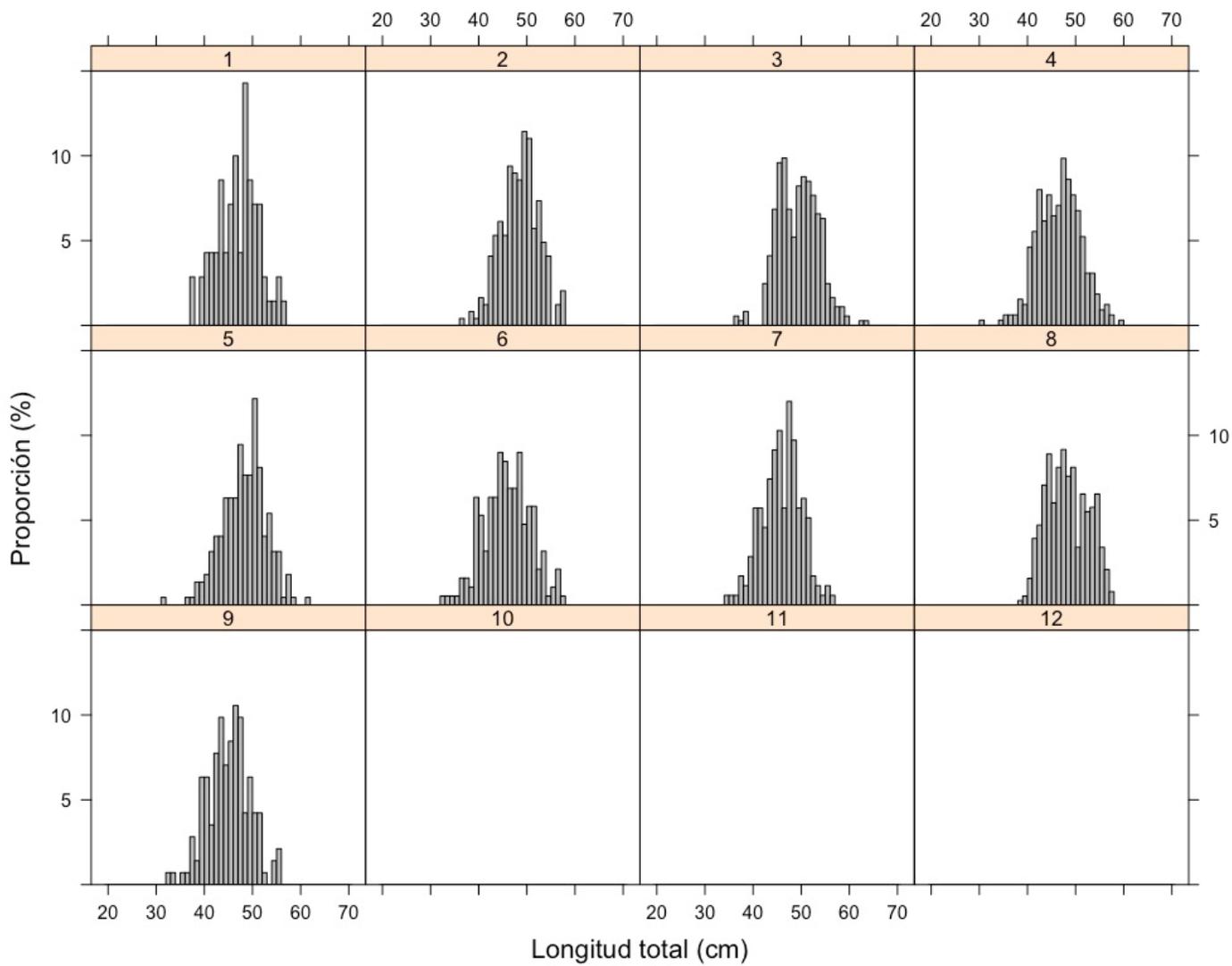


Figura 62. Composición de tamaños en las capturas de cojinoba del sur de enero a septiembre de 2019.

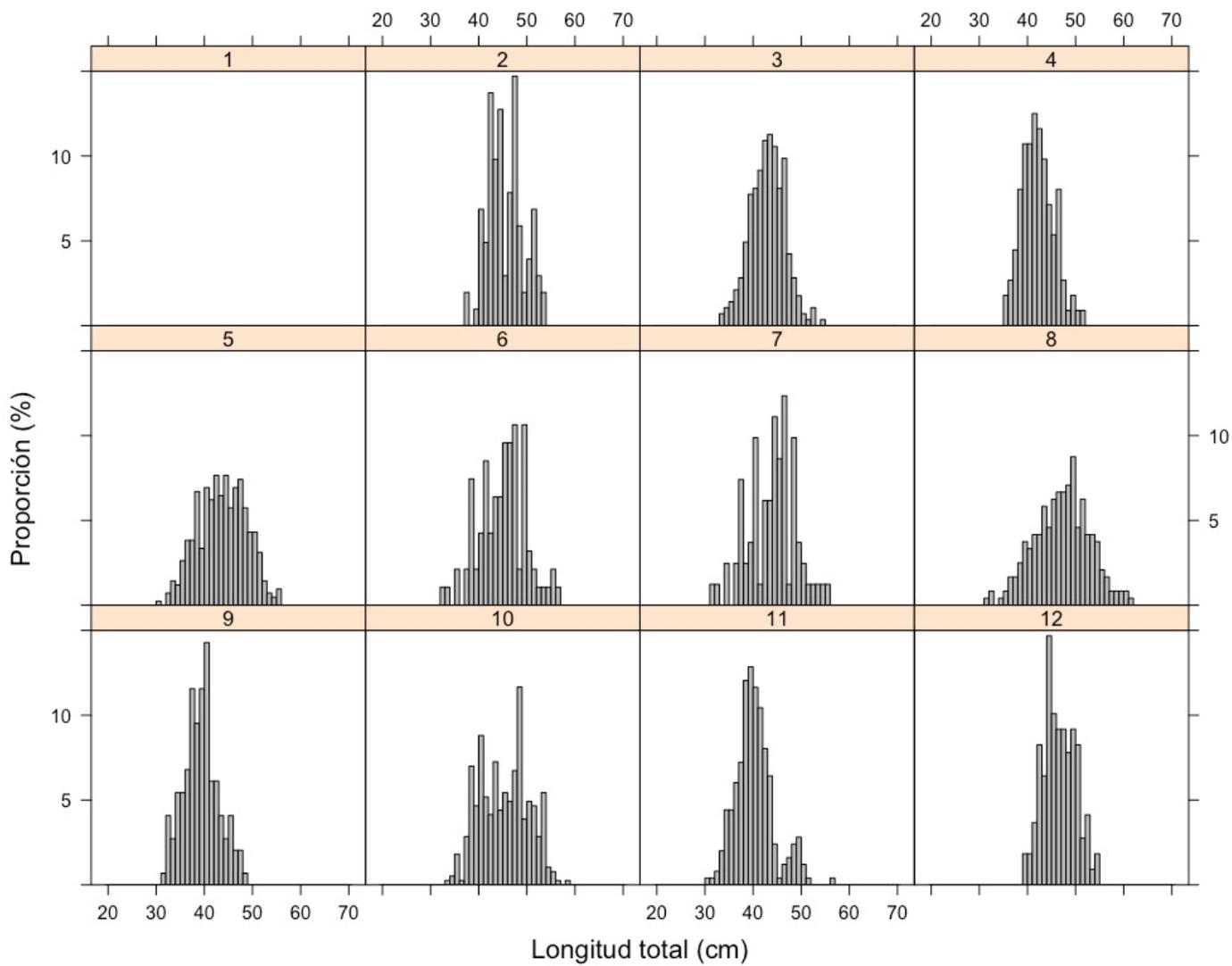


Figura 63. Composición de tamaños en las capturas de cojinoba moteada de enero a diciembre de 2019.

5.3.4. Edad (talla) crítica y edad (talla) de primera captura

Para la estimación de la edad crítica se utilizó el estimado de mortalidad natural para cada especie entregado en el Objetivo Específico 1. Con el estimador central y los intervalos de confianza de M, se estimó valores equiprobables basados en una distribución normal, y de ahí se obtuvo la edad crítica (t^*) y talla crítica (LT^*) promedio y los respectivos intervalos de confianza (rango intercuartil; Tabla 29).

Tabla 29. Edad crítica (t^* , años) y longitud a la edad crítica promedio e intervalos de confianza (rango intercuartil) de cojinoba del sur (*S. caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*) en la zona sur austral.

Especie	Edad crítica (t^* , años)			Longitud a la edad crítica (LT^* , cm)		
	Estim.	ICinf	ICsup	Estim.	ICinf	ICsup
<i>S. caerulea</i>	4,25	4,21	4,30	40,16	39,96	40,39
<i>S. punctata</i>	4,24	4,19	4,29	36,81	36,62	37,02

5.3.5. Peso total en las capturas

En las capturas anuales el peso corporal total promedio (g) de cojinoba del sur fue entre 1.537 g (año 2006 en la flota de arrastre sur-austral) y 4.100 g (año 2009 en la flota de espinel de la zona sur austral). En la flota de arrastre sur austral, el peso total promedio fue entre 1.537 g (año 2006) y 3.037 g (año 2010) (Tabla 30; Fig. 64). En el caso de cojinoba moteada, el peso promedio en las capturas de la flota de arrastre de la zona sur austral fue entre 1.360,7 g (año 2012) y 1.832,0 g (año 2015) (Tabla 31; Fig. 65).

De enero a septiembre de 2019, el peso total promedio de cojinoba del sur fue entre 1.179 y 1.718 g (Tabla 31; Fig. 66), mientras en el caso de cojinoba moteada el peso promedio en las capturas fue entre 839 y 1.429 g (Fig. 67).

Tabla 30. Peso total (gr) promedio en las capturas de cojinoba del sur según arte/zona, y cojinoba moteada arrastre sur austral de 1997 a 2018.

Año	<i>Seriolella caerulea</i>				<i>Seriolella punctata</i>
	GillnetZCS	TrawlZSA	ArtLLZSA	IndLLZSA	
1997		1.912			1.522
1998				3.164	1.688
1999		2.133	3.975	3.102	1.472
2000		2.723		2.315	1.614
2001		1.842		3.186	1.571
2002		2.987		3.617	1.695
2003		1.6901			1.484
2004		1.783			1.596
2005		2.550			1.455
2006		1.537			1.496
2007		2.732			1.381
2008		2.212	2.600		1.445
2009		2.254	4.100		1.432
2010	1.828	3.037	1.991		1.566
2011		2.213	2.488		1.487
2012		2.569	2.974		1.361
2013		2.536	3.025		1.533
2014		2.605	1.922		1.660
2015		2.546			1.832
2016		2.668	2.200		1.705
2017		2.694	2.100		1.430
2018		2.409			1.453

Tabla 31. Peso total (gr) promedio (Prom.), desviación estándar (d.e.), mínimo (Min.), máximo (Max.) y tamaño de muestra (n) de cojinoba del sur (*Sericae*) y cojinoba moteada (*Seripun*) de enero a diciembre de 2019.

Mes	<i>Sericae</i>					<i>Seripun</i>				
	Prom.	d.e.	Min.	Máx.	n	Prom.	d.e.	Min.	Max.	n
Ene										
Feb						1429,1	318,25	950	2100	22
Mar	1718,3	548,37	550	4300	365	1149,9	251,32	504	2056	123
Abr	1376,1	469,08	515	2600	120	1027,1	264,64	576	1711	72
May	1653,6	582,04	436	3012	147	1113,0	318,59	356	2256	159
Jun	1383,2	575,08	401	3115	189	1173,8	320,16	478	2007	50
Jul	1340,4	445,55	492	2677	105	1163,4	382,19	443	1943	40
Ago	1179,6	306,08	742	1824	30	1307,9	431,70	426	2756	137
Sep	1284,5	493,89	474	2783	79	839,6	262,87	396	1455	147
Oct						1167,1	348,19	536	2420	386
Nov						964,3	286,26	526	2014	158
Dic						1312,7	211,87	736	1994	109

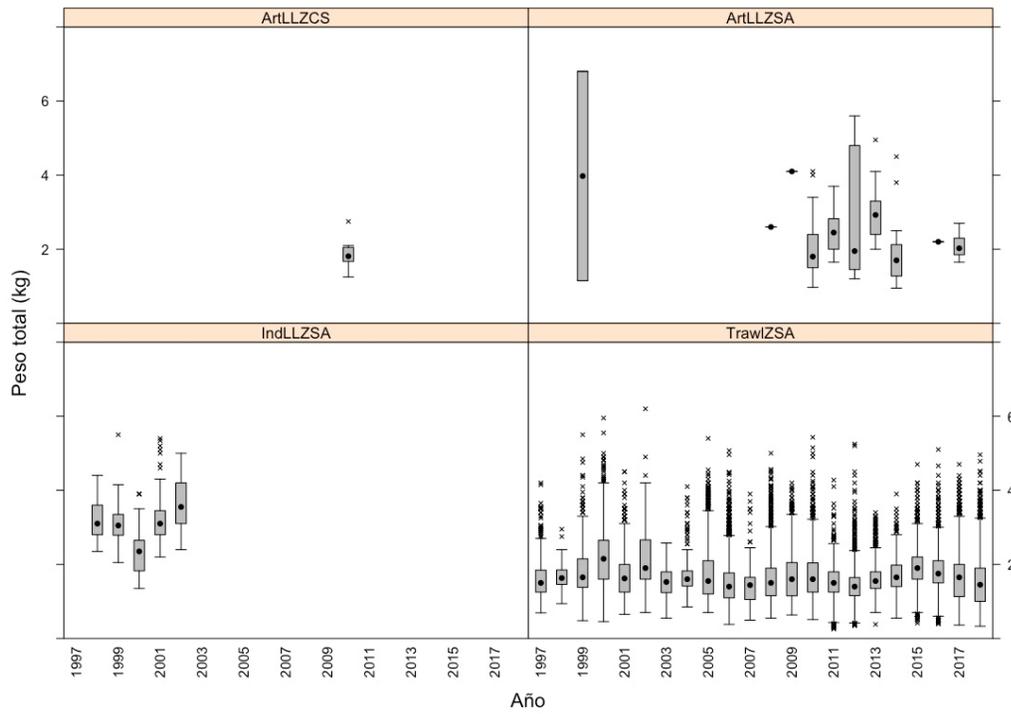


Figura 64. Peso total (PT, g) de cojinoba del sur por flota/zona de 1997 a 2018.

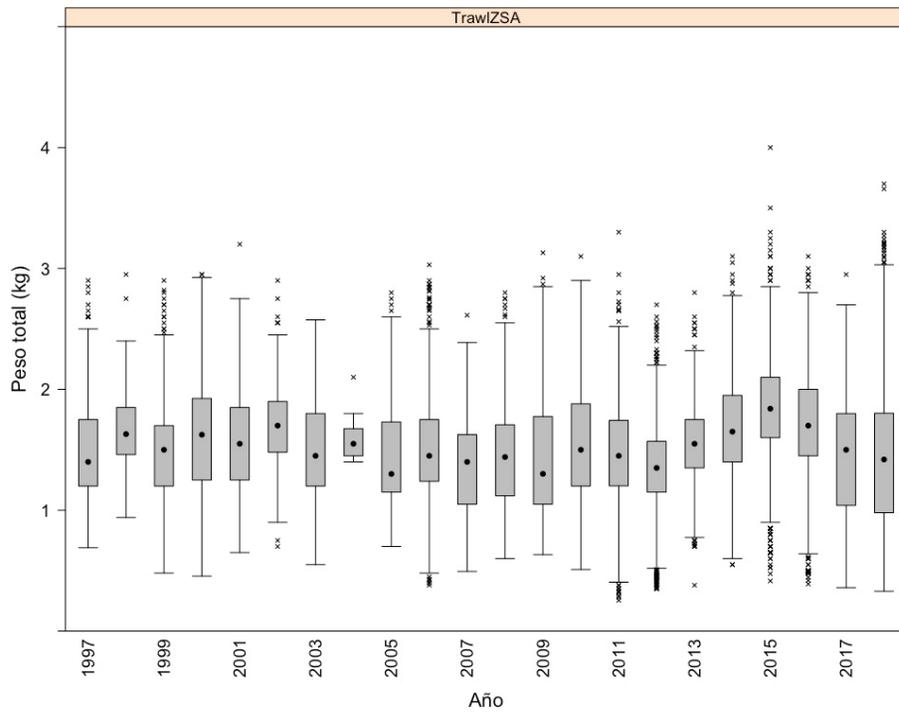


Figura 65. Peso total (PT, g) de cojinoba moteada por flota/zona de 1997 a 2018.

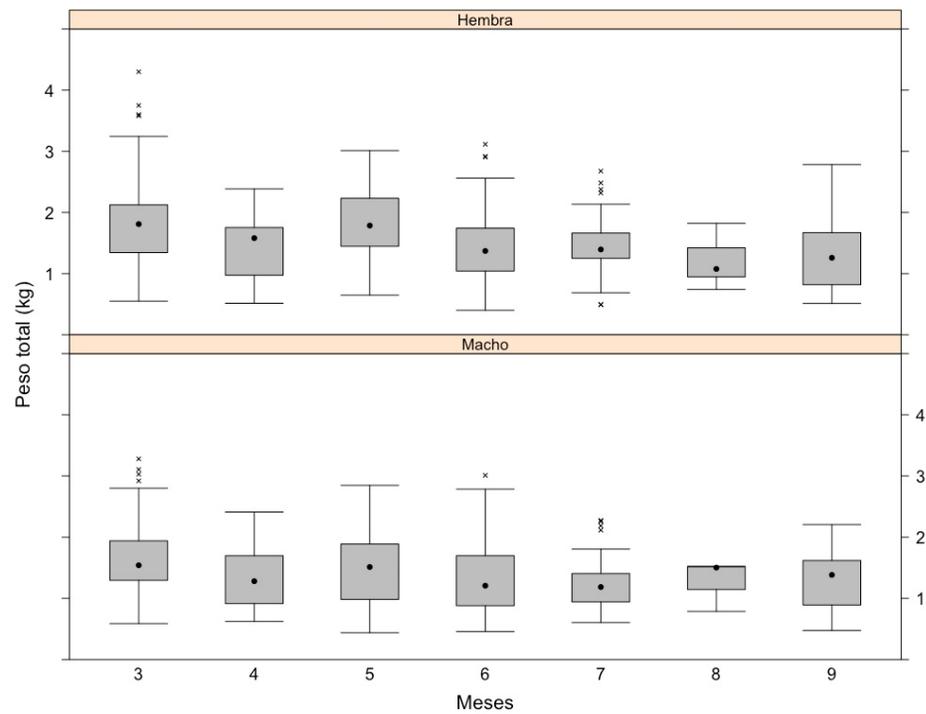


Figura 66. Peso total (PT, kg) de cojinoba del sur por sexo en las capturas muestrales de marzo a septiembre de 2019.

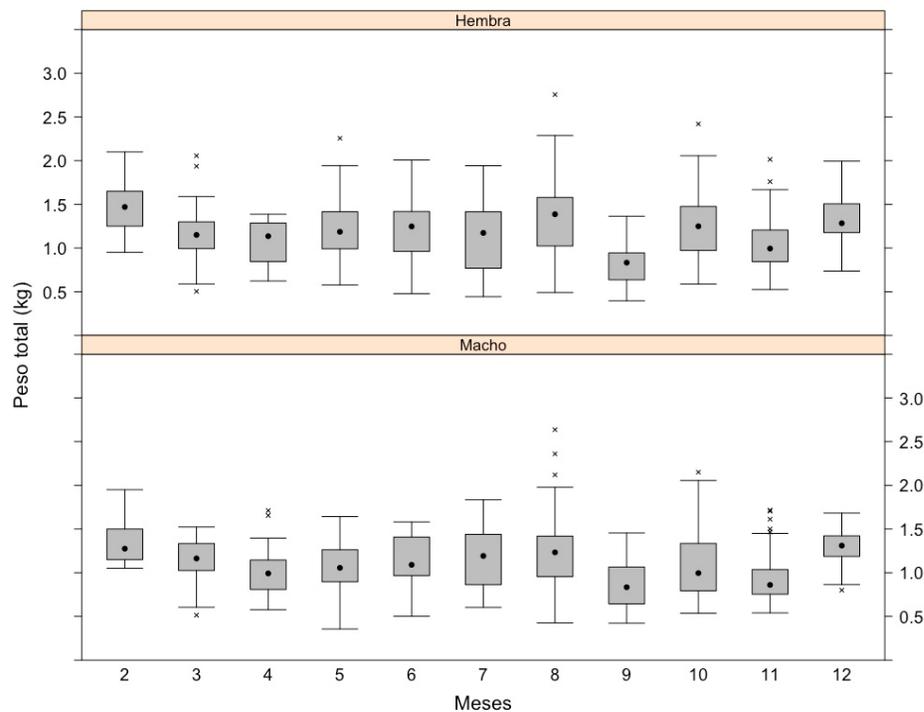


Figura 67. Peso total (PT, kg) de cojinoba moteada por sexo en las capturas muestrales de febrero a diciembre de 2019.

5.3.6. Relación talla-peso

A partir de la información de longitud total (cm) y peso total (g) para los años en que ambas variables estuvieron disponibles, se estimó anualmente los parámetros de la relación talla-peso (Tabla 32; Figs. 68 y 69), la que es potencial. En la Fig. 70 se muestra la relación longitud-peso de cojinoba del sur y cojinoba moteada en las capturas de enero a diciembre de 2019.

Tabla 32. Parámetros de la relación longitud total-peso de cojinoba del sur (*S. caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*) de 1997 a 2019 en las capturas de la zona sur austral.

Año	<i>Seriolella caerulea</i>			<i>Seriolella punctata</i>		
	a	b	n	a	b	n
1997	$9,168 \times 10^{-3}$	3,228	147	$6,642 \times 10^{-1}$	2,034	488
1998				$1,865 \times 10^{-2}$	2,143	90
1999	$5,025 \times 10^{-3}$	3,352	528	$4,973 \times 10^{-3}$	3,324	598
2000	$1,903 \times 10^{-1}$	2,387	782	$2,089 \times 10^{-1}$	2,306	748
2001	$6,727 \times 10^{-3}$	3,270	539	$1,935 \times 10^{-2}$	2,962	753
2002	$5,814 \times 10^{-1}$	2,137	202	$1,463 \times 10^{-2}$	3,034	390
2003	$4,267 \times 10^{-2}$	2,739	16	$1,289 \times 10^{-1}$	2,434	60
2004	$2,300 \times 10^{-4}$	4,108	164	$8,803 \times 10^{-3}$	3,163	11
2005	$1,920 \times 10^{-2}$	3,017	416	$6,125 \times 10^{-3}$	3,277	904
2006	$8,472 \times 10^{-3}$	3,209	671	$3,332 \times 10^{-2}$	2,827	824
2007				$2,927 \times 10^{-1}$	2,212	516
2008	$1,809 \times 10^{-2}$	3,019	459	$5,196 \times 10^{-2}$	2,692	1.483
2009	$4,849 \times 10^{-1}$	2,170	309	$1,299 \times 10^{-1}$	2,440	616
2010	$1,817 \times 10^{-1}$	2,414	105	$1,325 \times 10^{-1}$	2,419	821
2011	$1,936 \times 10^{-1}$	2,407	73	$3,007 \times 10^{-1}$	2,208	1.015
2012	$2,829 \times 10^{-1}$	2,306	86	$1,159 \times 10^{-0}$	1,854	941
2013	$7,424 \times 10^{-3}$	3,284	64	$2,561 \times 10^{-1}$	2,287	853
2014	$2,134 \times 10^{-2}$	2,887	20	$1,039 \times 10^{-0}$	1,920	1.174
2015	$1,852 \times 10^{-0}$	1,824	271	$1,092 \times 10^{-0}$	1,908	2.113
2016	$2,353 \times 10^{-0}$	1,768	368	$3,085 \times 10^{-0}$	1,634	3.392
2017	$2,141 \times 10^{-2}$	2,986	664	$3,051 \times 10^{-2}$	2,838	2.833
2018	$1,098 \times 10^{-1}$	2,552	275	$7,059 \times 10^{-3}$	3,229	2.883
2019	$1,713 \times 10^{-3}$	3,528	1.035	$5,587 \times 10^{-2}$	2,604	1.403

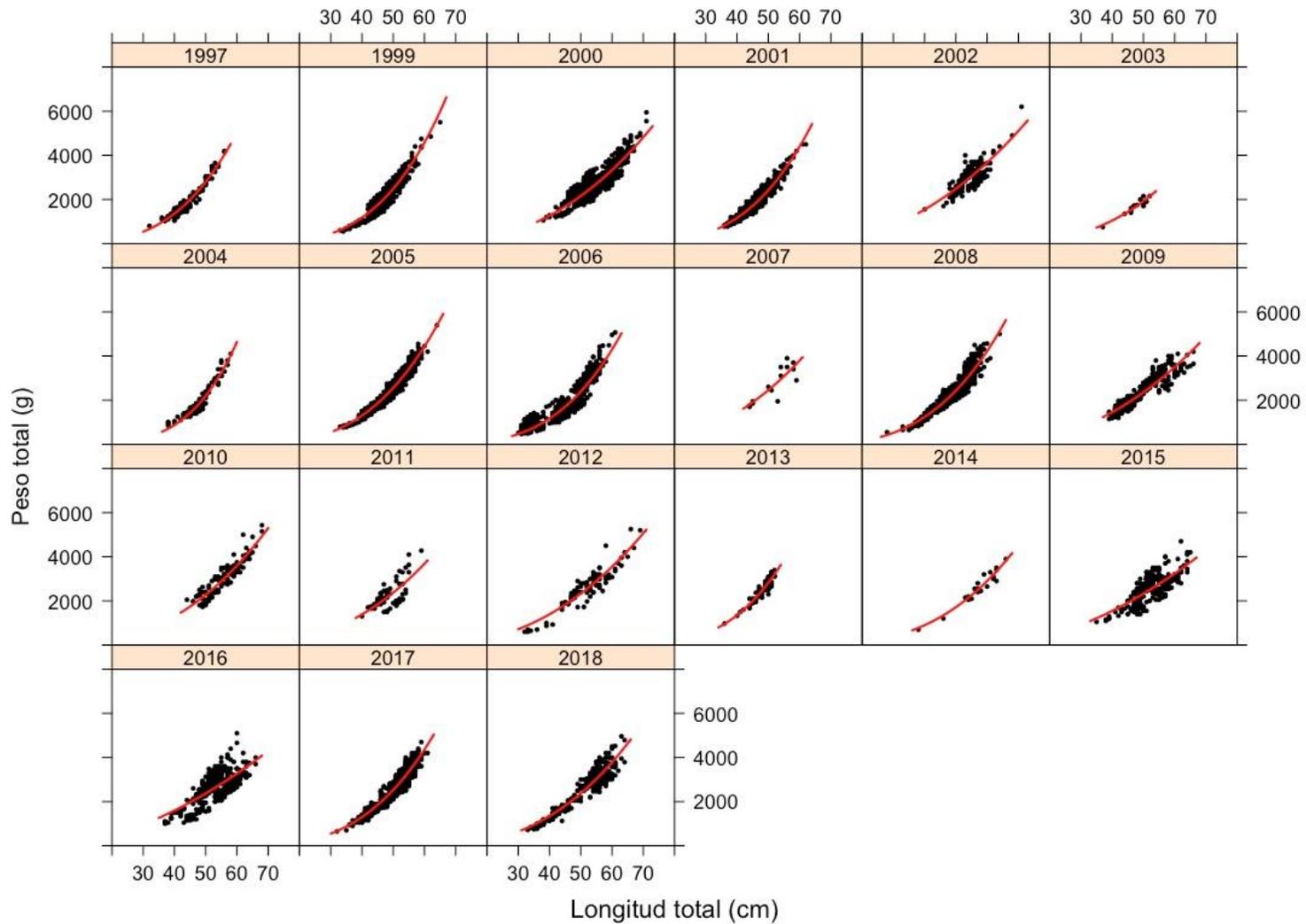


Figura 68. Relación longitud total (cm) - peso total (g) de *S. caerulea* en las capturas de la flota de arrastre de la zona sur austral de 1997 a 2018 (excepto 1998, pues no existen datos de peso).

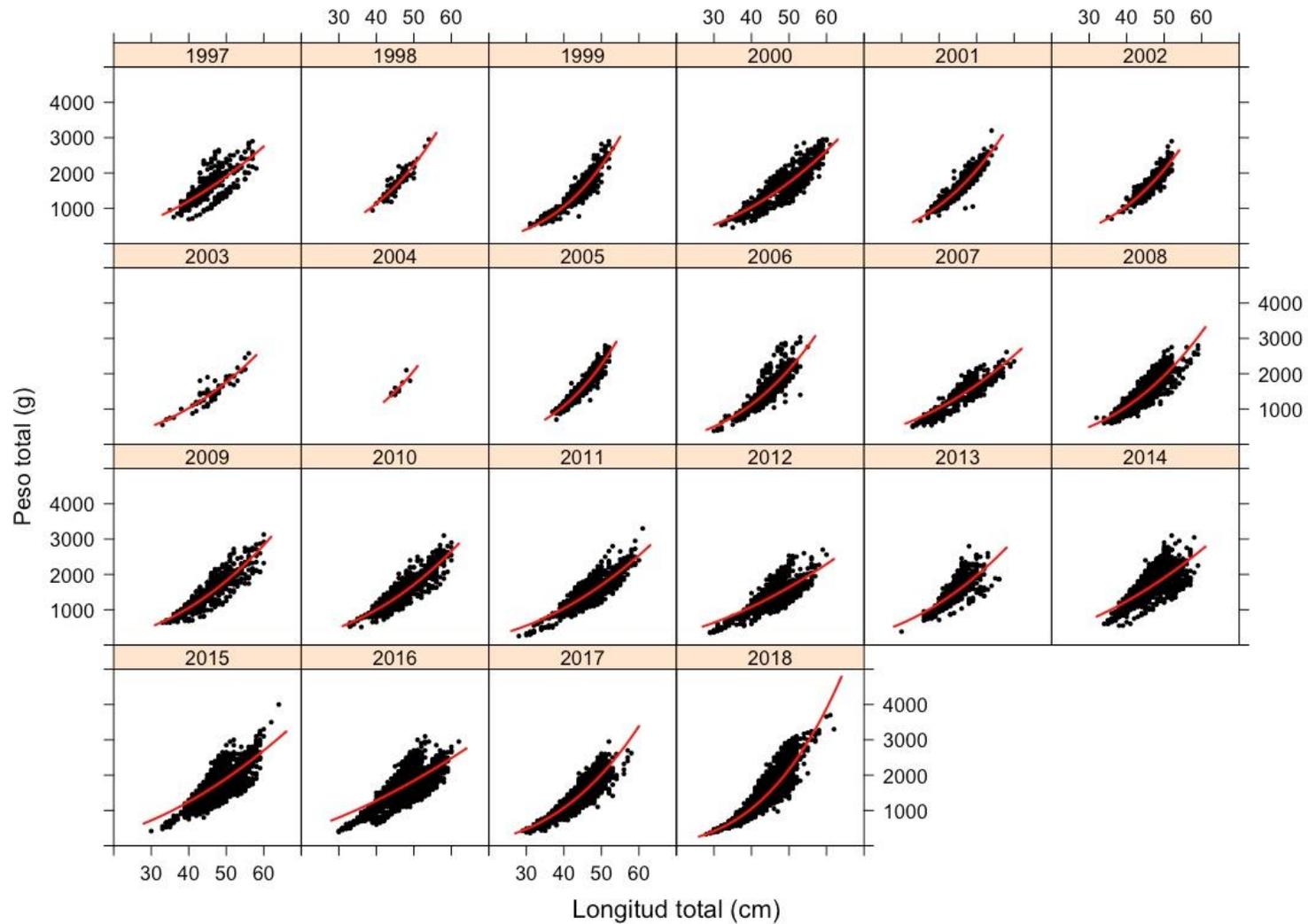


Figura 69. Relación longitud total (cm) - peso total (g) de *S. punctata* en las capturas de la flota de arrastre de la zona sur austral de 1997 a 2018

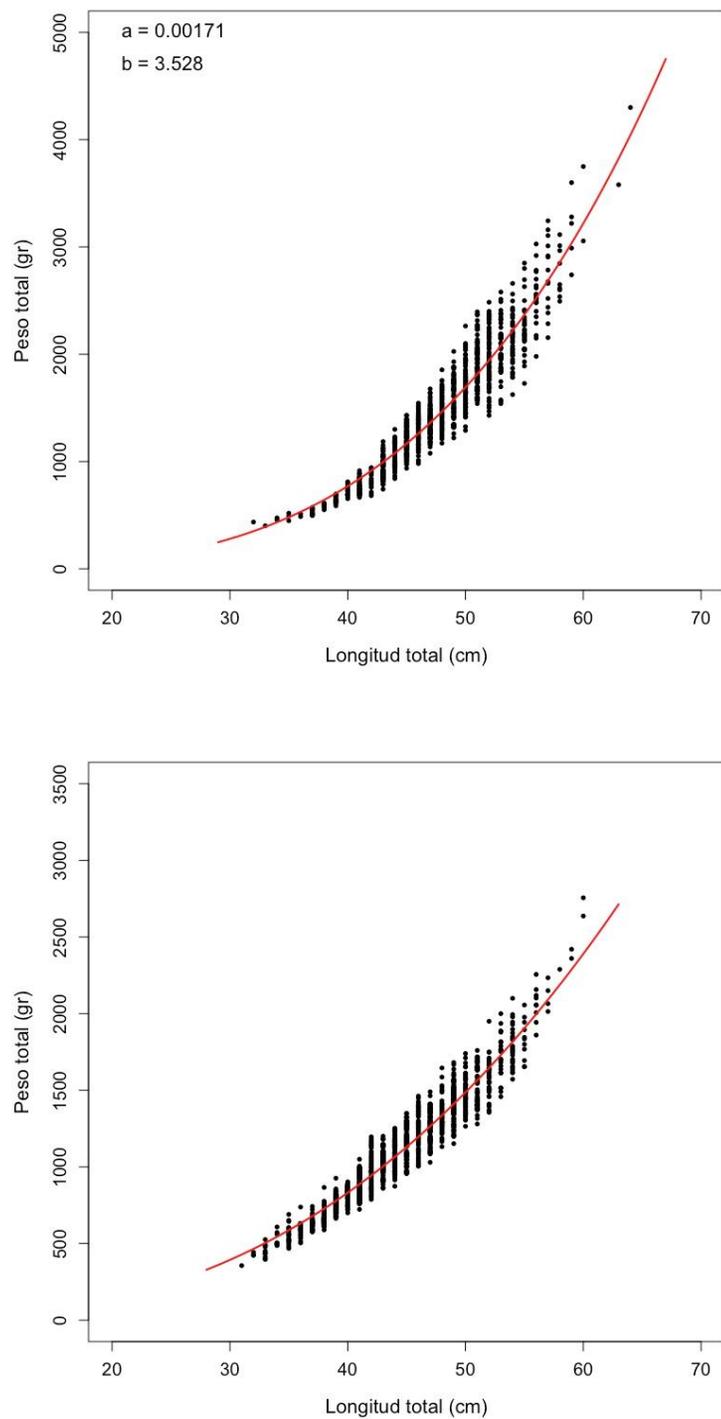


Figura 70. Relación longitud total (cm) - peso total (g) de *S. caerulea* (arriba) y *S. punctata* (abajo) en las capturas del año 2019.

5.3.7. Composición de talla y edades en el desembarque

Existe fuerte disparidad en la cantidad de información de composición de tamaños mensual respecto de la información de capturas, principalmente en el caso de cojinoba del sur en los años 2003, 2004, 2007 y 2010 a 2014 (Fig. 71). En el caso de cojinoba moteada, la falta de información de composición de tamaños es importante de 1997 a 1999 y de 2003 a 2005 (Fig. 72). Las composiciones de tallas y de edades en las capturas para cojinoba del sur y moteada son expuestas en las Figs. 73 y 74, respectivamente.

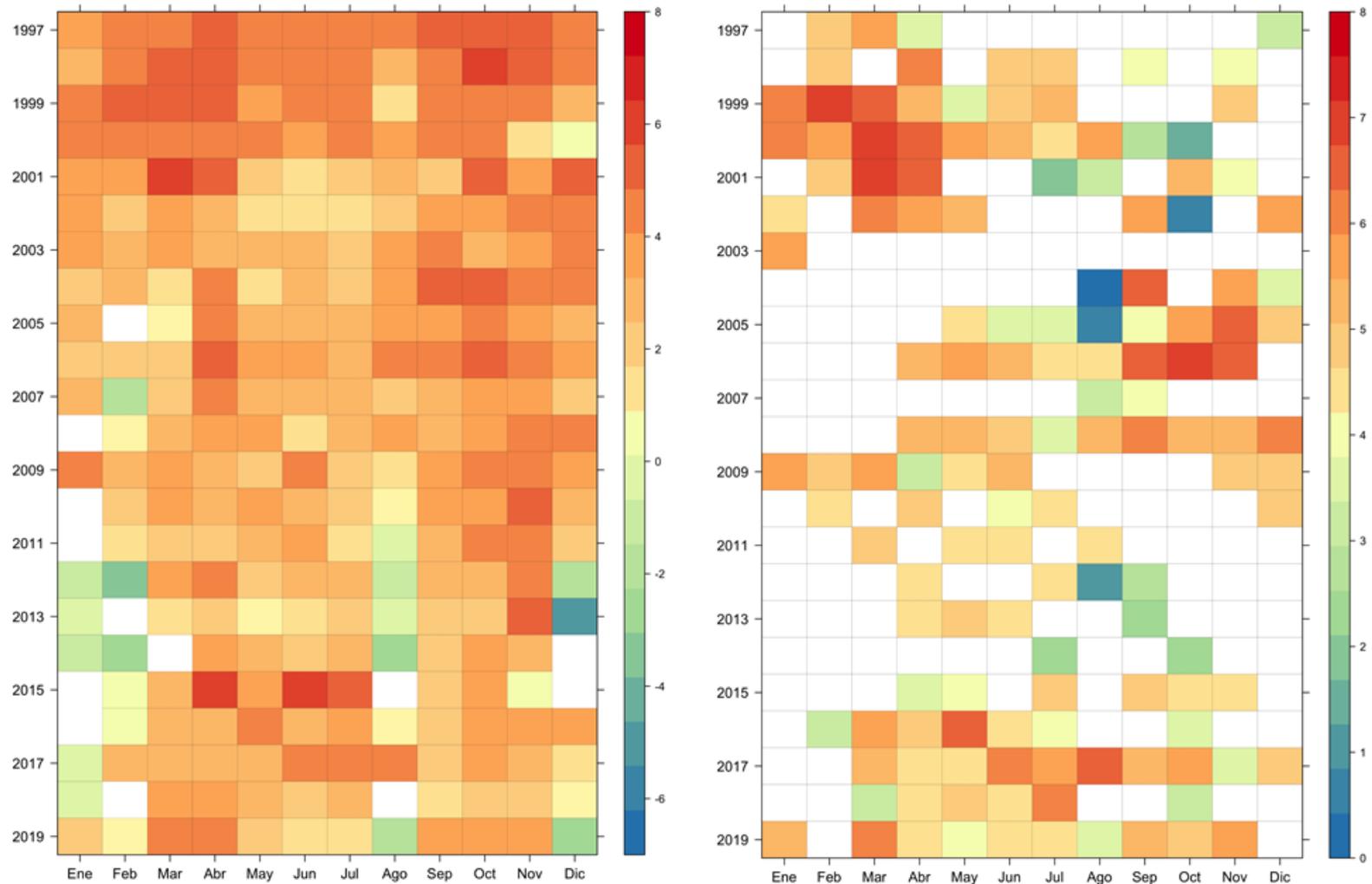


Figura 71. Información de capturas (logaritmo, izquierda) e información de frecuencias de tamaño (logaritmo del número de individuos muestreados, derecha) mensual por año de cojinoba del sur (*S. caerulea*) en la zona sur austral de 1997 a 2019.

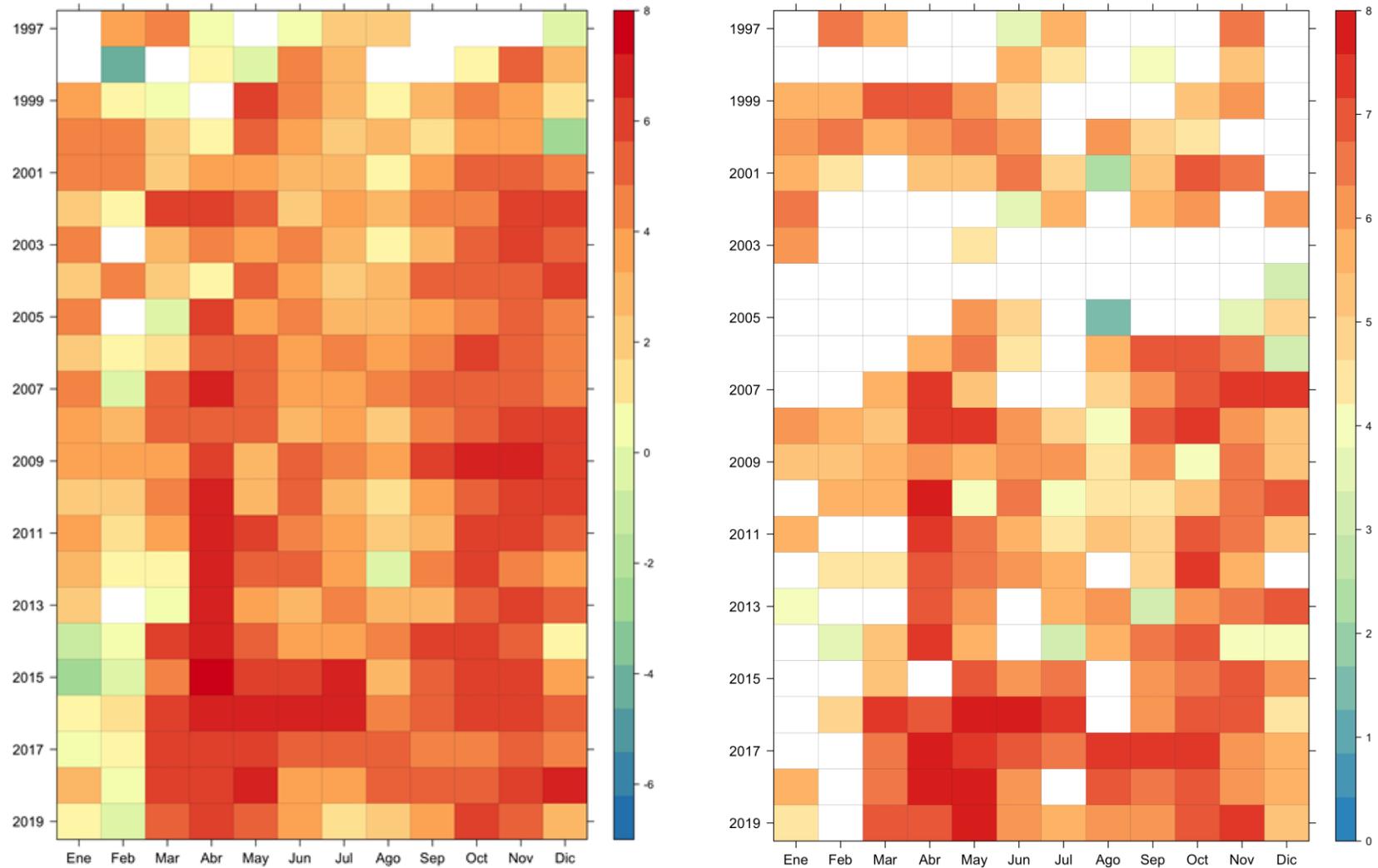


Figura 72. Información de capturas (logaritmo, izquierda) e información de frecuencias de tamaño (logaritmo del número de individuos muestreados, derecha) mensual por año de cojinoba moteada (*S. punctata*) en la zona sur austral de 1997 a 2019.

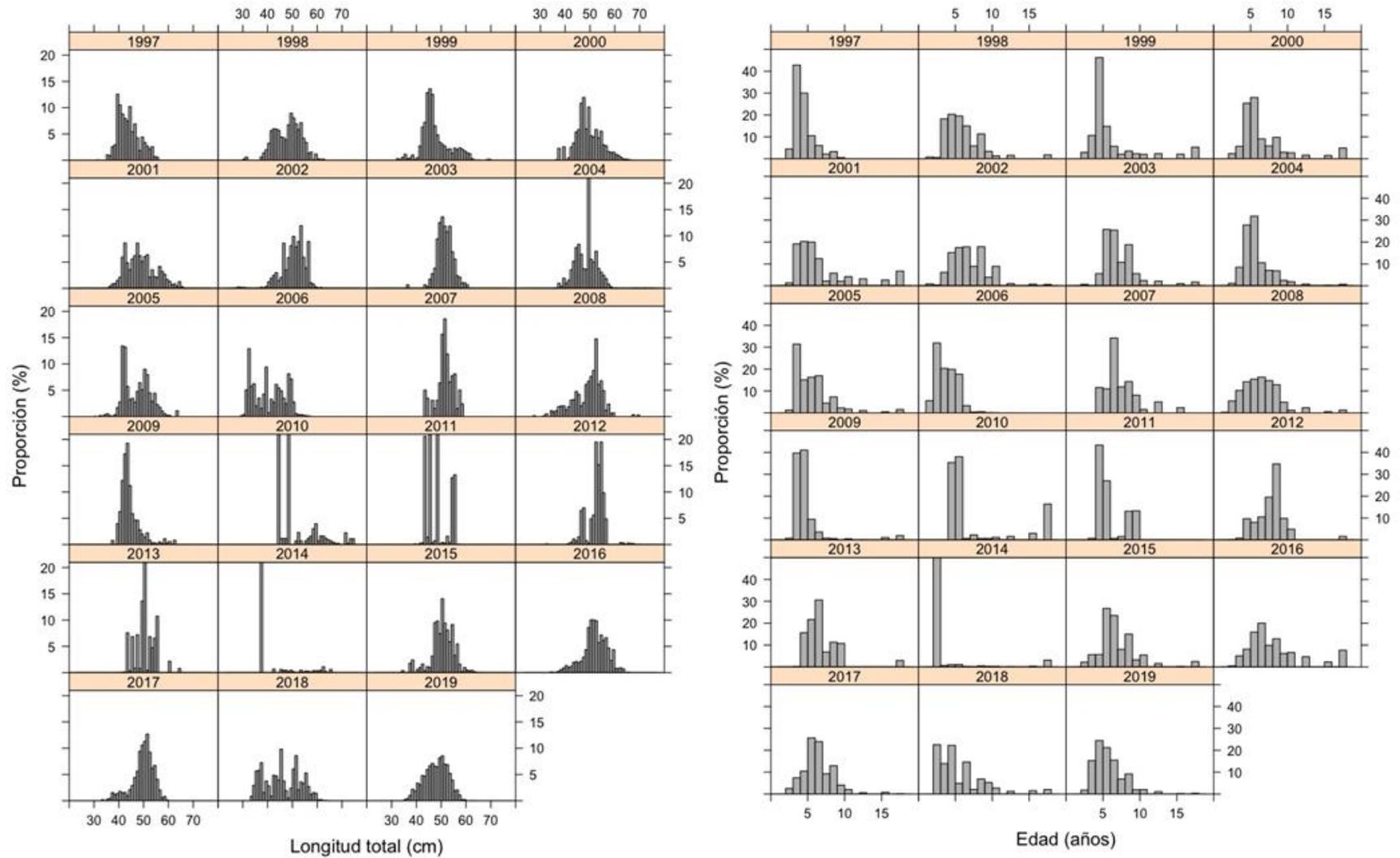


Figura 73. Composición de tamaños (izquierda) y edades (derecha) en las capturas anuales de cojinoba del sur (*S. caerulea*) en la zona sur austral de 1997 a 2019.

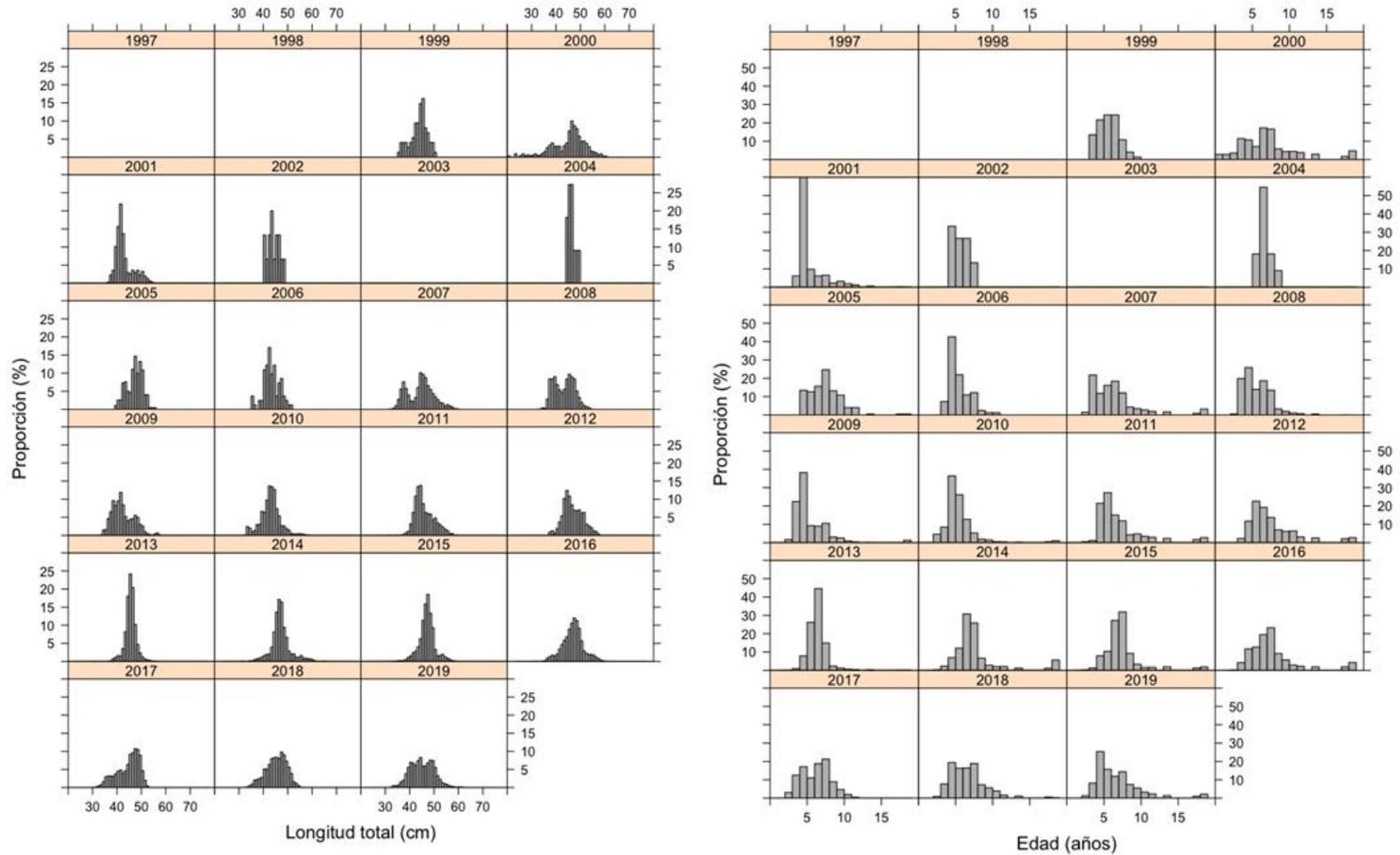


Figura 74. Composición de tamaños (izquierda) y edades (derecha) en las capturas anuales de cojinoba moteada (*S. punctata*) en la zona sur austral de 1997 a 2019.

5.3.8. Aspectos reproductivos

5.3.8.1. Fracción de sexos

La fracción de hembras en las capturas anuales de cojinoba del sur, de 1997 a 2018, estuvo en alrededor de 53%; en el caso de cojinoba moteada, la fracción de hembras 58% (Fig. 75). Para el año 2019, la fracción de hembras en las capturas mensuales de cojinoba del sur fue de 52%, mientras en el caso de cojinoba moteada ésta fue de 50% (Fig. 76).

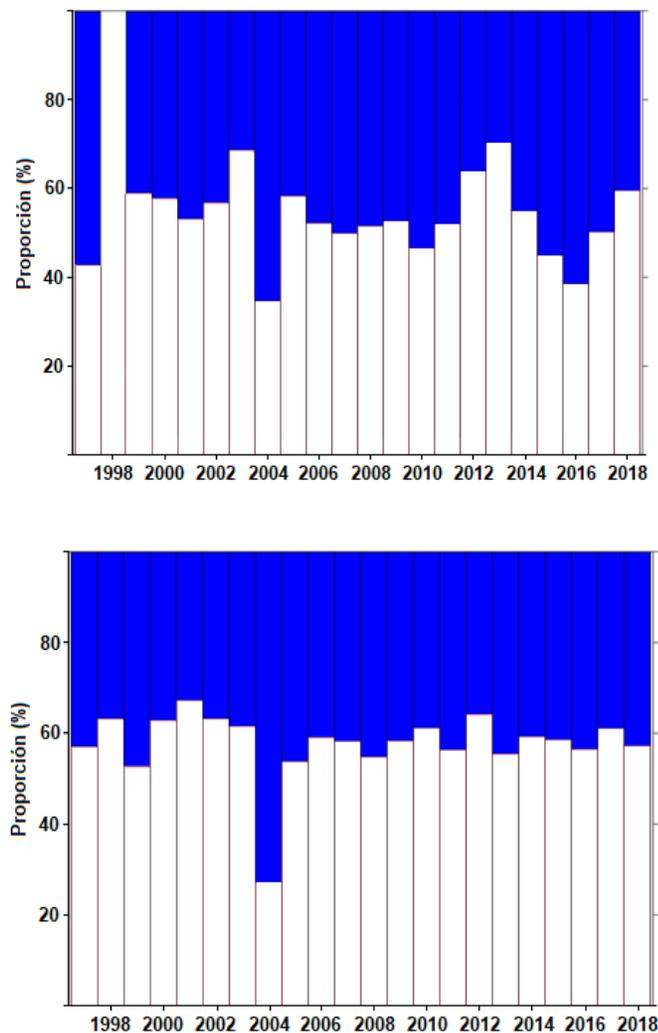


Figura 75. Fracción de sexos anual de cojinoba del sur (arriba) y cojinoba moteada (abajo) en las capturas de la zona sur austral de 1997 a 2018.

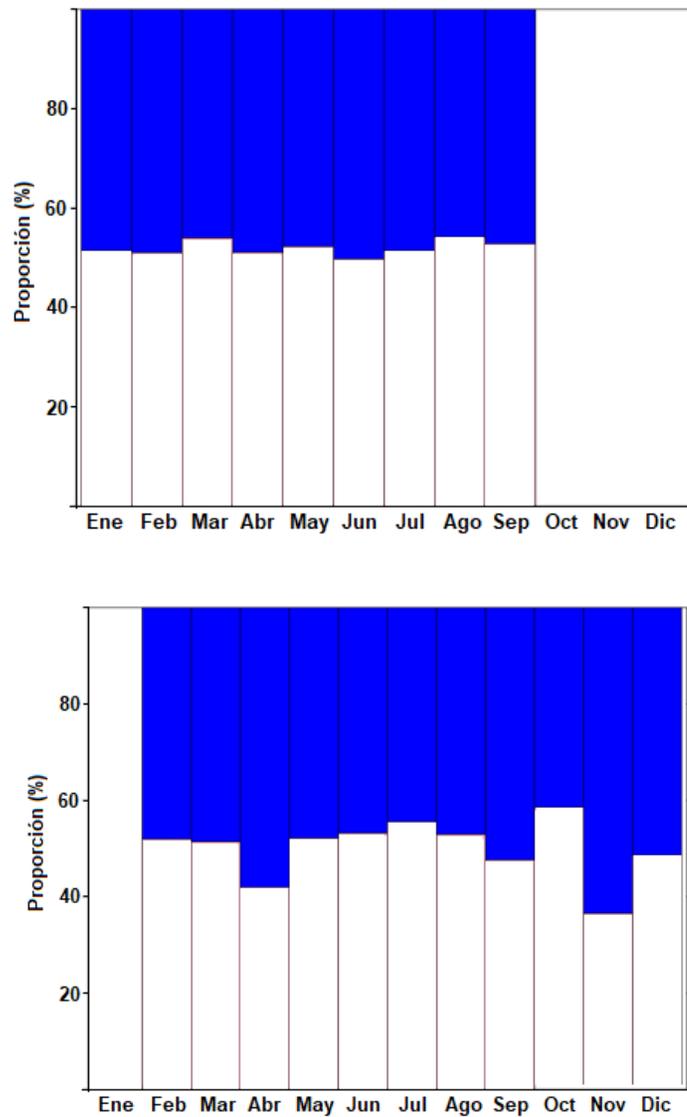


Figura 76. Fracción de sexos mensual de cojinoba del sur (arriba) y cojinoba moteada (abajo) en las capturas de la zona sur austral de enero a diciembre de 2019.

5.3.8.2. Condición reproductiva macroscópica

Para analizar la evolución de la condición reproductiva de cojinoba del sur y cojinoba moteada se agregó por mes todos los datos disponibles desde 1997 a 2018. En el caso de cojinoba del sur se observa que el estado de madurez sexual 2, EMS-2 (inmaduros) es predominante en enero y disminuye hacia agosto, volviéndose predominante en noviembre y diciembre. Complementariamente, el estado EMS-

3 (en maduración) y el estado EMS-4 (en desove) tienden a incrementarse en el mismo período. En agosto aparece como dominante el estado EMS-5 (desovante o con desove reciente). El estado EMS-6 (desovado) se presenta dominante en septiembre (Fig. 77).

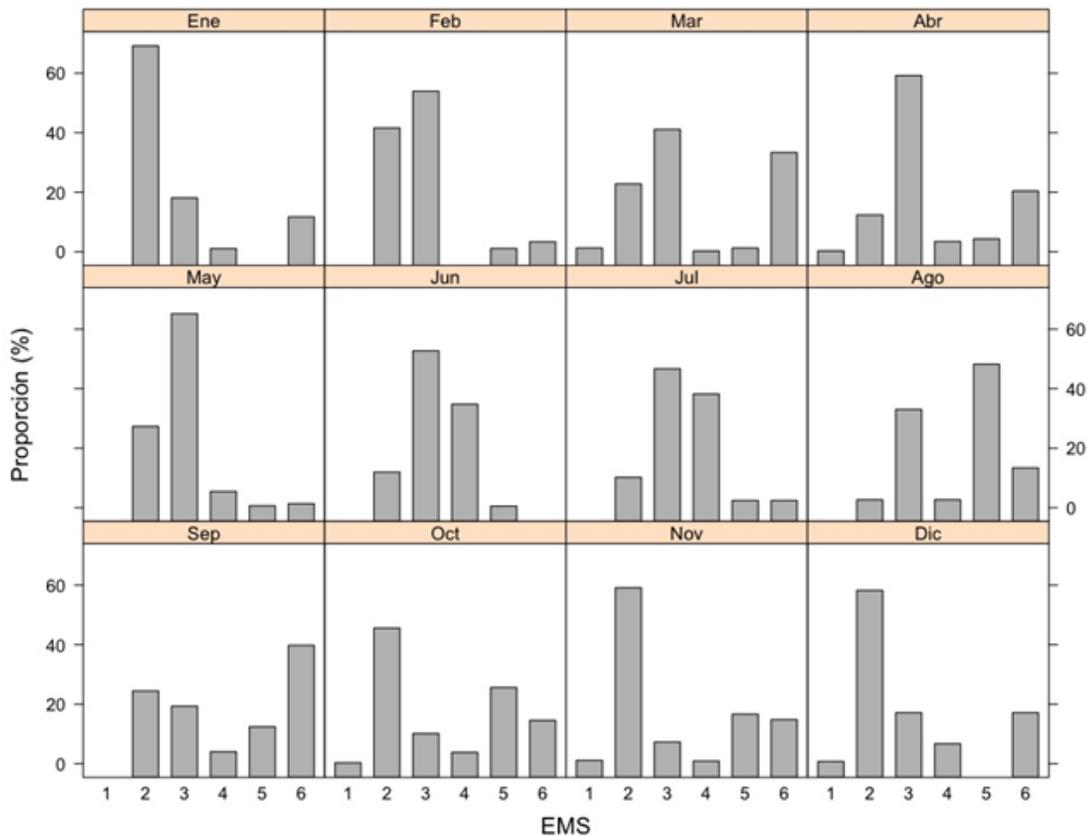


Figura 77. Proporción mensual (acumulada) de estadios de madurez sexual de cojinoba del sur (*S. caerulea*) en la zona sur austral de 1977 a 2018.

En el período 1997 a 2019, la evolución temporal (acumulada) de las hembras reproductivamente activas (estadios de madurez 3, 4 y 5) de cojinoba del sur presenta valores máximos de junio a agosto, misma situación que se observa en hembras colectadas durante el año 2019 en el presente proyecto (Fig. 78).

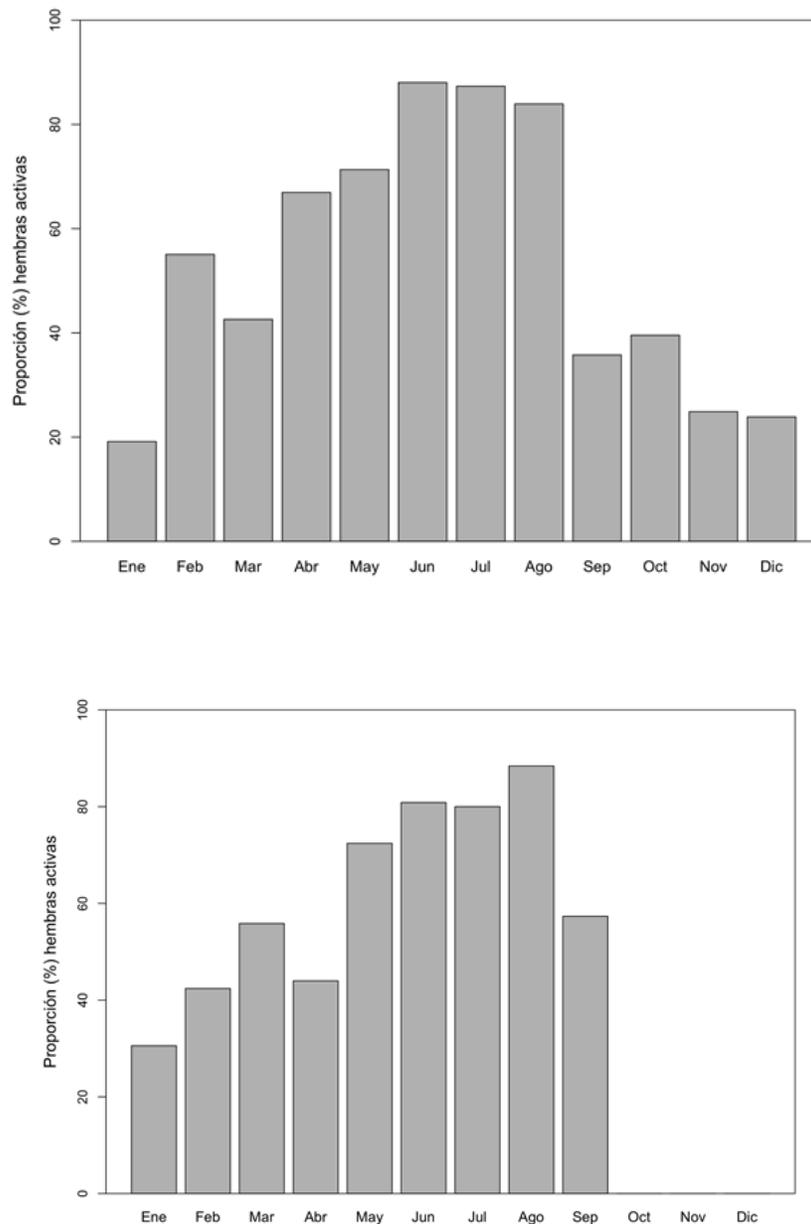


Figura 78. Fracción mensual de hembras activas (condición reproductiva) de cojinoba del sur (*S. caerulea*) en la zona sur-austral. Arriba: acumulada para el período 1997 a 2019. Abajo: año 2019.

En el período 1997-2018 el índice gonadosomático (IGS; %) promedio mensual se incrementa sostenidamente hasta agosto, para caer abruptamente en septiembre. Para el año 2019, los mayores valores de IGS ocurren de julio a septiembre con el máximo en agosto (Fig. 35). Por lo tanto, se puede fijar que la época reproductiva de cojinoba del sur ocurre de julio a septiembre.

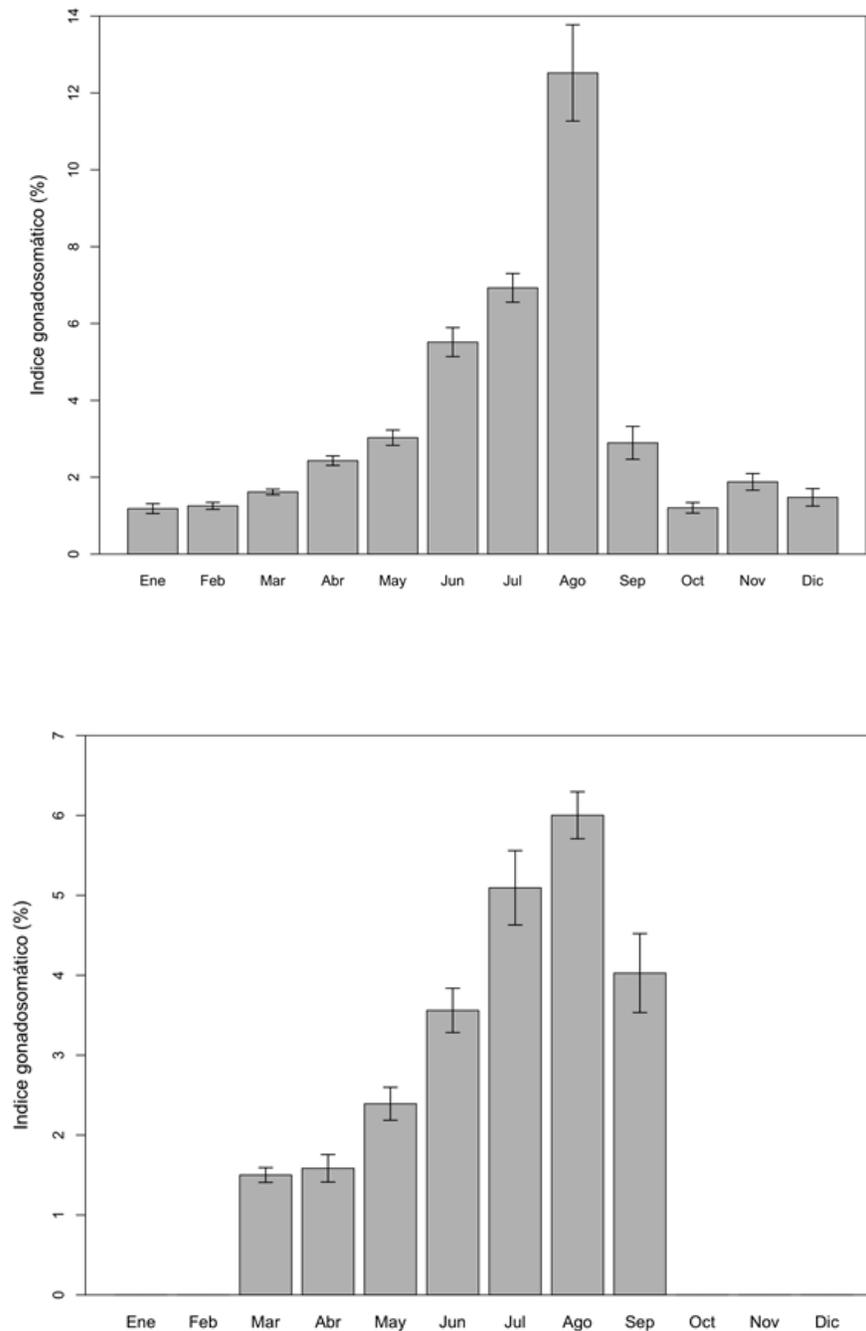


Figura 79. Índice gonadosomático (IGS, %) promedio mensual en hembras de cojinoba del sur (*S. caerulea*) en la zona sur-austral. Arriba: acumulado para el período 1997 a 2019. Abajo: año 2019. Las barras verticales corresponden a \pm una desviación estándar.

En el caso de cojinoba moteada se observa que el EMS-2 (inmaduros) fue predominante sólo en febrero y secundariamente en marzo, dando paso al predominio del EMS-3 desde abril a agosto. En cuanto a los estadios indicadores de desove reciente (EMS-4 y EMS-5), éstos se presentaron con cierta importancia en febrero y julio, mientras que el EMS-6 como indicador de post-desove es mayor de octubre y diciembre (Fig. 80). Complementariamente, la evolución temporal de las hembras de cojinoba moteada reproductivamente activas (estadios de madurez 3, 4 y 5) para el período 1997-2018 (acumulado) muestra valores máximos de mayo a agosto, misma situación que se observó en las hembras colectadas en el año 2019 (Fig. 81).

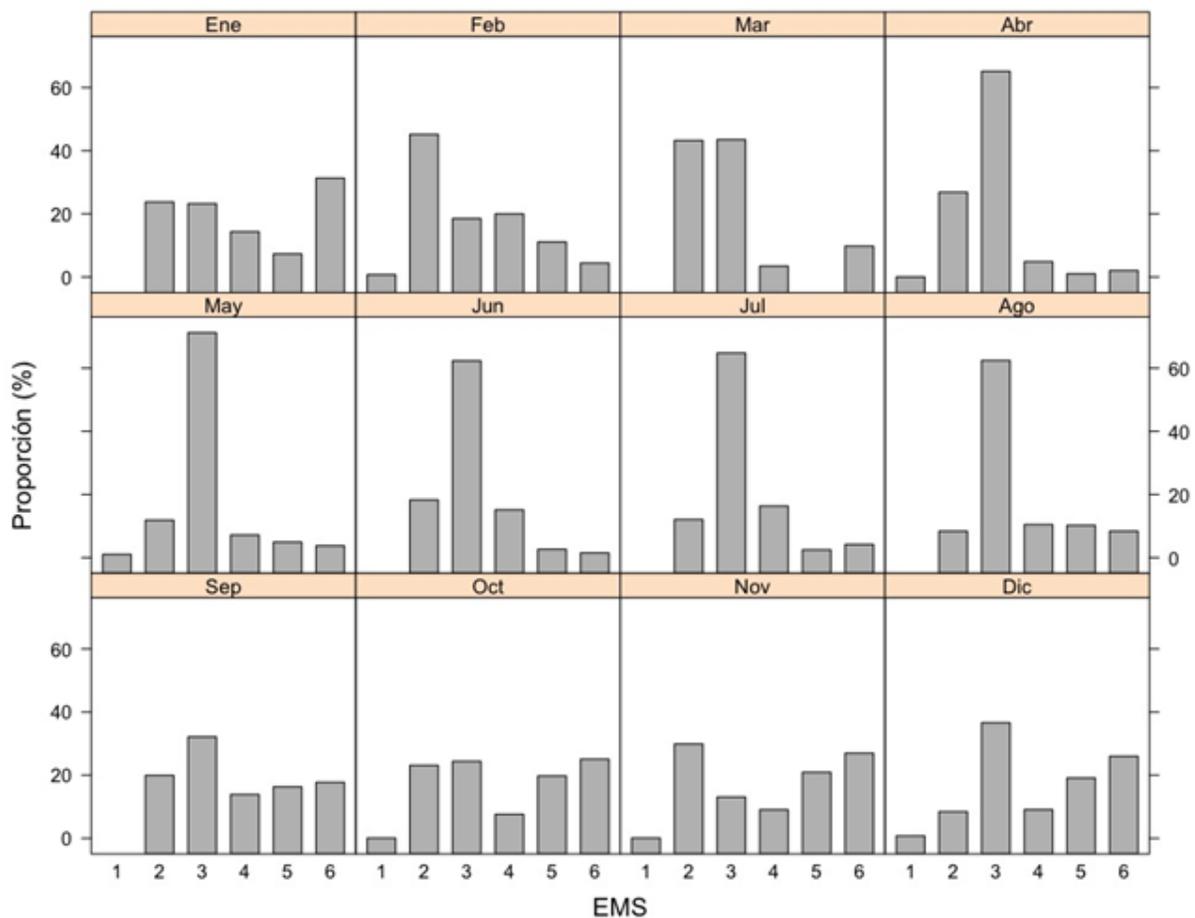


Figura 80. Proporción mensual (acumulada) de estadios de madurez sexual de cojinoba moteada (*S. punctata*) en la zona sur-austral entre 1997 y 2018.

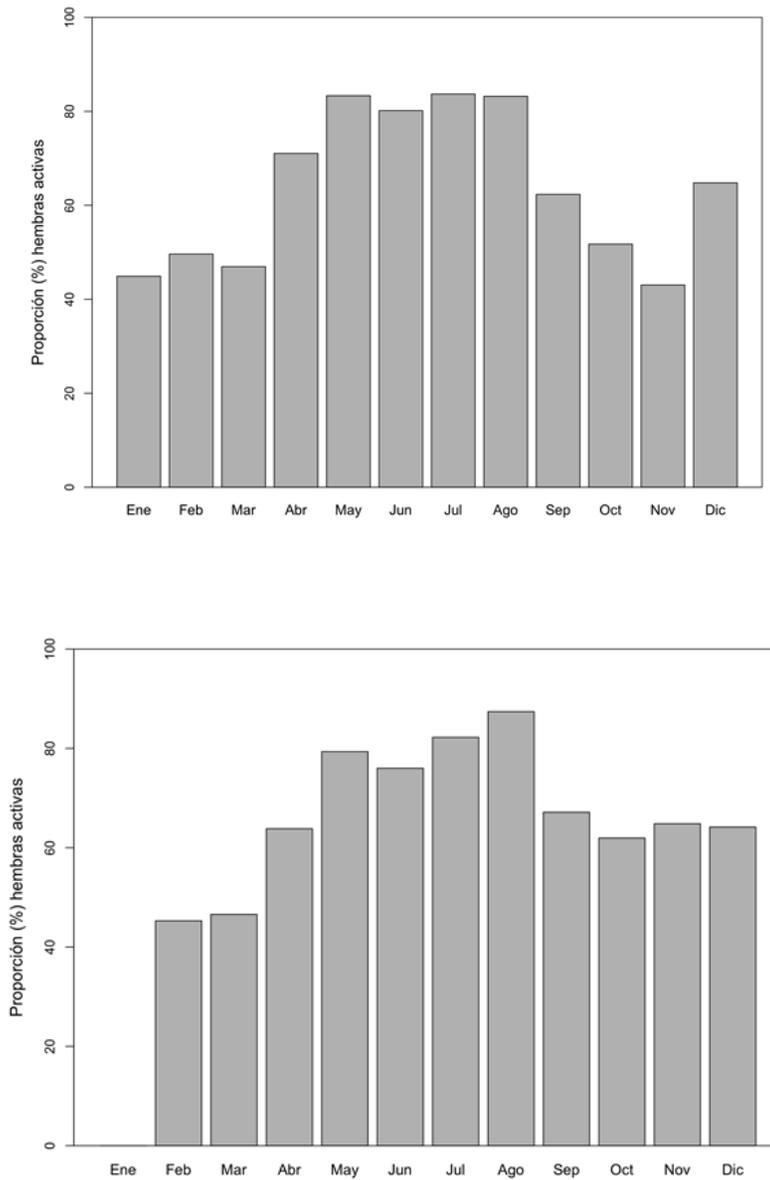


Figura 81. Proporción mensual de hembras activas (condición reproductiva) de cojinoba moteada (*S. punctata*) en la zona sur austral. Arriba: acumulada para el período 1997 a 2018. Abajo: año 2019.

En el caso del índice gonadosomático (IGS, %) promedio mensual (período 1997-2018), se observa que la presencia de dos máximos, uno en febrero y otro en agosto. De abril a agosto, el IGS promedio se incrementa para luego caer también gradualmente hasta noviembre-diciembre. En el

año 2019, a diferencia del comportamiento histórico, no se observa el máximo secundario de febrero, sino el crecimiento sostenido del IGS desde febrero (primer mes de datos) hasta agosto, y su caída posterior en septiembre y octubre (Fig. 82). Luego, en el caso de cojinoba moteada podría existir un pico reproductivo secundario en febrero y un período reproductivo principal entre junio y agosto, con máximo en este último mes.

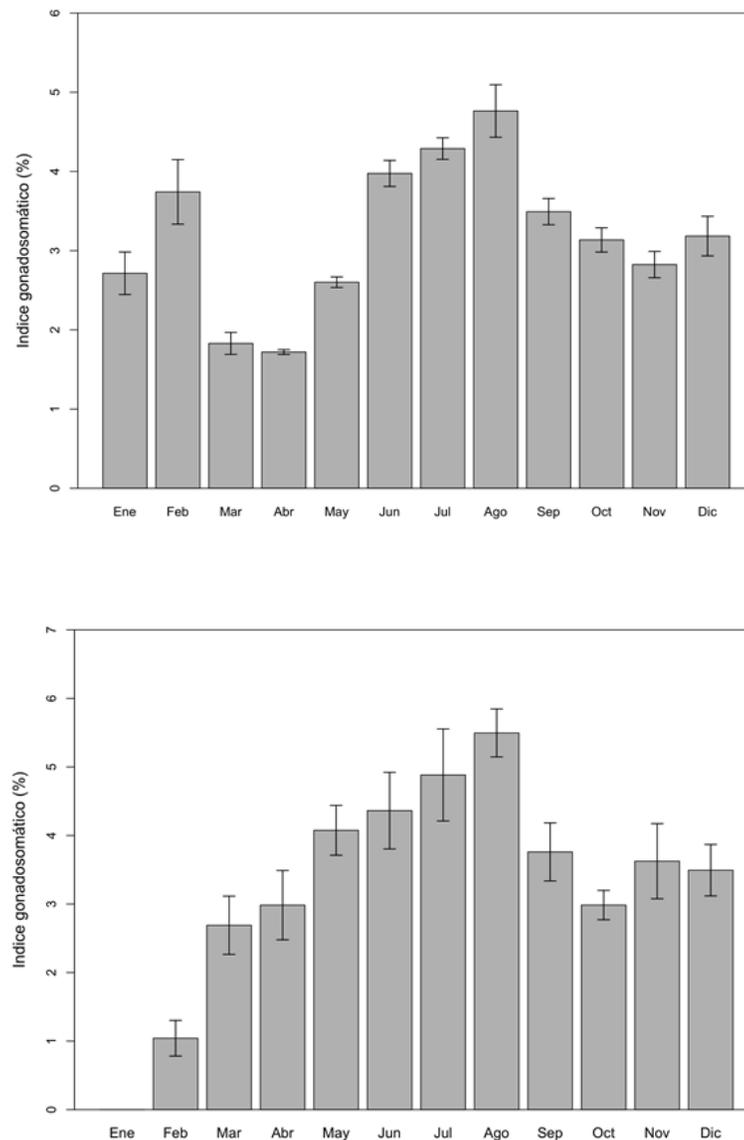


Figura 82. Índice gonadosomático (IGS, %) promedio mensual en hembras de cojinoba moteada (*S. punctata*) en la zona sur-austral. Arriba: acumulado para el período 1997 a 2018. Abajo: año 2019. Las barras verticales corresponden a \pm una desviación estándar.

5.3.8.3. Condición reproductiva histológica

Para los análisis reproductivos histológicos se muestreó ejemplares de *S. caerulea* (n = 30) y *S. punctata* (n = 68) en agosto y octubre de 2019. Las muestras fueron colectadas a bordo del PAM Friosur X. Se registró parámetros biológicos de 187 peces y se examinó 98 ovarios para análisis histológicos con un recuento total de 101.850 oocitos.

5.3.8.4. Determinación e identificación de estados de desarrollo oocitario

El Factor de Condición de los ejemplares de *S. caerulea* fue $1,19 \pm 0,65$ y para *S. punctata* fue $1,06 \pm 0,09$. Se infiere que los peces se encontraban en buen estado fisiológico. El índice gonadosomático (IGS) promedio fue de $6,25\% \pm 1,69$ en *S. caerulea* y $2,92\% \pm 1,92$ en *S. punctata*, lo que da cuenta de un estado reproductivo activo en ambas especies cuando se realizó los muestreos. El desarrollo de los estados celulares ováricos de ambas especies (desde oocitos previtelogénicos hasta oocitos en estado maduro, Figs. 83, 84 y 85) se caracteriza por la activa incorporación de vitelo, además del desarrollo de microestructuras en la cubierta oocitaria características de cada estado de madurez gonadal (Tablas 33 y 34).

5.3.8.5. Oocitos Primarios

Los oocitos en el estado primario se encuentran delimitados por una capa simple de células prefoliculares. Estos oocitos tienen forma esférica, presentan ooplasma altamente homogéneo y basófilo. El núcleo presenta diámetro grande y se encuentra localizado en posición central. Además, comienzan a aparecer nucléolos en la periferia del núcleo, asociados a la cara interna de la envoltura nuclear (Figs. 83A, 85A). En este estado de desarrollo, los oocitos de *S. caerulea* y *S. punctata* (al igual que el de otros peces teleósteos) aumentan su diámetro celular desde aproximadamente $14 \mu\text{m}$ a más de $126 \mu\text{m}$, acompañado de la disminución de la razón núcleo/citoplasma (Selman & Wallace 1982), pudiendo distinguirse oocitos primarios ovoides en estado Primario con ooplasma altamente basófilo y homogéneo. Cuando estos oocitos crecen, presentan externamente una capa simple de células prefoliculares, distinguiéndose el núcleo central de mayor tamaño. Su envoltura presenta invaginaciones, formando la vesícula germinal (McMillan 2007), rodeada de nucléolos.

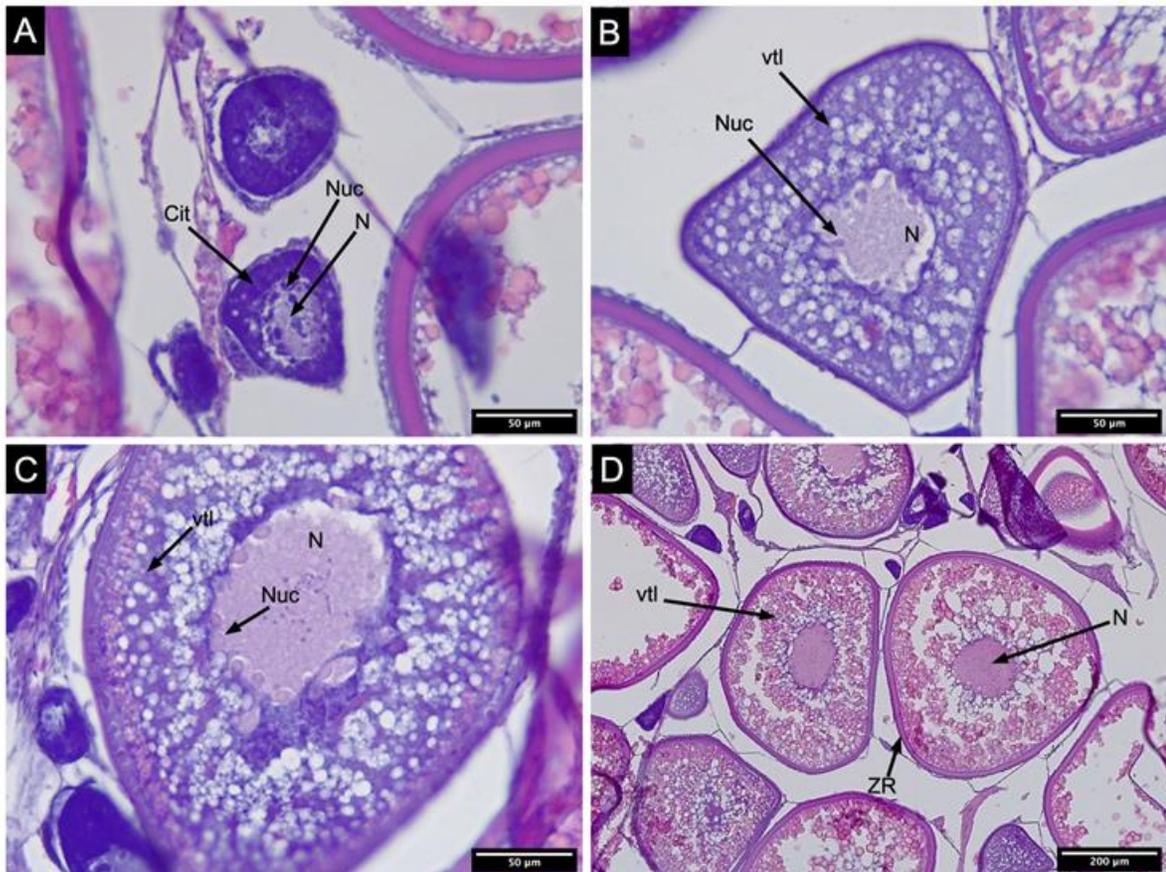


Figura 83. Microfotografía de corte transversal de ovario de *S. caerulea*. A: oocitos en estado primario; B: oocitos en estado previtelogénico; C: oocito en estado vitelogénico; D: oocitos en estado maduro. Nomenclatura: Cit = citoplasma; Nuc = nucleolos; N = núcleo, vtl = vitelo; ZR = zona radiada.

5.3.8.6. Oocitos Previtelogénicos (PreVtg)

En este estado los oocitos se encuentran delimitados por una capa simple de células foliculares con nucléolos en la periferia del núcleo, asociados en la cara interna de la envoltura nuclear, aunque en menor proporción que en el estado primario (Figs. 83B y 85B). El núcleo aún es prominente y de posición central. Estos oocitos presentan forma ovoide y con mayor diámetro (70 a 222 μm) que los oocitos descritos como en estado Primario (Tablas 33 y 34). El ooplasma presenta irregularidades debido al comienzo de la incorporación de vitelo (Figs. 83B, 84A y 85B).

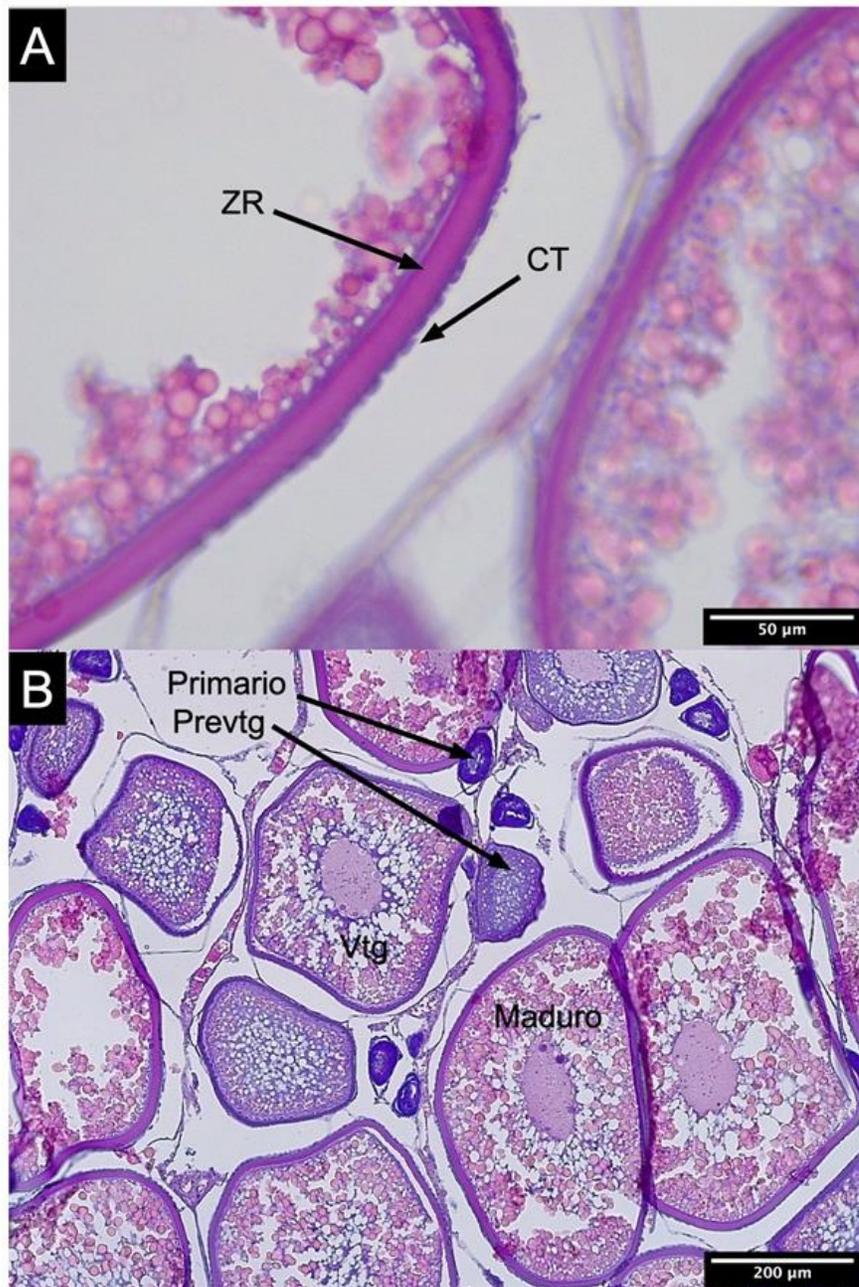


Figura 84. Microfotografía de corte transversal de ovario de *Seriolella caerulea*. A: envoltura oocitaria en oocitos en estado maduro, constituida por capa interna de la zona radiada (ZR) y zona externa o células de la teca (CT); B: microfotografía de estado asincrónico de corte transversal de ovario de *Seriolella*.

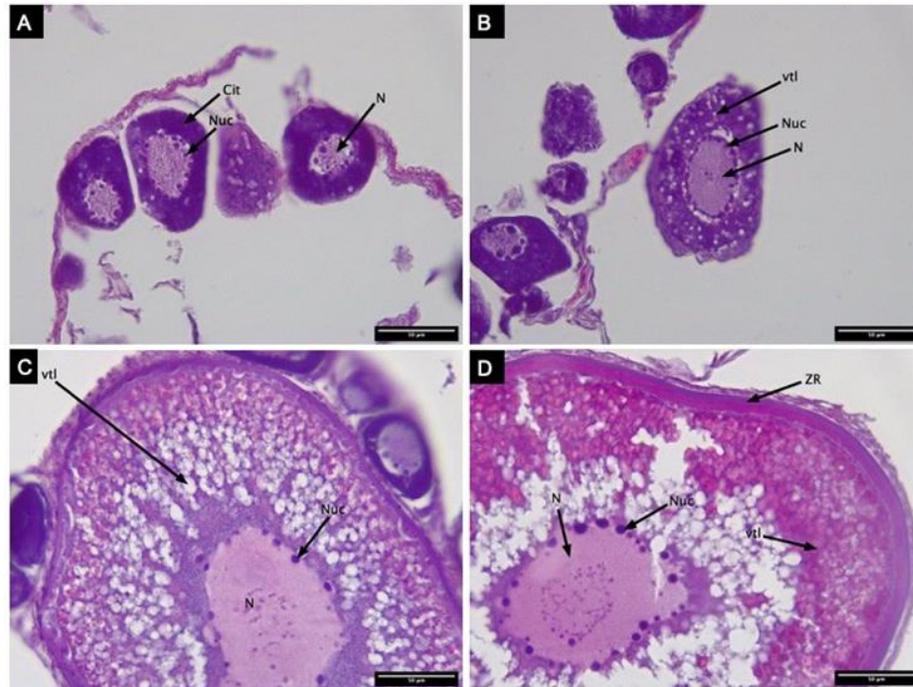


Figura 85. Microfotografía de corte transversal de ovario de *S. punctata*. A: oocitos en estado primario; B: oocitos en estado previtelogénico; C: oocito en estado vitelogénico; D: oocitos en estado maduro. Nomenclatura: Cit = citoplasma; Nuc = nucleolos; N = núcleo, vtl = vitelo; ZR = zona radiada.

Los oocitos en estado previtelogénico se caracterizan por la aparición de una capa definida de células foliculares, el inicio de micropinocitosis de vitelo que les proporciona aspecto irregular al oocito y aumento en el número de nucléolos asociados a la cara interna de la envoltura nuclear. El núcleo se mantiene en posición central y su envoltura es altamente irregular (Figs. 83B y 85B). La presencia de estos componentes corresponde a una etapa alveolo cortical según lo describen Begovac & Wallace (1988), Selman & Wallace (1986, 1989) y Selman *et al.* (1991).

Tabla 33. Características principales del desarrollo oocitario de *Seriolella caerulea*. Nomenclatura: N.O. = No Observado

Estado	Diámetro Celular(μm)	Diámetro Nuclear (μm)	Cubierta Oocitaria	Características Morfológicas	Descripción de la Vitelogénesis	Nucléolos
Primario	76,7 ± 18,04	40,33 ± 10,95	Delimitado externamente por una sola capa de células foliculares	Célula esférica. Ooplasma altamente basófilo. Alvéolos corticales.	Sin presencia de gránulos de vitelo	Dispuestos en la periferia del núcleo y asociado con la cara interna de la envoltura nuclear.
PreVitelogénico	134,32 ± 24,68	60,92 ± 12,64	Delimitado por una delgada capa de células foliculares	Ooplasma irregular debido a inicio de incorporación de vitelo	Comienzo de la pinocitosis de vitelogenina	Dispuestos en la periferia del núcleo y asociado con la cara interna de la envoltura nuclear. Comparativamente en menor proporción.
Vitelogénico	343,92 ± 60,41	124,56 ± 19,19	Cubierta más gruesa de oocito. Formado por dos capas (zona radiada y células de la Teca)	Célula ovoide. Ooplasma irregular de aspecto esponjoso por activa incorporación de vitelo. Núcleo de forma irregular y desplazado hacia la periferia	Pinocitosis activa de vitelo	En menor proporción.
Maduro	528,89 ± 59,03	145,28 ± 25,09	Zona Radiata de mayor espesor. Capa uniforme de células de teca	Una célula ovoide de máximo crecimiento y desarrollo	Ooplasma fragmentado debido a fusión de gránulos y las plaquetas vitelo	N.O.

Tabla 34. Características principales del desarrollo oocitario de *Seriolella punctata*. Nomenclatura: N.O. = No Observado

Estado	Diámetro Celular(μm)	Diámetro Nuclear (μm)	Cubierta Oocitaria	Características Morfológicas	Descripción de la Vitelogénesis	Nucléolos
Primario	70,28 ± 14,93	40,70 ± 10,20	Delimitado por una sola capa de células foliculares	Célula esférica. Ooplasma altamente basófilo. Alvéolos corticales.	Sin presencia de gránulos de vitelo	Dispuestos en la periferia del núcleo y asociado con la cara interna de la envoltura nuclear.
PreVitelogénico	123,15 ± 19,65	62,58 ± 17,74	Delimitado por una delgada capa de células foliculares	Ooplasma irregular debido a inicio de incorporación de vitelo	Comienzo de la pinocitosis de vitelogenina	Dispuestos en la periferia del núcleo y asociado con la cara interna de la envoltura nuclear. Comparativamente en menor proporción.
Vitelogénico	272,40 ± 86,40	105,15 ± 43,69	Cubierta más gruesa de oocito. Formado por dos capas (Zona radiada y células de la Teca)	Célula ovoide. Ooplasma irregular de aspecto esponjoso por activa incorporación de vitelo. Núcleo de forma irregular y desplazado hacia la periferia	Pinocitosis activa de vitelo	En menor proporción.
Maduro	488,73 ± 114,13	137,40 ± 89,38	Zona Radiata de mayor espesor. Capa uniforme de células de teca	Una célula ovoide de máximo crecimiento y desarrollo	Ooplasma fragmentado debido a fusión de gránulos y las plaquetas vitelo	N.O.

5.3.8.7. Estado Vitelogénico (Vtg)

Durante la vitelogénesis la zona radiada aparece bilaminada (Fig. 84A) y se presenta una reducción de la razón en el diámetro célula/núcleo. Además, éste es progresivamente desplazado hacia el polo animal, según lo reporta McMillan (2007). La activa incorporación de vitelogenina exógena al oocito es la responsable del aumento de diámetro, dándole aspecto irregular (Figs. 83C y 85C). Esta activa micropinocitosis por parte del oocito, y secuestro hacia el ooplasma en forma de gránulos, es el evento celular más característico de la etapa de vitelogénesis, según lo reportan Sellman & Wallace (1982) y Muñoz-Cueto (2005) para otros peces.

5.3.8.8. Estado maduro

Los oocitos en estado Maduro se caracterizan por presentar mayor desarrollo (diámetro en el rango de 400 μm a 688 μm), cubierta oocitaria de $17 \pm 2,83 \mu\text{m}$ (Tabla 33), compuesta por la zona radiada (interna) y células de la teca (delgada capa celular externa) (Fig. 83A). El ooplasma se vuelve homogéneo debido a la coalescencia de los gránulos de vitelo, aunque sin llegar a formar un solo conglomerado (Figs. 83D y 85D), desplazando hacia la periferia a los alvéolos corticales.

5.3.8.9. Cubierta oocitaria

Los oocitos en estado temprano de desarrollo están rodeados del límite celular, compuesto por una capa simple de células foliculares (Figs. 83A y 85A). En este estado de desarrollo oocitario no es posible observar canales comúnmente presentes en otros peces teleósteos, formados para atrapar microvellosidades que se extienden perpendicularmente a la envoltura, dando un patrón estriado característico de la zona radiada (McMillan 2007). El desarrollo de los oocitos implica mayor complejidad en la morfología de la cubierta. Los oocitos previtelogénicos presentan una capa externa delgada de células foliculares (Figs. 83B y 85B), y una capa homogénea y translúcida. En etapas de desarrollo más avanzadas (estado vitelogénico), la zona radiada se divide en una capa

interna de mayor espesor y otra capa externa formada por una única capa de células de la teca de espesor inferior a 17 μm (Tabla 34).

En oocitos en estado maduro, la morfología de la zona radiada se vuelve más compacta y aumenta significativamente su espesor (Figs. 83D, 84A, 84B y 85D). En este estado es posible observar estriaciones de la capa interna y la capa de células foliculares unilaminada y plana, la cual es mucho más gruesa si se compara con especies dulceacuícolas presentes en Chile, según lo reportado por Huaquin *et al.* 2002.

Del análisis histológico de los ovarios de ambas especies se observa que presentan diferencias estadísticamente significativas respecto de la composición de estadios oocitarios (ANOVA $p < 0,05$) (Fig. 86), lo que demuestra un desarrollo ovárico asincrónico que redundará en un desove parcial. De acuerdo con Céspedes *et al* (2016), las hembras de cojinoba presentan máximo reproductivo en invierno (junio a agosto) con desove de mayor intensidad desde fines de invierno.

La frecuencia de oocitos y el diámetro celular indican que las hembras presentan todos los estados de madurez del desarrollo ovárico con diámetros significativamente diferentes entre estadios de madurez (Fig. 86). Se observa alto crecimiento protoplásmico de oocitos en estado primario, lo que indica una condición normal del estado reproductivo de ambas especies (Figs. 86 y 87).

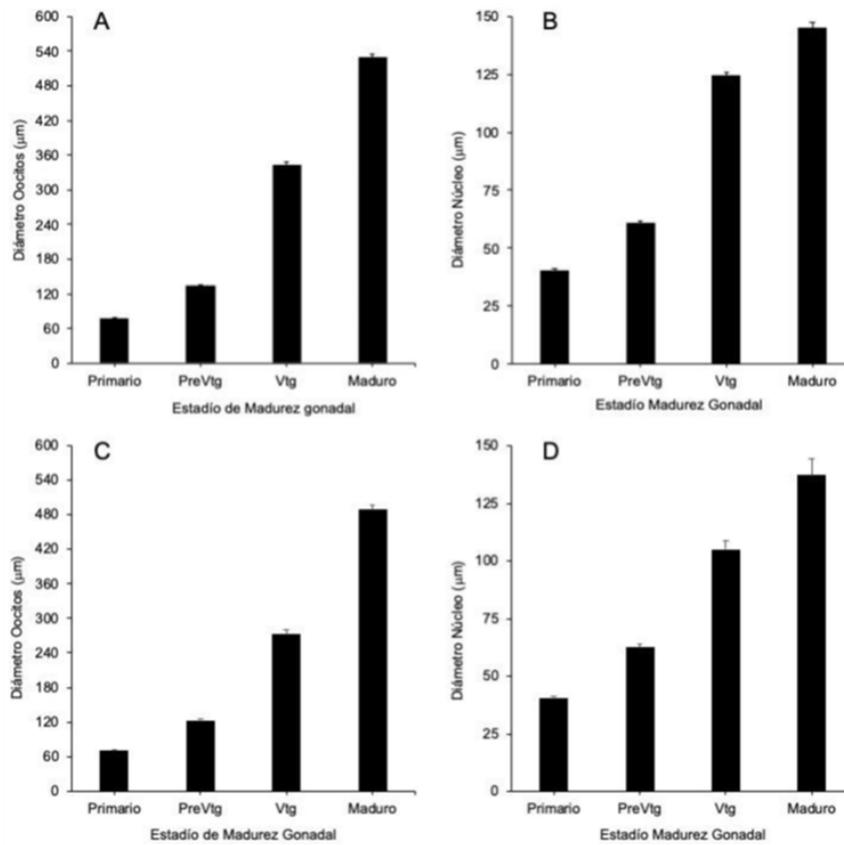


Figura 86. A: diámetro de oocitos (μm); B: diámetro de núcleos (μm) en los distintos estados de desarrollo gonadal descritos para *S. caerulea*; C: diámetro de oocitos (μm); D: diámetro de núcleos (μm) en los distintos estados de desarrollo gonadal de *S. punctata*. La barra indica error estándar.

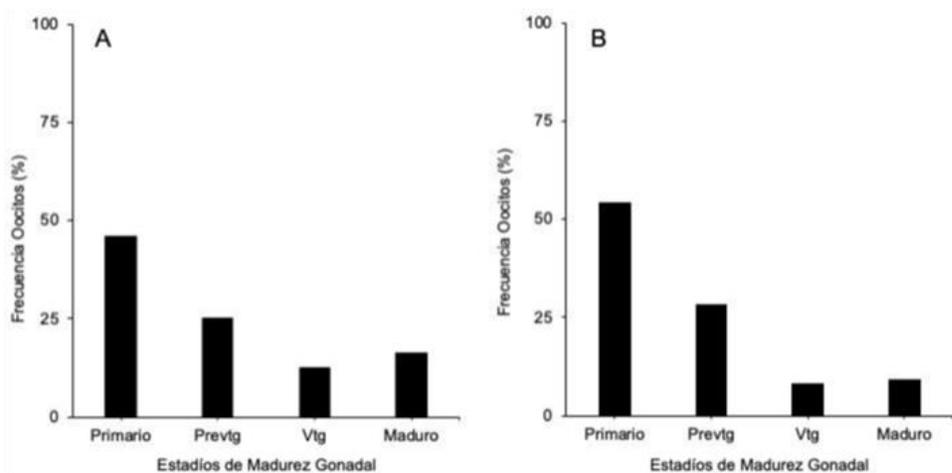


Figura 87. Frecuencia de oocitos de A: *Seriolella caerulea*; B: *S. punctata*

5.3.8.10. Talla media de madurez

Con la información hembras maduras a la talla para los meses de junio a agosto se estimó la talla media de madurez sexual de cojinoba del sur y cojinoba moteada (Fig. 44). Para *S. caerulea* la talla media de madurez se estimó en 41,5 cm de LT (I.C.: 39,9 - 43,2), mientras que para *S. punctata* la talla media de madurez se estimó en 37,7 cm de LT (I.C.: 36,1 - 39,4).

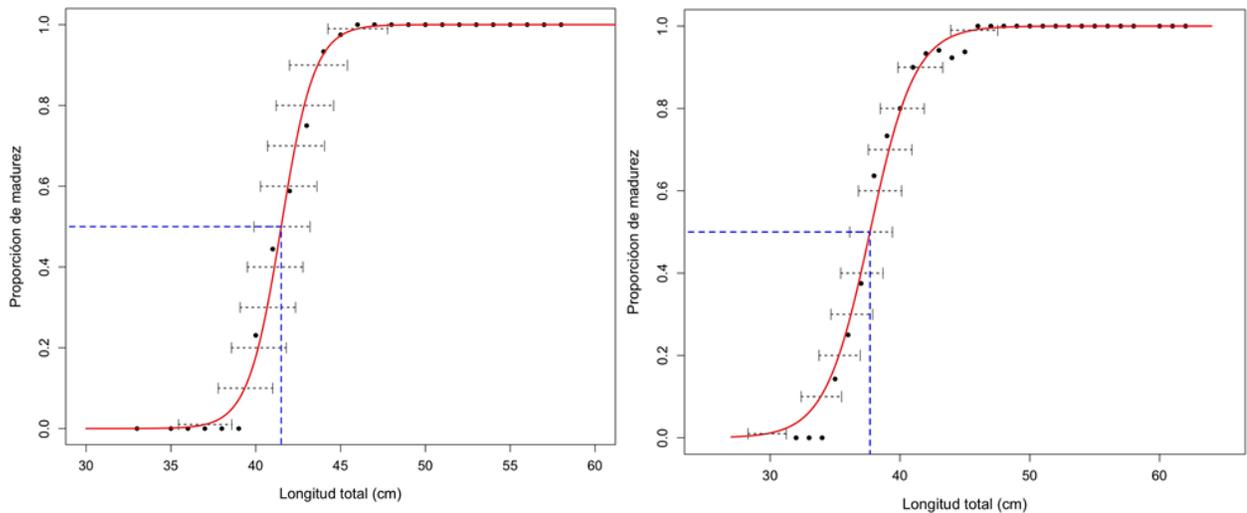


Figura 88. Ojiva de madurez (fracción de hembras maduras) de cojinoba del sur (*S. caerulea*, arriba) y cojinoba moteada (*S. punctata*, abajo), año 2019. Línea roja: ajuste de la función de madurez; línea azul: talla al 50% de madurez; líneas grises: intervalo intercuartil de la talla a distintos niveles de madurez.

5.3.9. Composición de la dieta

5.3.9.1 Descripción de la dieta

El análisis de la dieta de cojinoba del sur y cojinoba moteada consideró 2.020 estómagos analizados, de los que 864 corresponden a *S. caerulea* (42,8%) y 1.156 a *S. punctata* (57,2%). Los estómagos con algún contenido en el caso de cojinoba del sur fueron 489 (56,6%), mientras que en cojinoba moteada fueron 517 estómagos (44,7%) (Tabla 35). El resto de los estómagos se presentaron vacíos o con algún tipo de contenido no identificable por lo que no fueron considerados en análisis posteriores.

Tabla 35. Número y estómagos totales y con contenido (C/cont) utilizados en el análisis del contenido estomacal de *S. caerulea* y *S. punctata*.

Mes	<i>S. caerulea</i>		<i>S. punctata</i>	
	C/cont	Total	C/cont	Total
Ene.				
Feb.				
Mar.	134	240	79	123
Abr.	52	74	31	72
May.	84	147	71	159
Jun.	99	189		
Jul.	59	105		
Ago.	22	30	61	137
Sep.	39	79	79	147
Oct.			81	191
Nov.			74	218
Dic.			41	109
Total	489	864	517	1.156

La dieta de cojinoba del sur se compone de 7 taxa de tres grupos taxonómicos, a saber: pequeños crustáceos (copépodos, eufáusidos, langostinos Munidae, y estomatópodos), cefalópodos (Histiotteuthidae, Octopodidae) y peces (Myctophidae). En cambio, en el caso de la dieta de cojinoba moteada, ésta fue más amplia y se compone de 12 taxa pertenecientes a 5 grupos

taxonómicos: crustáceos (copépodos, eufáusidos, langostinos Munidae), anfípodos (Hyperidae), estomatópodos otros crustáceos indeterminados (restos), cefalópodos (Histioteuthidae, Octopodidae), otros gastrópodos, poliquetos (Annelida), salpas (Urochordata) y peces (Myctophidae) (Tabla 36).

Tabla 36. Ítems presa encontrados en el contenido estomacal de cojinoba del sur (*S. caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*) en la zona sur-austral, año 2019.

Presa	Presencia	
	<i>S. caerulea</i>	<i>S. punctata</i>
Crustacea		
Copepoda	X	X
Euphausiacea	X	X
Hyperidea		X
Munidae	X	X
Stomatopoda	X	X
Crustacea sp.		X
Mollusca		
Histioteuthidae	X	X
Octopodidae	X	X
Gastropoda sp		X
Annelida		
Polychaeta		X
Urochordata		
Salpidae		X
Pisces		
Myctophidae	X	X

En la Fig. 89 se muestra algunas de las presas encontradas en los estómagos de cojinoba de sur y cojinoba moteada; en las Tablas 37, 38 y 39 se presenta la frecuencia de ocurrencia (número de estómagos), abundancia (número de presas) y peso de las presas encontradas en la dieta de ambas especies de cojinobas de marzo a diciembre de 2019. No se muestreó estómagos en enero y febrero de 2019 por acondicionamiento logístico para el envío y análisis de muestras.

En caso de la dieta de cojinoba del sur, la principal presa corresponde a eufáusidos (frecuencia de 73,3% de los estómagos con contenido; 97,7% del número de presas; 90,9% del peso del contenido;

Tabla 40). En el caso de cojinoba moteada la dieta estuvo dominada por la presencia de eufáusidos (frecuencia de 71,7% en los estómagos con contenido; 99,2% de las presas en número; 94,9% del peso). En ambas especies el segundo taxa en importancia relativa corresponde a peces linterna. En la alimentación de cojinoba del sur (Fig. 90) y cojinoba moteada (Fig. 91) los eufáusidos son la presa dominante, mientras que el resto de las presas son raras.

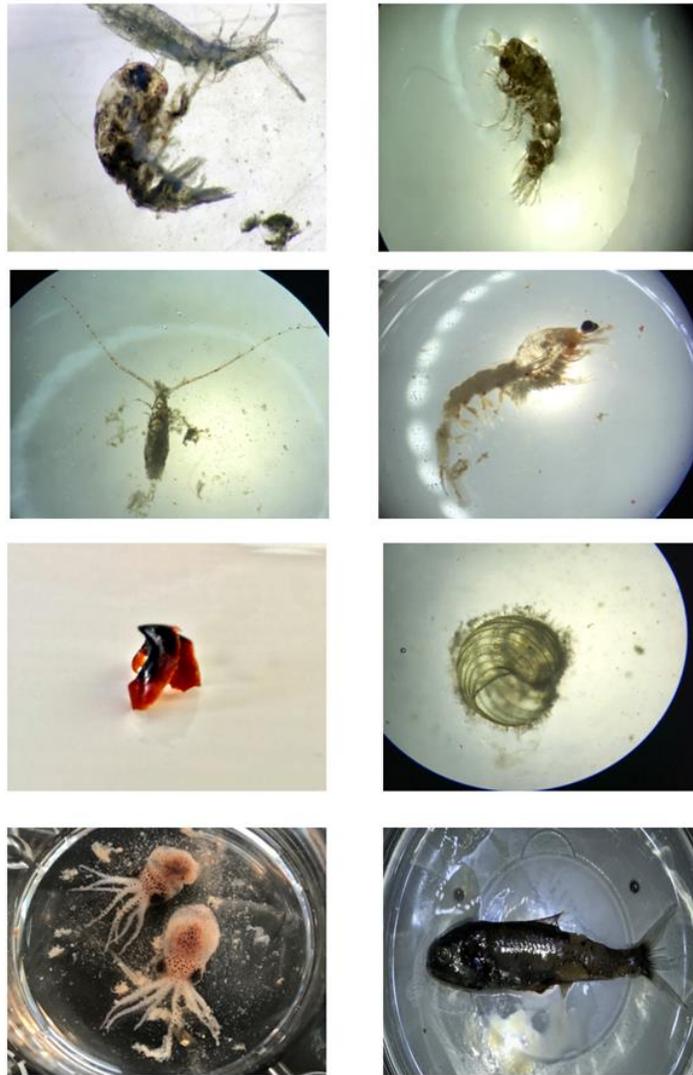


Figura 89. Imágenes de algunas presas de cojinoba del sur y cojinoba moteada.

Tabla 37. Número de estómagos de *S. caerulea* (arriba) y *S. punctata* (abajo) con presencia de una determinada presa.

Presa	Meses										Total
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Copepoda	1			5		1	2				9
Euphausiacea	133	51	71	88	59	22	32				456
Hyperidea											
Munidae				2							2
Stomatopoda				3							3
Crustacea sp.											
Histioteuthidae							3				3
Octopodidae				4							4
Gastropoda sp											
Polychaeta											
Salpidae											
Myctophidae	18	15	38	41	17	1	15				145

Presa	Meses										Total
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Copepoda	5	3	5				5	2	5	7	32
Euphausiacea	71	31	70			61	79	60	73	41	486
Hyperidea	3	1	2			1	1	20		1	29
Munidae			3			1		5		1	10
Stomatopoda						1	1	3	1		6
Crustacea sp.	2							3			5
Histioteuthidae		1						1			2
Octopodidae						1		9			10
Gastropoda sp								3			3
Polychaeta	2		1					2		2	7
Salpidae	1		3				1	3			8
Myctophidae	21	9	9			9	9		12	11	80

Tabla 38. Número de ejemplares (frecuencia en número) de cada ítem presa en el contenido estomacal de *S. caerulea* (arriba) y *S. punctata* (abajo).

Presa	Meses										Total
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Copepoda	3			17		1	4				25
Euphausiacea	13.964	5.012	6.659	9.270	8.102	1.040	3.301				47.348
Hyperidea											
Munidae				3							3
Stomatopoda				4							4
Crustacea sp.											
Histioteuthidae							3				3
Octopodidae				9							9
Gastropoda sp											
Polychaeta											
Salpidae											
Myctophidae	51	55	413	428	76	1	44				1.068

Presa	Meses										Total
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Copepoda	7	3	21				7	2	9	13	62
Euphausiacea	8.621	3.530	8.210			6.729	9.204	2.923	8.580	4.329	52.126
Hyperidea	5	1	2			1	1	43		1	54
Munidae			4			1		10		1	16
Stomatopoda						1	1	3	1		6
Crustacea sp.	2							6			8
Histioteuthidae		1						2			3
Octopodidae						1		18			19
Gastropoda sp								4			4
Polychaeta	2		1					2		2	7
Salpidae	1		3				1	3			8
Myctophidae	42	26	35			28	24		41	43	239

Tabla 39. Peso (gramos) del contenido estomacal de *S. caerulea* (arriba) y *S. punctata* (abajo), según ítem presa.

Presa	Meses										Total
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Copepoda	0,04			0,245		0,02	0,06				0,36
Euphausiacea	1850,02	719,33	946,03	1295,95	1131,97	122,69	461,65				6527,65
Hyperidea											
Munidae				5,02							5,02
Stomatopoda				15,87							15,87
Crustacea sp.											
Histioteuthidae							5,64				5,64
Octopodidae				9,51							9,51
Gastropoda sp											
Polychaeta											
Salpidae											
Myctophidae	49,42	29,73	229,89	237,66	43,11	1,22	23,86				614,89

Presa	Meses										Total
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Copepoda	0,11	0,05	0,30				0,10	0,04	0,14	0,18	0,91
Euphausiacea	1013,85	407,59	958,23			775,23	1075,56	366,44	998,05	505,35	6100,29
Hyperidea	5,18	0,76	2,10			1,05	1,88	47,88		1,41	60,24
Munidae			5,39			2,02		16,01		1,42	24,84
Stomatopoda						4,39	1,78	8,81	1,89		16,86
Crustacea sp.	2,10							8,21			10,30
Histioteuthidae		1,55						1,67			3,22
Octopodidae						1,13		9,93			11,05
Gastropoda sp								3,00			3,00
Polychaeta	8,04		2,77					7,88		5,28	23,97
Salpidae	0,78		3,45				0,88	2,49			7,59
Myctophidae	38,09	15,81	23,18			18,02	17,40		25,04	22,87	160,40

Tabla 40. Presencia (frecuencia absoluta (Frq) y relativa (%F), abundancia en número (absoluta (Num) y relativa (%N) y aporte en peso absoluto (g) y relativo (%P) de cada ítem presa en la dieta de *S. caerulea* y *S. punctata*.

Seriolella caerulea

Presa	Indicador					
	Frq	%F	Num	%N	Peso (g)	%P
Copepoda	9	1,447	25	0,052	0,36	0,005
Euphausiacea	456	73,312	47,348	97,705	6527,65	90,928
Hyperidea						
Munidae	2	0,322	3	0,006	5,02	0,070
Stomatopoda	3	0,482	4	0,008	15,87	0,221
Crustacea sp.						
Histioteuthidae	3	0,482	3	0,006	5,64	0,079
Octopodidae	4	0,643	9	0,019	9,51	0,132
Gastropoda sp						
Polychaeta						
Salpidae						
Myctophidae	145	23,312	1,068	2,204	614,89	8,565

Seriolella punctata

Presa	Indicador					
	Frq	%F	Num	%N	Peso (g)	%P
Copepoda	32	4.720	62	0.118	0,91	0.014
Euphausiacea	486	71.681	52.126	99.189	6100,29	94.981
Hyperidea	29	4.277	54	0.103	60,24	0.938
Munidae	10	1.475	16	0.030	24,84	0.387
Stomatopoda	6	0.885	6	0.011	16,86	0.263
Crustacea sp.	5	0.737	8	0.015	10,30	0.160
Histioteuthidae	2	0.295	3	0.006	3,22	0.050
Octopodidae	10	1.475	19	0.036	11,05	0.172
Gastropoda sp	3	0.442	4	0.008	3,00	0.047
Polychaeta	7	1.032	7	0.013	23,97	0.373
Salpidae	8	1.180	8	0.015	7,59	0.118
Myctophidae	80	11.799	239	0.455	160,40	2.497

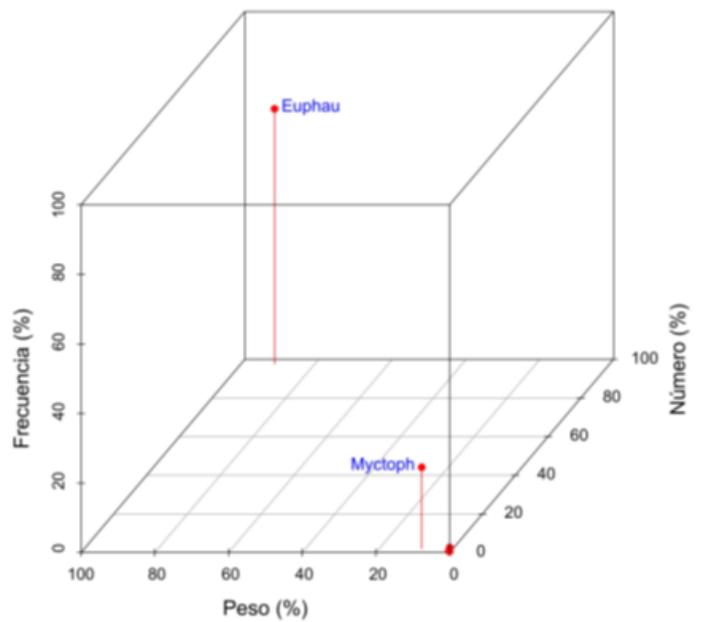


Figura 90. Representación gráfica tridimensional de la composición de la dieta de *S. caerulea* en la zona sur-austral, año 2019.

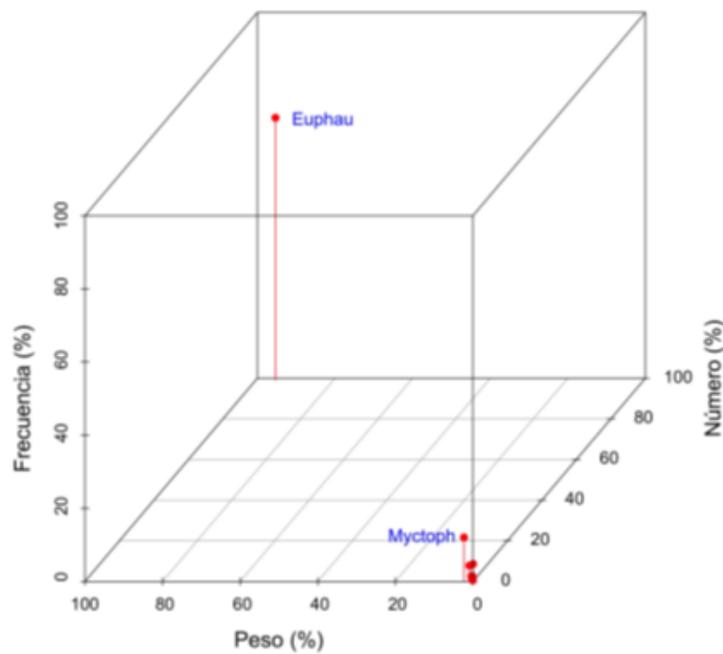


Figura 91. Representación gráfica tridimensional de la composición de la dieta de *S. punctata* en la zona sur-austral, año 2019.

5.3.9.2. Identificación de asociaciones específicas

El análisis de asociaciones específicas de la dieta de cojinoba del sur y cojinoba moteada se realizó en dos niveles: (1) comparación de la dieta entre especies por clases de tamaños; y, (2) comparación de la dieta por época del año (estación) para cada especie. Las clases de tamaño fueron: peces pequeños (S; tallas <40 cm LT), peces medianos (M; de 40 a 50 cm LT) y peces grandes (L; >50 cm LT).

En el caso de la comparación de la composición de la dieta entre especies, por clase de tamaños, el análisis de clasificación muestra dos grupos con similitud promedio en alrededor de 67%; el Grupo 1 está conformado por cojinoba moteada de sus tres grupos de tamaños y los individuos pequeños cojinoba del sur (Sericae_S). El Grupo 2 lo conforman los ejemplares medianos y grandes de cojinoba moteada (Fig. 92). En relación con la similitud trófica, también se observa dos grupos con similitud en alrededor de 22% determinados por las presas que cada especie consume. Así, el Grupo 1 corresponde a las presas que comparten ambas especies y el Grupo 2 a las presas que sólo consume cojinoba moteada (Fig. 93).

En el caso de la dieta de cojinoba del sur por estación del año, el análisis de clasificación muestra dos asociaciones de ítems presa, uno (Grupo 2) con similitud en alrededor de 67%, conformado por las presas que presentan mayor aporte relativo a la dieta, tanto en peso como en frecuencia de ocurrencia y en número (eufáusidos y mictóficos) en muestras que fueron colectadas principalmente durante el invierno de 2019 (Fig. 94). La otra asociación (Grupo 1), con similitud en alrededor de 48%, lo conforman las especies con menor contribución relativa a la dieta en muestras colectadas principalmente en otoño. La composición de la dieta de cojinoba del sur no difiere sustancialmente por clase de tamaño, pero sí por estación del año.

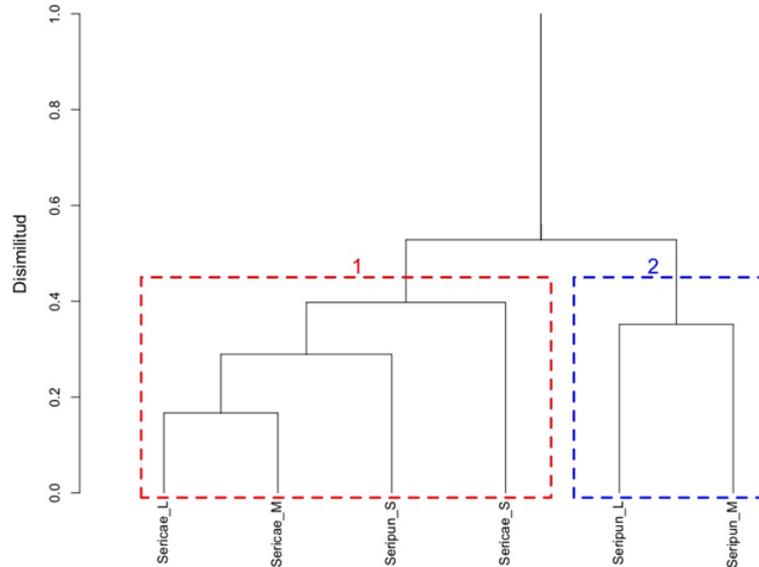


Figura 92. Análisis de clasificación de la composición de la dieta de cojinoba del sur (*S. caerulea*, Sericae) y cojinoba moteada (*S. punctata*, Seripun) por clase de tamaño en la zona sur austral, año 2019. Nomenclatura: 1 y 2 corresponden a las asociaciones de tamaños por especie o ensambles identificados. Tamaños: L = grande; M = mediano; S = pequeño

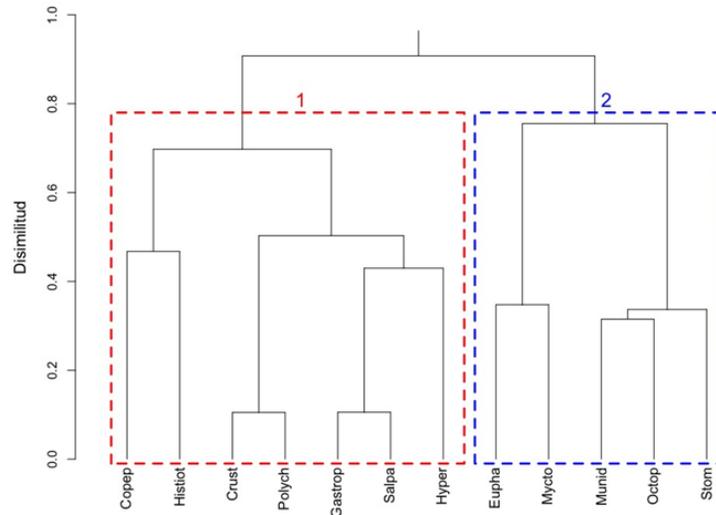


Figura 93. Análisis de clasificación de la composición de la dieta de cojinoba del sur (*S. caerulea*) y por clase de tamaño en la zona sur-austral, año 2019. Nomenclatura: 1 y 2 corresponden a las asociaciones de especies presa o ensambles identificados.

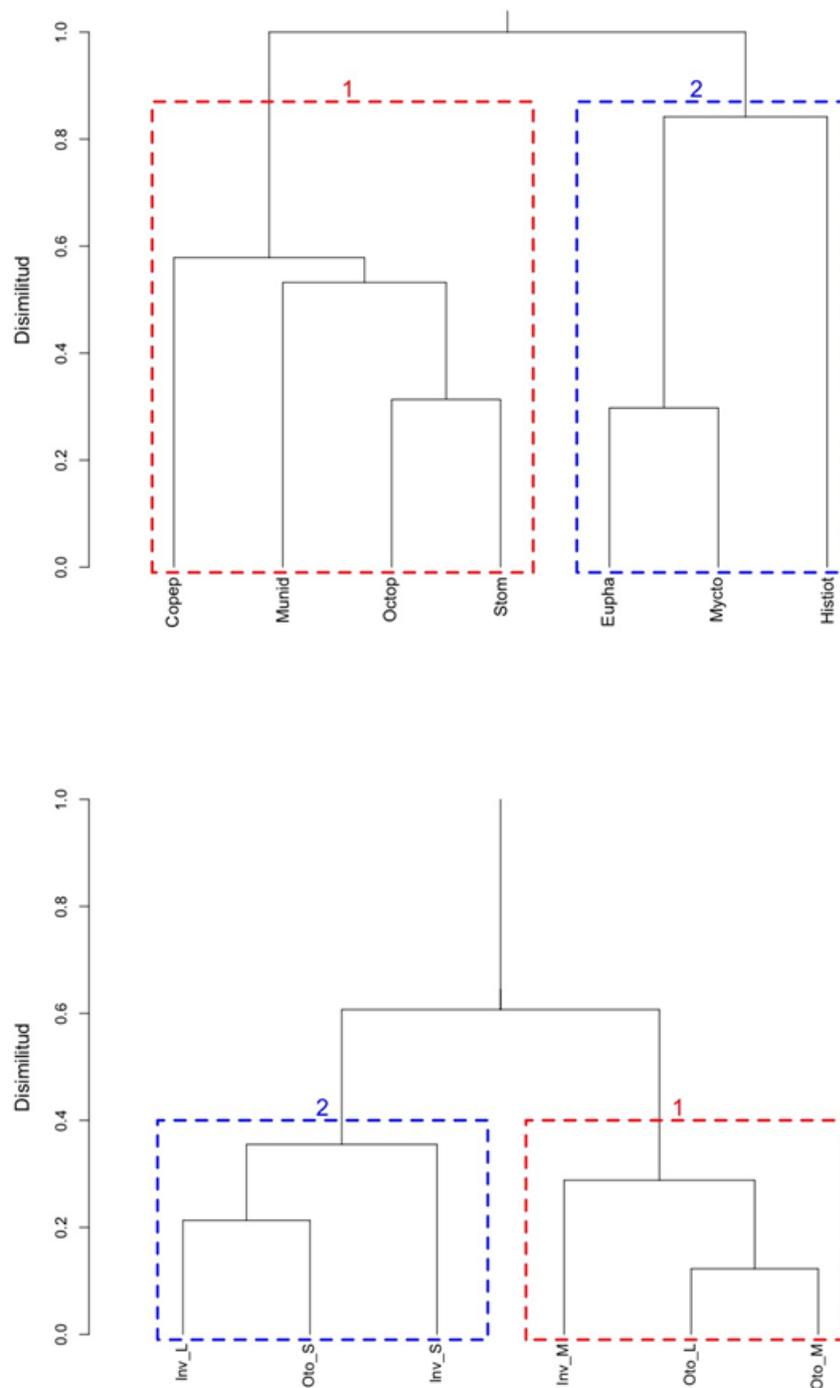


Figura 94. Análisis de clasificación de la composición de la dieta de cojinoba del sur (*S. caerulea*) y por clase de tamaño en la zona sur austral, año 2019. Nomenclatura: 1 y 2 corresponden a los ensambles de presas identificados.

En el caso de la dieta de cojinoba moteada por estación del año, el análisis de clasificación muestra tres asociaciones de ítems presa, el Grupo 1 con similitud en alrededor de 53%, conformado por las especies que presentan mayor aporte relativo a la dieta (eufáusidos y mictófidos), tanto en peso como en frecuencia de ocurrencia y en número, independiente de la estación del año en la que fueron colectadas las muestras (Fig. 95). La segunda asociación (Grupo 2), con similitud en alrededor de 52%, lo conforman presas con menor contribución relativa a la dieta en estómagos colectados principalmente en otoño e invierno de ejemplares pequeños y grandes. La tercera asociación de presas (Grupo 3) la constituyen especies con menor importancia relativa y que provienen de muestras que colectadas principalmente en otoño y primavera.

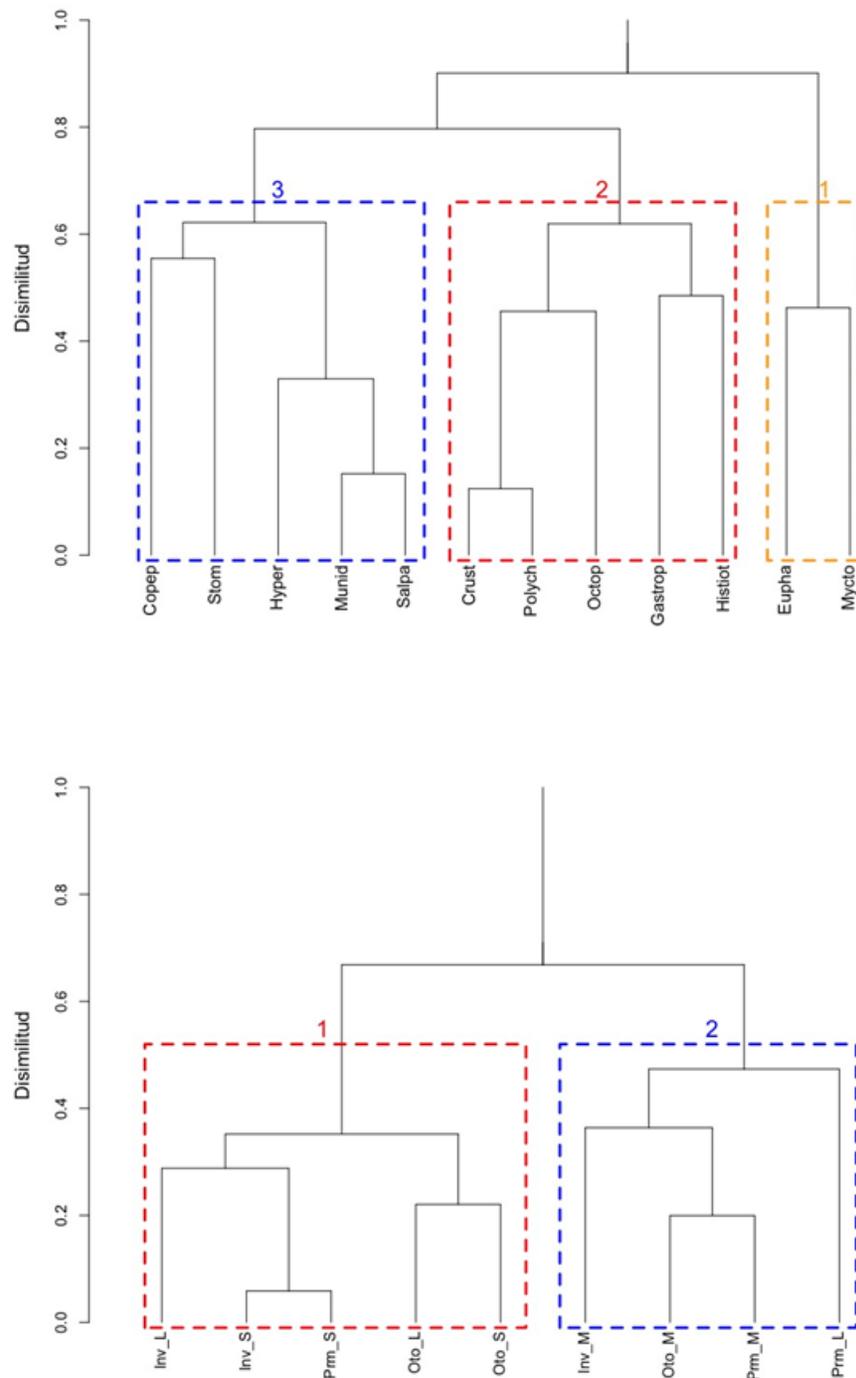


Figura 95. Análisis de clasificación de la composición de la dieta de cojinoba del sur (*S. caerulea*) y por clase de tamaño en la zona sur austral, año 2019. Nomenclatura: 1, 2 y 3 corresponden a los ensambles de presas identificados.

5.4. Objetivo Específico 4

Establecer [la] composición específica de las capturas en lances con capturas de cojinoba y en lances dirigidos a este recurso.

5.4.1. Descripción de la composición de especies

En las capturas de la zona sur austral en las que se ha registrado cojinoba del sur y cojinoba moteada se identificó 167 especies. Sin embargo, 26 de ellas (equivalente a 16%) representan 99,8% de las capturas en peso, incluidas las cojinobas del sur (1,03% en peso) y moteada (3,37% en peso). La principal especie en las capturas corresponde a merluza de cola (54,85% en peso) (Tabla 41). En escala anual, la cojinoba del sur representa entre 1,2% y 10,3% de las capturas totales, mientras que la cojinoba moteada representa entre 0,2% y 11,2% (Tablas 42 y 43), lo que ciertamente depende del total de capturas anuales de otras especies y de las mismas cojinobas. Solamente tres especies presentan capturas mayores a 15% en el período analizado, concentrándose en las merluzas de cola (54,9%), de tres aletas (19,7%) y del sur (15,2%), las que son recursos pesqueros y, en conjunto, representan 89,8% de las capturas totales. Complementariamente, 19 especies aportan cada una de ellas con menos de 0,8% y son especies esporádicas. Consecuentemente, las capturas están altamente concentradas en merluzas pues ellas son especies objetivo.

5.4.2. Identificación de asociaciones específicas

El número de especies con aporte en peso mayor a 1% fue de 8 (Tabla 41), agregándose la jibia (*D. gigas*), cuya participación en las capturas totales es 0,84%. Luego, el análisis comunitario consideró a nueve especies.

El análisis de dendrograma permite distinguir tres grupos de especies (en celdas año-Región), las cuales presentan una estructura de CPUE de especies con similitud mayor a 63% (Fig. 96). El primero de los grupos está conformado por aquellas especies que para todo el período de estudio

presentaron el mayor aporte a las capturas (merluza de cola, merluza de tres aletas y merluza del sur). El segundo grupo lo conforman las especies secundarias (cojinoba del sur, cojinoba moteada, brótula y congrio dorado); el tercer grupo lo constituyen jibia y reineta debido a su mayor participación en las capturas desde el año 2004 (Tablas 42 y 43).

Tabla 41. Nómina de especies capturadas (Capt., miles ton) en lances de pesca con presencia de cojinoba del sur, acumulada para el periodo 1997 a 2019. Nomenclatura: I.R.% = importancia relativa porcentual.

Nombre común	Nombre científico	Código	Capt.	I.R.%
Cojinoba del sur	<i>Seriolella caerulea</i>	Sericae	15,120	1,03
Cojinoba moteada	<i>Seriolella punctata</i>	Seripun	49,466	3,37
Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>	Macrmag	805,518	54,85
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	Micraus	288,496	19,65
Merluza austral	<i>Merluccius australis</i>	Merlaus	222,462	15,15
Brótula	<i>Salilota australis</i>	Saliaus	20,159	1,37
Reineta	<i>Brama australis</i>	Bramaus	18,429	1,25
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	Genybla	17,976	1,22
Jibia	<i>Dosidicus gigas</i>	Dosigig	12,309	0,84
Merluza común	<i>Merluccius gayi</i>	Merlgay	2,351	0,16
Rayas indeterminadas	<i>Raja sp</i>	Rajasp	1,576	0,11
Calamar común	<i>Doryteuthis (Amerigo) gahi</i>	Loligah	1,214	0,08
Cabrilla española, chancharro	<i>Sebastes oculatus</i>	Sebaocu	1,120	0,07
Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>	Heilen	0,873	0,06
Raya volantín	<i>Zearaja chilensis</i>	Zearchi	0,596	0,04
Pejerrata azul	<i>Coelorinchus aconcagua</i>	Coelaco	0,502	0,03
Tollo de cachos	<i>Squalus acanthias</i>	Squaaca	0,420	0,03
Cojinoba del norte	<i>Seriolella violacea</i>	Servio	0,342	0,02
Orange roughy	<i>Hoplostethus atlanticus</i>	Hoplatl	0,212	0,01
Blanquillo	<i>Prolatilus jugularis</i>	Proljug	0,134	0,01
Alfonsino	<i>Beryx splendens</i>	Beryspl	0,129	0,01
Tiburón sardinero	<i>Lamna nasus</i>	Lamnas	0,113	0,01
Bacalao de profundidad	<i>Dissostichus eleginoides</i>	Dissele	0,101	0,01
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>	Indet	0,100	0,01
Sierra	<i>Thyrstites atun</i>	Thyratu	0,078	0,01
Indeterminados		Indet	7,695	0,52
Otras especies		Others	0,969	0,07

Tabla 42. Importancia relativa (%) de principales especies en lances de pesca con captura de cojinobas de 1997 a 2008.

Código	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Sericae	7,707	10,264	8,024	5,764	7,805	3,458	3,480	5,481	2,686	5,762	2,680	3,290
Seripun	0,202	0,487	1,289	1,214	1,798	4,079	2,610	3,218	2,917	2,967	4,532	4,169
Macrmag	1,252	1,344	1,760	1,281	2,666	2,801	2,612	5,481	5,818	6,390	5,963	7,979
Micraus	0,976	0,765	0,822	0,693	1,049	0,549	0,772	8,035	8,322	8,636	7,558	9,487
Merlaus	4,209	3,957	3,517	3,779	4,202	3,931	3,035	3,708	3,759	4,443	4,511	4,855
Saliaus	2,968	1,197	2,526	1,521	3,280	1,688	5,495	11,945	7,950	7,255	3,009	3,313
Bramaus	0,012	0,055	0,023	0,057	0,105	1,899	0,017	0,357	0,316	0,810	0,539	0,501
Genybla	9,600	8,858	7,765	8,753	8,653	5,084	3,688	4,378	2,309	6,721	4,008	2,343
Dosigig	0,000	0,000	0,005	0,008	0,006	0,027	0,001	3,378	0,084	5,348	3,480	10,644
Merlgay	8,000	21,543	24,235	13,893	17,389	6,213	4,789	0,491	0,262	0,709	0,151	1,832
Rajasp	18,092	30,727	12,840	11,277	9,853	4,646	1,582	4,153	2,116	0,805	0,003	0,382
Loligah	0,007	0,227	0,058	2,117	7,899	23,223	21,951	4,923	0,077	0,366	0,004	0,136
Sebaocu	1,219	2,357	3,263	2,363	6,290	0,898	0,881	0,739	1,122	1,691	0,648	0,345
Heilen	0,003	1,488	1,782	3,836	5,725	3,668	6,787	2,503	4,551	11,194	13,989	3,754
Zearchi	0,000	0,785	0,000	1,556	1,904	0,567	6,720	1,789	0,557	4,472	15,390	20,243
Coelaco	0,252	0,433	0,255	1,211	2,098	1,079	0,993	1,274	1,423	11,539	24,848	33,891
Squaaca	0,000	0,000	0,002	0,411	0,000	0,000	0,003	0,002	1,569	3,749	11,486	1,907
Servio	0,000	0,009	1,825	1,318	0,000	24,024	1,354	1,239	0,042	0,108	4,895	3,223
Hoplatl	0,000	0,668	24,098	72,627	1,790	0,040	0,752	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
Proljug	0,000	0,000	0,000	0,157	0,000	9,701	8,164	0,024	0,051	0,013	26,819	0,000
Beryspl	0,054	2,643	76,528	6,321	2,749	2,385	0,383	1,062	0,391	2,899	0,563	0,000
Lamnnas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dissele	36,414	14,002	7,774	12,776	6,175	10,121	2,093	0,076	0,127	3,145	0,125	1,535
Indet	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18,815	0,003	0,010
Thyratu	0,000	0,000	0,319	1,476	0,057	0,078	0,024	0,031	0,057	0,027	0,000	0,024
Indet	2,346	5,129	4,154	5,680	1,476	3,036	1,124	0,878	5,279	2,581	6,067	2,724
Others	0,355	1,128	1,996	2,970	3,939	4,057	1,193	7,760	4,708	9,192	4,525	2,107

Tabla 43. Importancia relativa (%) de especies en lances de pesca con captura de cojinobas de 2008 a 2019.

Código	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Sericae	4,057	3,471	2,038	2,120	1,984	1,220	8,954	2,672	3,553	1,189	2,342
Seripun	7,075	5,212	6,155	3,892	4,177	6,103	11,179	11,044	5,097	7,304	3,279
Macrmag	7,618	7,379	7,158	6,208	4,779	5,469	5,435	4,380	2,769	1,416	2,043
Micraus	6,986	7,744	7,064	4,789	4,699	3,473	4,010	4,189	4,004	2,525	2,854
Merlaus	5,073	5,840	5,876	5,238	4,189	2,403	4,117	4,741	4,842	5,068	4,709
Saliaus	14,868	7,678	5,486	3,451	1,269	3,123	5,291	3,468	1,808	0,642	0,771
Bramaus	0,562	0,393	17,179	13,726	1,586	11,308	10,236	12,661	12,236	4,824	10,599
Genybla	3,724	4,953	3,489	3,492	1,082	0,613	4,805	2,782	0,988	0,964	0,947
Dosigig	13,879	18,177	19,953	3,359	6,678	2,782	6,113	4,500	1,560	0,013	0,006
Merlgay	0,142	0,074	0,066	0,167	0,000	0,005	0,000	0,001	0,030	0,005	0,002
Rajasp	0,087	0,560	1,231	1,566	0,001	0,000	0,021	0,054	0,000	0,004	0,000
Loligah	37,620	0,000	0,684	0,111	0,009	0,057	0,013	0,028	0,421	0,030	0,042
Sebaocu	2,360	0,866	4,494	2,037	0,548	0,938	55,722	7,169	3,307	0,571	0,171
Heilen	5,335	2,558	4,884	3,199	1,618	0,196	15,387	4,655	0,174	0,086	2,626
Zearchi	15,708	15,448	3,568	5,401	0,235	0,858	0,958	2,943	0,528	0,114	0,258
Coelaco	6,242	2,108	6,125	5,674	0,032	0,000	0,281	0,173	0,012	0,048	0,010
Squaaca	20,466	33,868	15,236	2,409	1,923	0,255	1,761	1,896	2,794	0,141	0,118
Servio	43,635	0,029	0,028	0,001	1,186	13,799	1,872	0,017	1,207	0,189	0,000
Hoplatl	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Projug	15,072	18,993	0,830	19,143	0,000	1,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Beryspl	0,000	3,883	0,058	0,035	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
Lamnas	0,000	1,066	0,000	0,000	0,080	0,089	1,004	37,288	17,935	7,044	35,496
Dissele	2,039	0,000	3,130	0,000	0,060	0,000	0,004	0,036	0,246	0,021	0,103
Indet	0,000	0,000	0,018	11,156	6,139	15,862	13,779	14,214	20,004	0,000	0,000
Thyratu	0,513	0,000	0,038	0,115	0,102	9,161	10,429	39,973	35,416	1,354	0,806
Indet	21,467	16,621	3,439	3,464	3,167	1,762	5,804	3,711	0,091	0,000	0,000
Others	3,603	3,773	5,836	8,326	1,976	3,881	5,025	7,490	4,268	6,949	4,942

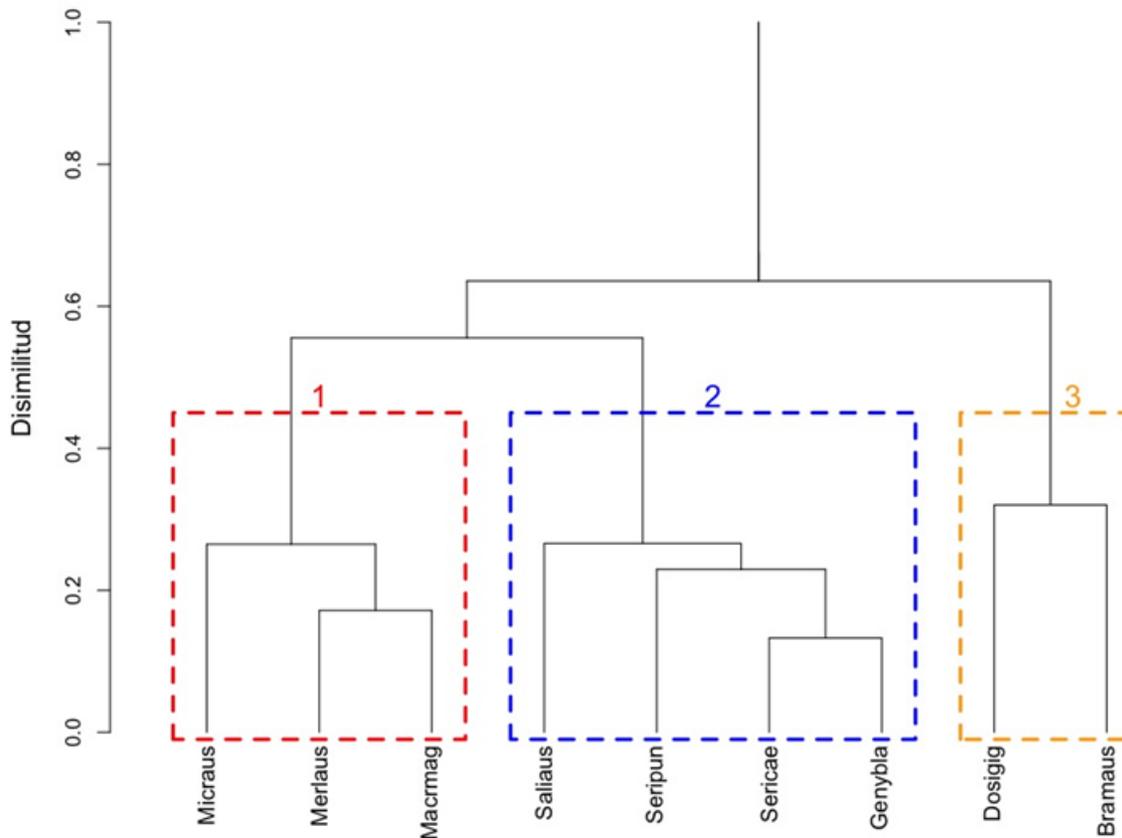


Figura 96. Análisis de clasificación de la CPUE de especies la fauna acompañante presente en las capturas de la zona sur austral con presencia de cojinoba del sur y cojinoba moteada. Período: 1997 y 2019. Nomenclatura: 1, 2 y 3 corresponden a los grupos faunísticos identificados.

Latitudinalmente el análisis de clasificación muestra cuatro asociaciones faunísticas, la primera (Grupo 1; similitud de 68%) está conformada por especies capturadas en la X Región desde 2002 hasta 2019 (excepto 2003); allí, parte importante de la similitud está determinada por las capturas de jibia y reineta.

La segunda asociación faunística (Grupo 2; similitud de 74%) y la tercera asociación faunística (Grupo 3; similitud de 82%) la conforman las especies capturadas regionalmente, esto es, en la XI Región de 2001 a 2019 y separadamente en la XII Región de 1997 a 2019. La cuarta asociación

faunística (Grupo 4; similitud de 62%) incluye especies capturadas en la X y XI Regiones de 1997 a 2003 (excepto 2002), cuando la presencia de jibia y cojinoba moteada era casi nula (Fig. 97). En la Tabla 44 se presenta la contribución de cada especie a la disimilitud entre asociaciones. En general las merluzas de tres aletas, de cola y del sur (en ese orden) son las especies que más aportan a la disimilitud entre asociaciones. Comparativamente, el menor aporte a la disimilitud se debe al congrio dorado.

En análisis de similitudes (ANOSIM) para las especies arrojó un valor de $R = 0,0014$, indicando que las asociaciones faunísticas no muestran diferencias internas en la estructura de sus valores de CPUE. En cambio, en el caso de las celdas año-Región, el valor de $R = 0,6452$ indicando que las asociaciones faunísticas muestran diferencias en la estructura de sus valores de CPUE.

Tabla 44. Contribución relativa (%) de cada especie a la disimilitud entre asociaciones (celdas año-Región). Nomenclatura: 1, 2, 3 y 4 indican las asociaciones de especies.

Especie (código)	Comparación entre asociaciones de celdas año-región					
	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
Micraus	32,86	28,66	7,67	10,84	25,10	28,03
Macrmag	12,77	7,81	21,02	12,19	23,91	23,20
Merlaus	8,42	4,72	5,82	16,28	8,95	4,89
Saliaus	8,03	15,57	3,77	12,09	4,19	14,55
Sericae	7,99	10,15	11,19	5,29	3,14	3,54
Seripun	5,24	7,66	11,30	10,32	7,64	15,37
Genybla	4,20	2,89	5,34	4,93	4,90	3,38
Dosigig	11,46	14,77	22,50	12,72	9,85	3,35
Bramaus	9,03	7,77	11,39	15,34	11,52	3,69

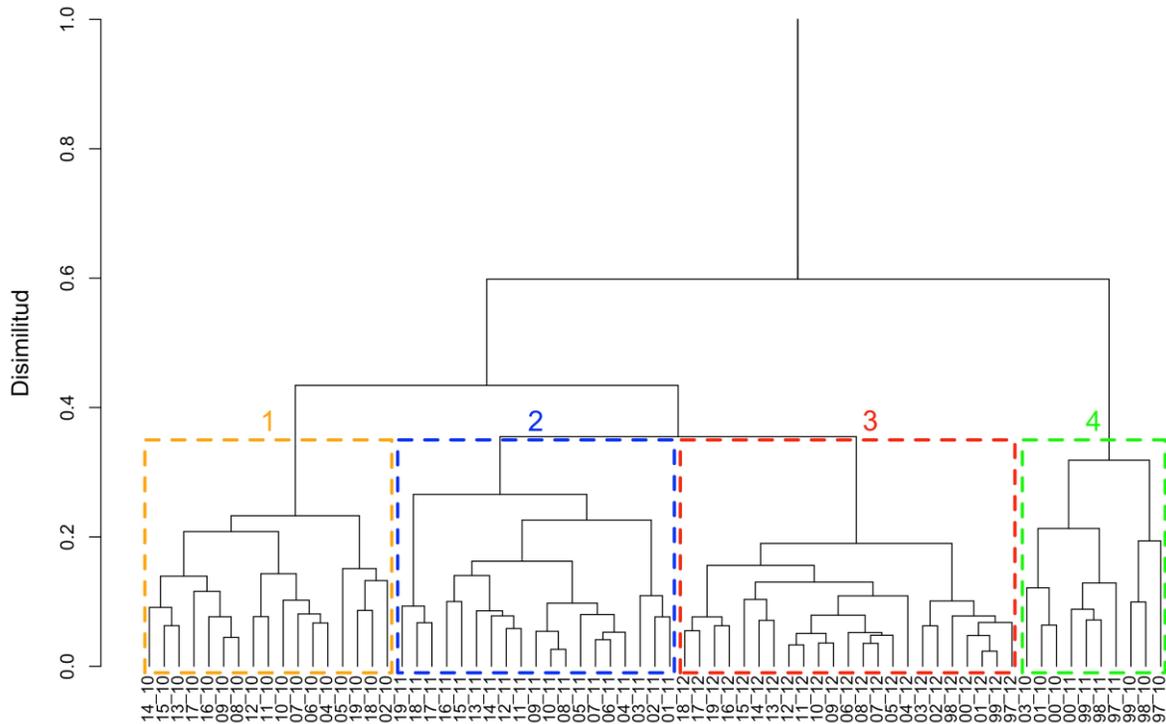


Figura 97. Análisis de clasificación de la CPUE de la fauna acompañante presente en las capturas de la zona sur austral con presencia de cojinoba del sur y cojinoba moteada de 1997 a 2019. Nomenclatura: 1, 2, 3 y 4 corresponden a los grupos de celdas año-región (ensambles identificados). Celdas año-región: p.ej.: 14_10 significa año 2014 en la X Región.

5.5. Objetivo Específico 5

Proponer métodos de evaluación del recurso [cojinoba] que permitan calificar su estatus[,] según lo establece la Ley General de Pesca y Acuicultura.

De acuerdo con la Oferta Técnica, la proposición de métodos de evaluación del recurso cojinoba está supeditado a la realización de un taller metodológico nacional con participación (por invitación) de evaluadores de stock, donde se analice métodos que se aplica en evaluaciones de recursos ícticos demersales.

5.5.1. Taller metodológico

El Taller Metodológico se realizó el jueves 28 de mayo y contó con la participación de profesionales e investigadores del FIPA, SubPesca, IFOP y UdeC (Tabla 45). El Acta del Taller y sus detalles son adjuntados en el Anexo 3.

Tabla 45. Nombre y afiliación de los participantes del Taller Metodológico del Proyecto FIPA 2018-39, mayo 28 de 2020.

Institución	Participante	Email
Fondo Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA)	Luis Carroza	lclarrondo@subpesca.cl
Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA)	Jorge Farías	jfarías@subpesca.cl
	Lorenzo Flores	lflores@subpesca.cl
	Daniilo de la Rosa	ddelarosa@subpesca.cl
	Marcos Troncoso	mtroncoso@subpesca.cl
	María Fernanda Mercado	mmercado@subpesca.cl
Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)	María Cristina Pérez	macristina.perez@ifop.cl
Universidad de Concepción	Ruben Alarcón	ruben.alarcon.munoz@gmail.com
	Mónica Barros	monica.barros.jimenez@gmail.com
	Hugo Arancibia	harancib@udec.cl

En el Taller se presentó los principales resultados del proyecto relevantes para la evaluación del estado de situación del recurso y su pesquería. En el contexto espacio-temporal se presentó indicadores tales como capturas, rendimiento de pesca y distribución de tamaños de cojinoba del sur y cojinoba moteada para el período 1997 a 2019.

La información histórica de cojinobas y su pesquería es escasa y esporádica, en particular tanto las distribuciones de frecuencias de tamaños en las capturas como la variable peso. La calidad de la información de muestreos biológicos de cojinobas obtenida a bordo, principalmente en el caso de cojinoba moteada, parece haber mejorado desde 2015, tanto debido a que aquella es la más frecuente en las capturas como por la intensificación de los muestreos a bordo en el marco de la Ley de Descartes.

Existe consenso en que la pesquería de cojinobas de la zona sur austral presenta carácter incidental y está estrechamente ligada a las pesquerías de los principales recursos demersales de la zona sur (merluza de cola, merluza de tres aletas y merluza del sur), lo que se confirma en el presente trabajo con resultados de distribución espacial y temporal de las capturas.

En el Taller Metodológico se concluyó que, para el manejo pesquero, la información disponible permite clasificar al recurso en situación “Tier 3” (data insuficiente o de baja calidad), lo que limita las opciones para evaluar estructuralmente al stock, sea a la edad o talla. Consecuentemente, para calificar el estado de conservación biológica de los recursos cojinoba del sur y cojinoba moteada se recomienda utilizar modelos tipo data pobre, tal como Modelos de Biomasa Dinámica de Schaefer, lo que permite estimar RMS como punto de referencia y el nivel de biomasa (B_{RMS}) que lo produce.

Para avanzar en modelos de evaluación más complejos, se necesita mejorar la toma de información de los recursos cojinoba del sur y cojinoba moteada, en particular de la composición de tamaños en las capturas, lo que implica dejar los muestreos “voluntarios” de cojinobas, y que esos muestreos sean parte de los programas regulares de toma de datos pesqueros, contemplándose también la mejora de registros de captura y esfuerzo de pesca para obtener luego mejores índices de abundancia relativa (CPUE).

5.5.2. Índices de abundancia relativa

Como parte del objetivo específico 3 se analizó información disponible de parámetros de historia de vida tales como crecimiento individual, relación talla-peso, composición de tamaños en las capturas y pesos medios en las capturas. En el objetivo específico 2 se analizó las capturas anuales por especie. En la búsqueda de índices de abundancia relativa de cojinoba (por especie), para la flota de arrastre de la zona sur austral se calculó el rendimiento de pesca según tres medidas de esfuerzo de pesca, a saber:

- área barrida por la red (AB), calculada como el producto de la abertura de punta de alas (APA, m) y la distancia recorrida por la red en cada lance;
- distancia recorrida (DR), calculada como el producto entre la velocidad de arrastre (V, nudos) y el tiempo de arrastre efectivo en cada lance; y,
- tiempo de arrastre efectivo (TAE), calculado como diferencia entre el inicio y término del lance de pesca.

En el caso del área barrida (AB, km²) como medida de esfuerzo, tanto para cojinoba del sur como para cojinoba moteada, existe información para su cálculo solo desde el año 2004. No existe información de APA de 1997 a 2003.

En el caso de cojinoba del sur, el área barrida muestra dos ciclos, uno de 2004 a 2014 (máximo en 2006 y 2008) y otro de 2015 a 2019 con valores tan altos como en 2006. Respecto de las variables distancia recorrida y del tiempo de arrastre efectivo, ambas muestran similar trayectoria, cayendo bruscamente de 1997 a 2002/2003, manteniéndose en valores bajo hasta el final de la serie en 2019. Esto se debe a que la distancia recorrida y las horas de arrastre en cada lance se mantienen constantes desde 2002/2003 (Fig. 98). En el caso de cojinoba moteada, la medida de esfuerzo del área barrida muestra dos períodos, uno de 2004 a 2014 y otro con valores mucho más altos de 2015 a 2019, lo que es relativamente consistente con las medidas de esfuerzo de distancia recorrida y tiempo de arrastre efectivo.

El rendimiento de pesca en las capturas de cojinoba del sur es poco claro, con máximo en 2004 (dudoso) y sin un patrón hacia el resto de la serie, aunque de 2016 a 2019 los valores de esta cpue son más bajos que en todos los años anteriores (Fig. 99). La cpue, medida con las medidas de esfuerzo de distancia recorrida y horas de arrastre efectivo, son similares, sin tendencia clara, aunque sobresaliendo los años 2013 y 2015 (también dudosos por estar muy por fuera de rango). En general, el rendimiento de pesca tiende a incrementarse hasta 2015 (máximo con las tres medidas de esfuerzo), disminuyendo fuertemente luego hasta el mínimo en 2019.

5.5.3. Modelo de evaluación “data pobre”

Recordemos que existe incertidumbre de información histórica de cojinobas, por un lado, y ausencia de índices auxiliares confiables en su pesquería, por lo que implementamos el modelo OCOM (Optimized Catch Only Method; Zhou *et al.*, 2013), el que se que usa con datos de captura/desembarque, siendo la idea reconstruir posibles trayectorias de cambios de stock desde el comienzo de la pesquería (más precisamente de cuando se tiene datos), considerando valores plausibles de capacidad de carga y tasa de crecimiento de la población, supuesto estado del stock (fracción de agotamiento) y datos históricos de capturas. La información de desembarques de cojinobas se obtuvo de la estadística del SernaPesca para el período 1982 a 2019 en el caso de cojinoba del sur (Fig. 100), y desde 1989 hasta 2019 en el caso de cojinoba moteada (Fig. 101). Las tendencias de los desembarques de cojinoba del sur y de cojinoba moteada son complementarias. En efecto, los desembarques de cojinoba del sur fueron máximos antes del año 2000, aunque luego la tendencia general es a disminuir rápidamente. Sin embargo, los desembarques de cojinoba moteada comienzan a incrementarse recién en 2005, siendo máximos hacia el final de la serie, cuando son mínimos las de cojinoba del sur.

La trayectoria de la biomasa total de cojinoba del sur muestra una rápida e intensa reducción desde cerca de 18.000 ton el año 1982 hasta cerca de 3 mil ton el año 1992, manteniéndose en alrededor de 2.900 ton desde 1992 a 2002, recuperándose luego hasta cerca de 15.000 ton en 2019 (Fig. 102). RMS se estimó en 1.591 ton y BRMS se estimó en 9.164 ton (Tabla 46). Las capturas actuales de cojinoba del sur (cerca de 360 ton) se encuentran muy por debajo de RMS.

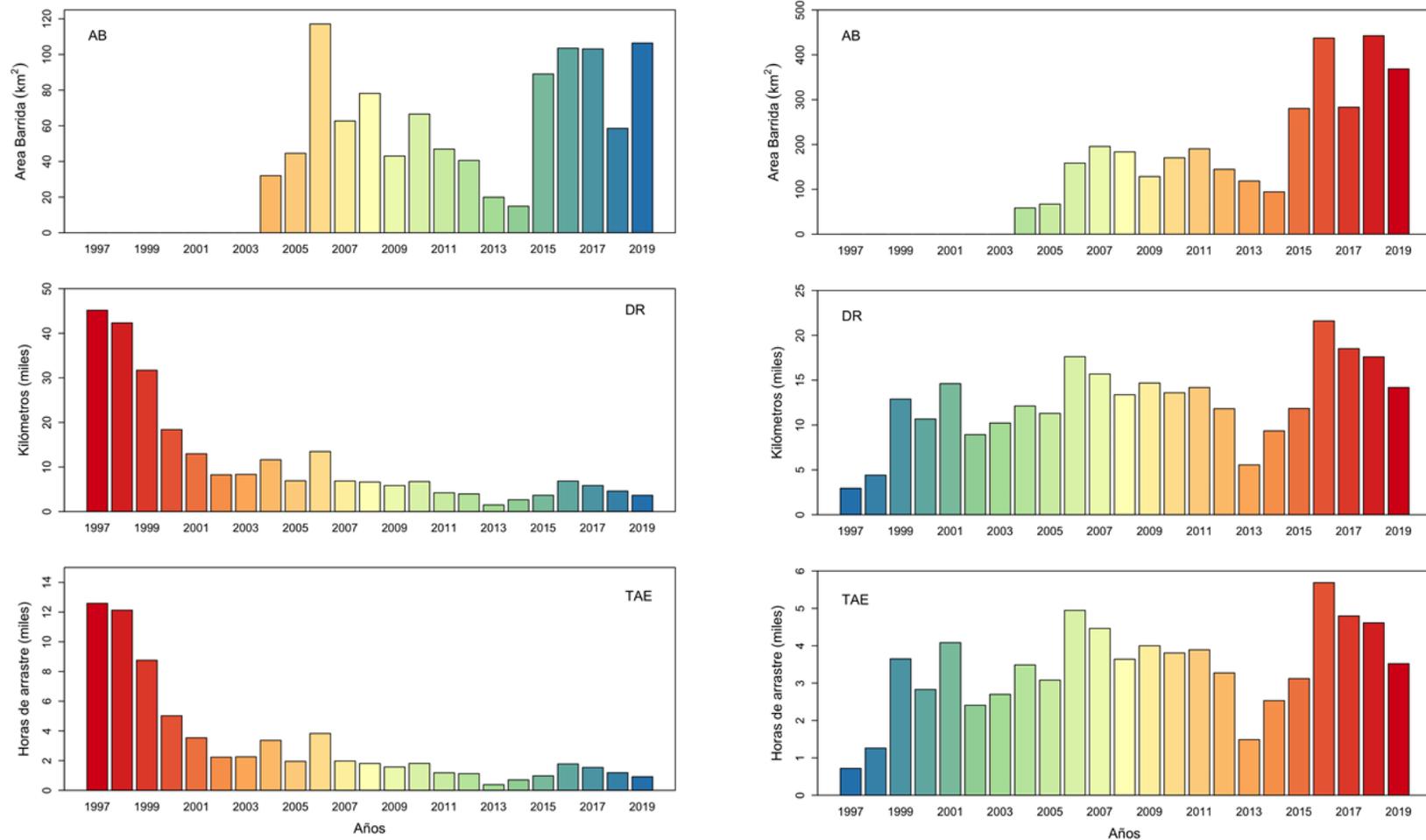


Figura 98. Evolución temporal de tres medidas de esfuerzo de pesca: área barrida (AB en km², panel superior), distancia recorrida (DR en km, panel intermedio) y tiempo de arrastre efectivo (TAE en horas de arrastre, panel inferior) de cojinoba del sur (izquierda) y cojinoba moteada (derecha) en la pesquería de arrastre de la zona sur austral. Período: 1997 a 2019.

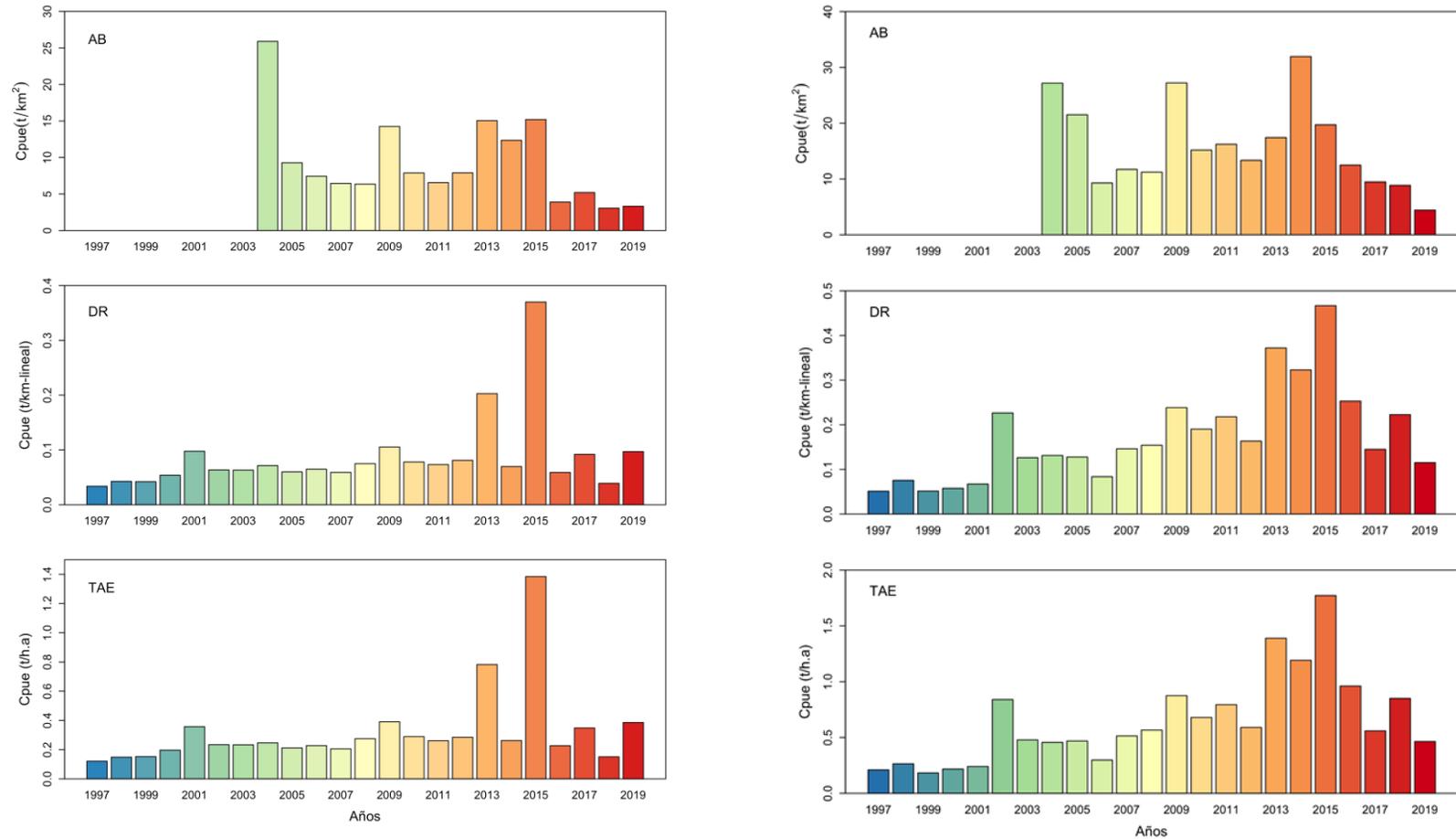


Figura 99. Rendimiento de pesca de cojinoba del sur (izquierda) y cojinoba moteada (derecha) según tres medidas de esfuerzo de pesca: área barrida (AB; t/km²) en el panel superior; distancia recorrida (DR; t/km-lineal) en el panel intermedio; tiempo de arrastre efectivo (TAE; t/h.a) en el panel inferior. Período: 1997 a 2019.

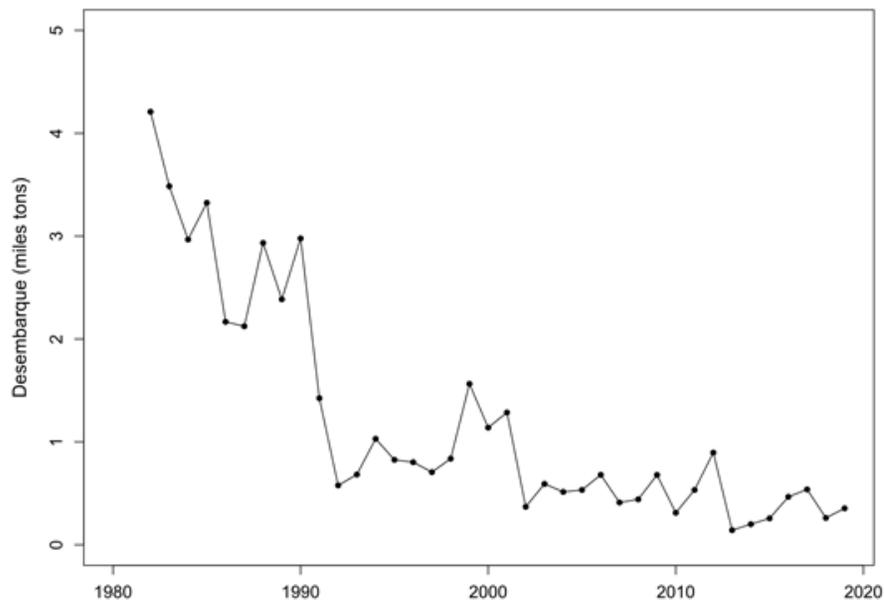


Figura 100. Desembarque (miles de ton) de cojinoba del sur en la zona sur austral. Período: 1982 a 2019. Fuente: SernaPesca.

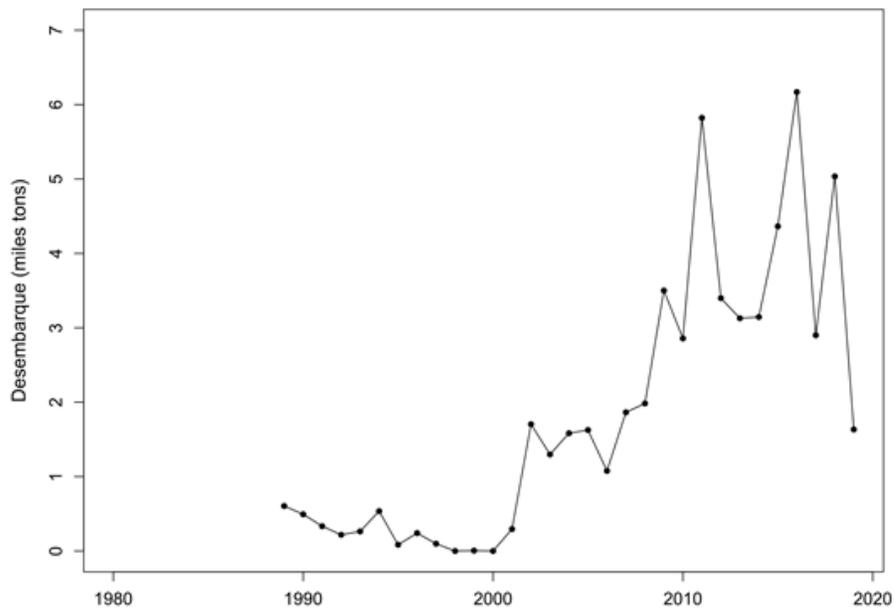


Figura 101. Desembarque de cojinoba moteada (miles ton) en la zona sur austral. Período: 1989 a 2019. Fuente: SernaPesca

Tabla 46. Capacidad de carga (K, ton), tasa de crecimiento de la biomasa (r), rendimiento máximo sostenido (RMS, ton), biomasa en RMS (B_{RMS}) y mortalidad por pesca en RMS (F_{RMS} , año⁻¹) para cojinoba del sur (*S. caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*) de la zona sur austral. En paréntesis los intervalos de plausibilidad de RMS y B_{RMS} .

Parámetro	<i>S. caerulea</i>	<i>S. punctata</i>
K	18.327	31.241
r	0,350	0,558
RMS	1.591	4.030
I.C. _{RMS}	(1521 – 1.635)	(3.400 – 4.592)
B_{RMS}	9.905	15.620
I.C.(B_{RMS})	(8.905 – 9.556)	(11.695 – 18.284)
F_{RMS}	0,175	0,279

La trayectoria de la biomasa total de cojinoba moteada revela un periodo de equilibrio de 1989 a 2001 en alrededor de 28.700 ton, cuando los desembarques se encontraban cerca de 250 ton anuales (Tabla 46). Desde 2002 la biomasa muestra tendencia decreciente hasta 2019, alcanzando cerca de 16.500 ton, levemente sobre $B_{RMS} = 15.620$ ton. RMS se estimó en 4.030 ton, el que ha sido sobrepasado en 4 años de los últimos 10 años de la serie. Cuando se ha sobrepasado RMS, se acentúa la caída de la biomasa (Fig. 103).

El modelo OCOM considera capturas/desembarques y un supuesto (prior) de la proporción de agotamiento del stock. Como parte de las recomendaciones para el equipo de profesionales del proyecto, emanadas del Taller Metodológico, se sugirió evaluar valores alternativos de esa “prior”. Entonces, se consideró el modelo ya presentado como modelo base, agregándose cuatro escenarios de agotamiento del stock (prior), el que denominamos “pesimista” (con relación al estado del stock), medio, optimista y muy optimista (Tabla 47).

En el caso de cojinoba del sur (Fig. 104) los escenarios de agotamiento no tienen impactos significativos en las estimaciones de RMS o de B_{RMS} (Fig. 105). El nivel de agotamiento resultante

(posterior), para los escenarios evaluados, fluctuó entre 0,899 (Escenario Base) y 0,921 (Escenario 4, muy optimista) (Tabla 47).

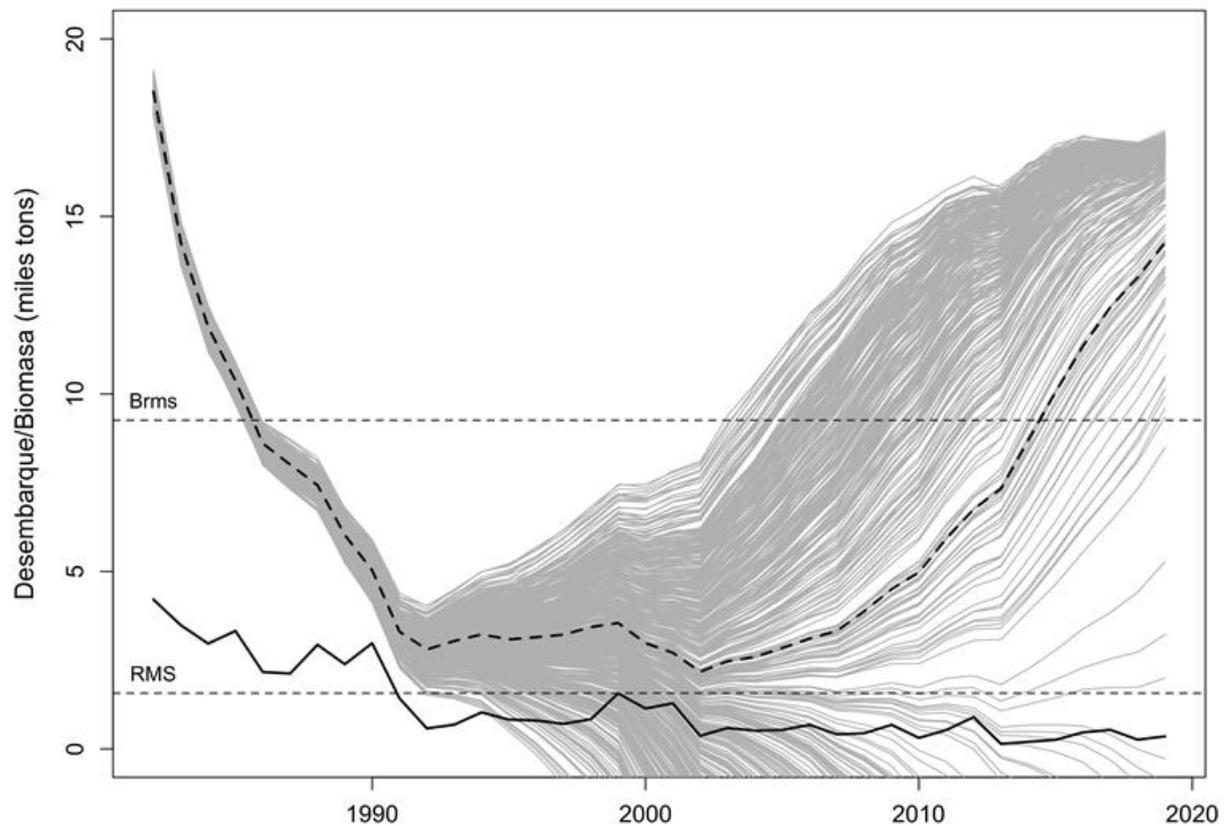


Figura 102. Trayectoria del desembarque (línea continua, miles de ton) y de la biomasa (línea segmentada, miles de ton) estimada por el modelo de evaluación para cojinoba del sur (*S. caerulea*) de la zona sur austral. Período: 1989 a 2019. Las líneas grises representan trayectorias plausibles. Nomenclatura: RMS = rendimiento máximo sostenido (ton); B_{rms} = biomasa al nivel de RMS (ton).

En el caso de la trayectoria de la biomasa de cojinoba moteada (Fig. 106), los escenarios de agotamiento muestran diferencias significativas en las estimaciones de RMS o de la biomasa en RMS (Fig. 105). Hay cambios de nivel en la trayectoria de la biomasa según el escenario de

agotamiento. El nivel de agotamiento resultante (posterior) para los cuatro escenarios evaluados fluctuó entre 0,360 (Esc. 1, pesimista) y 0,724 (Esc. 4, muy optimista) (Tabla 47).

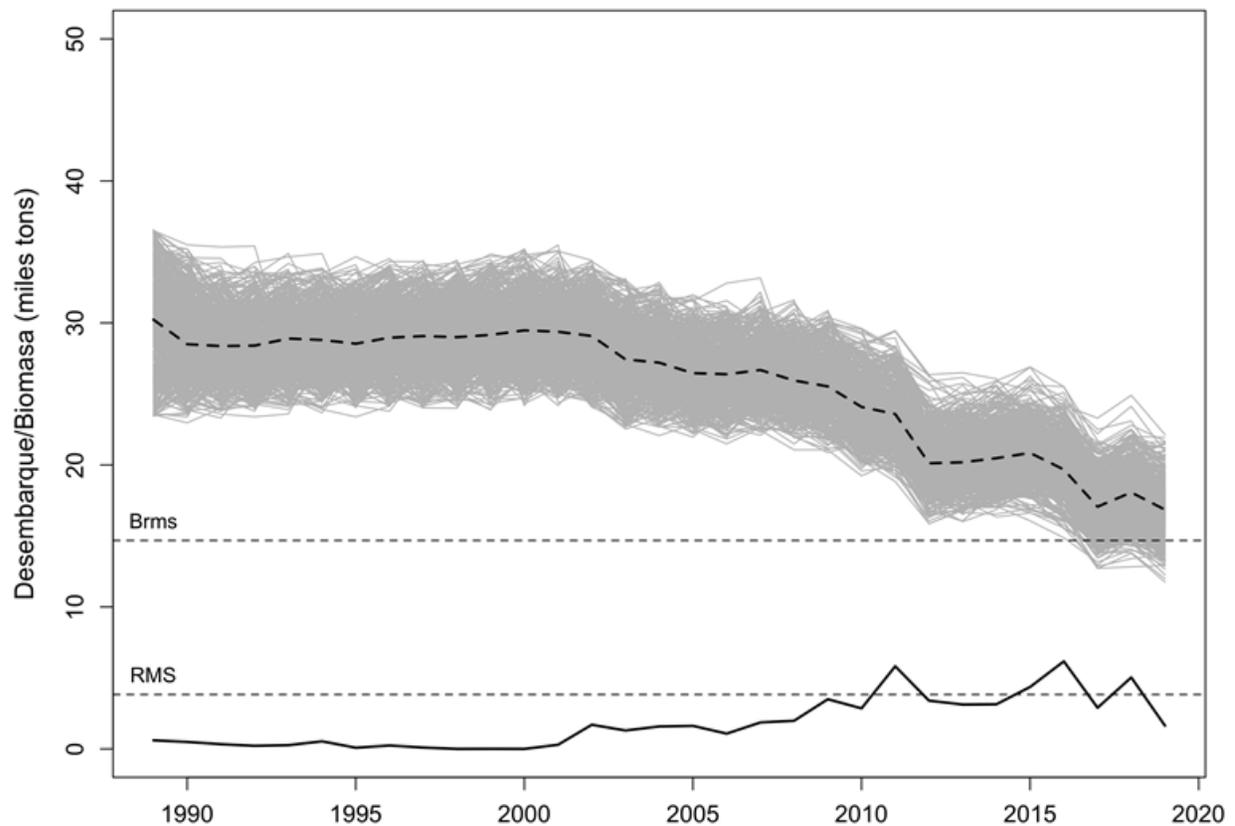


Figura 103. Trayectoria del desembarque (línea continua, miles de ton) y de la biomasa (línea segmentada, miles de ton) estimada por el modelo de evaluación para cojinoba moteada (*S. punctata*) de la zona sur austral. Período: 1989 a 2019. Las líneas grises representan trayectorias plausibles. Nomenclatura: ver Fig. 102.

En el caso de RMS de cojinoba moteada se observa diferencias significativas, según la comparación de los intervalos de plausibilidad, entre los escenarios optimista (Esc. 3) y muy optimista (Esc. 4) respecto de los escenarios Base, pesimista (Esc. 1) y medio (Esc. 2). En el caso de la biomasa en RMS (BRMS), se observa diferencias significativas solo entre el escenario muy optimista (Esc. 4) y el pesimista (Esc. 1) (Fig. 8).

Tabla 47. Escenarios de depleción (*prior*), capacidad de carga (K, ton), tasa de crecimiento de la biomasa (r), rendimiento máximo sostenido (RMS, ton), biomasa al nivel de RMS (BRMS) y nivel de decaimiento de la biomasa (Depl., posterior) de cojinoba del sur (*S. caerulea*) y cojinoba moteada (*S. punctata*) en la zona sur austral. Las magnitudes corresponden a la mediana de n=500 valores plausibles.

Especie	Parámetro	Base	Escenario 1 (pesimista)	Escenario 2 (medio)	Escenario 3 (optimista)	Escenario 4 (muy optimista)
Depleción (<i>prior</i>)		0,3 - 0,8	0,2 – 0,5	0,4 – 0,6	0,5 – 0,8	0,6 – 0,9
<i>S. caerulea</i>	K	18.327	18.511	18.399	18.148	17.837
	r	0,350	0,342	0,347	0,357	0,372
	RMS	1.591	1.573	1.584	1.608	1.638
	BRMS	9.164	9.255	9.199	9.074	8.918
	F _{RMS}	0,175	0,171	0,173	0,174	0,186
	Depl.	0,899	0,903	0,902	0,913	0,921
<i>S. punctata</i>	K	31.241	24.629	27.909	35.960	48.369
	r	0,558	0,561	0,560	0,557	0,555
	RMS	4.030	3.224	3.623	4.618	6.157
	BRMS	15.620	12.314	13.954	17.980	24.184
	F _{RMS}	0,279	0,281	0,280	0,279	0,278
	Depl.	0,493	0,360	0,507	0,622	0,724

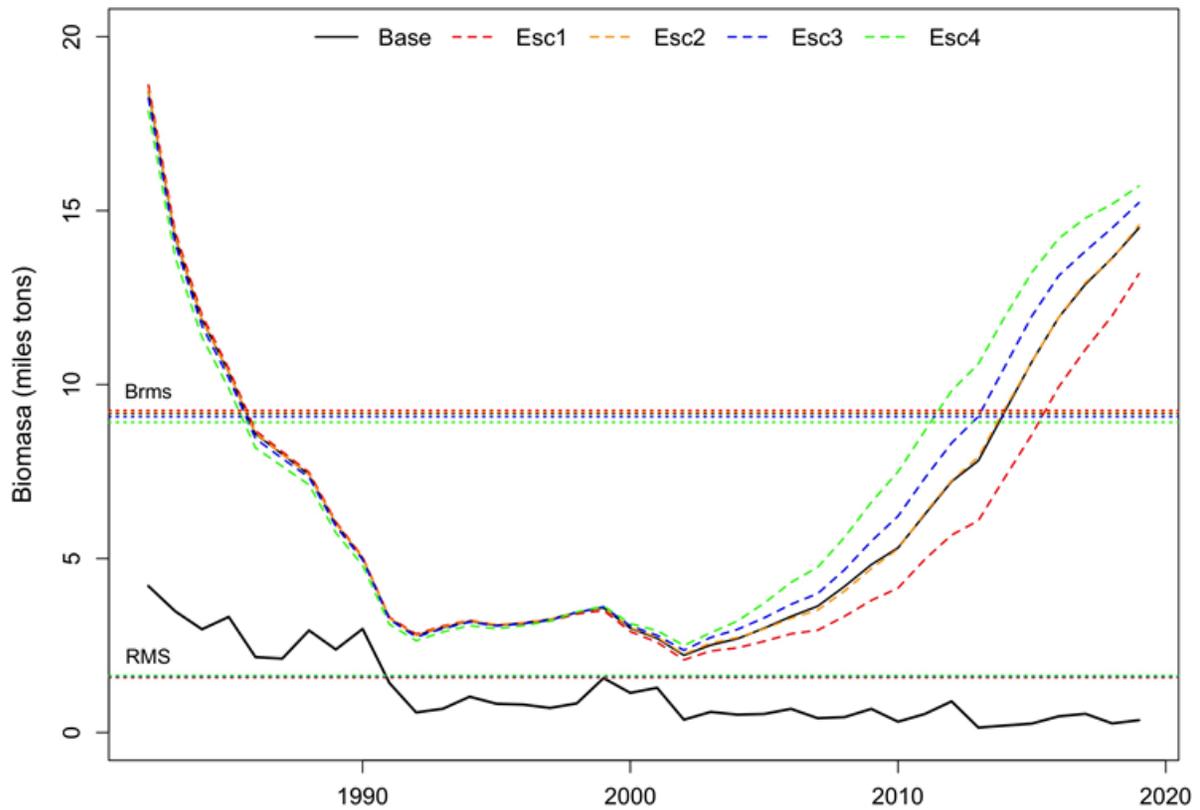


Figura 104. Trayectoria del desembarque (línea continua, miles de ton) y de la biomasa (líneas segmentadas, miles de ton), rendimiento máximo sostenido (RMS) y biomasa en RMS (B_{rms}) en cojinoba del sur. Período: 1982 - 2019.

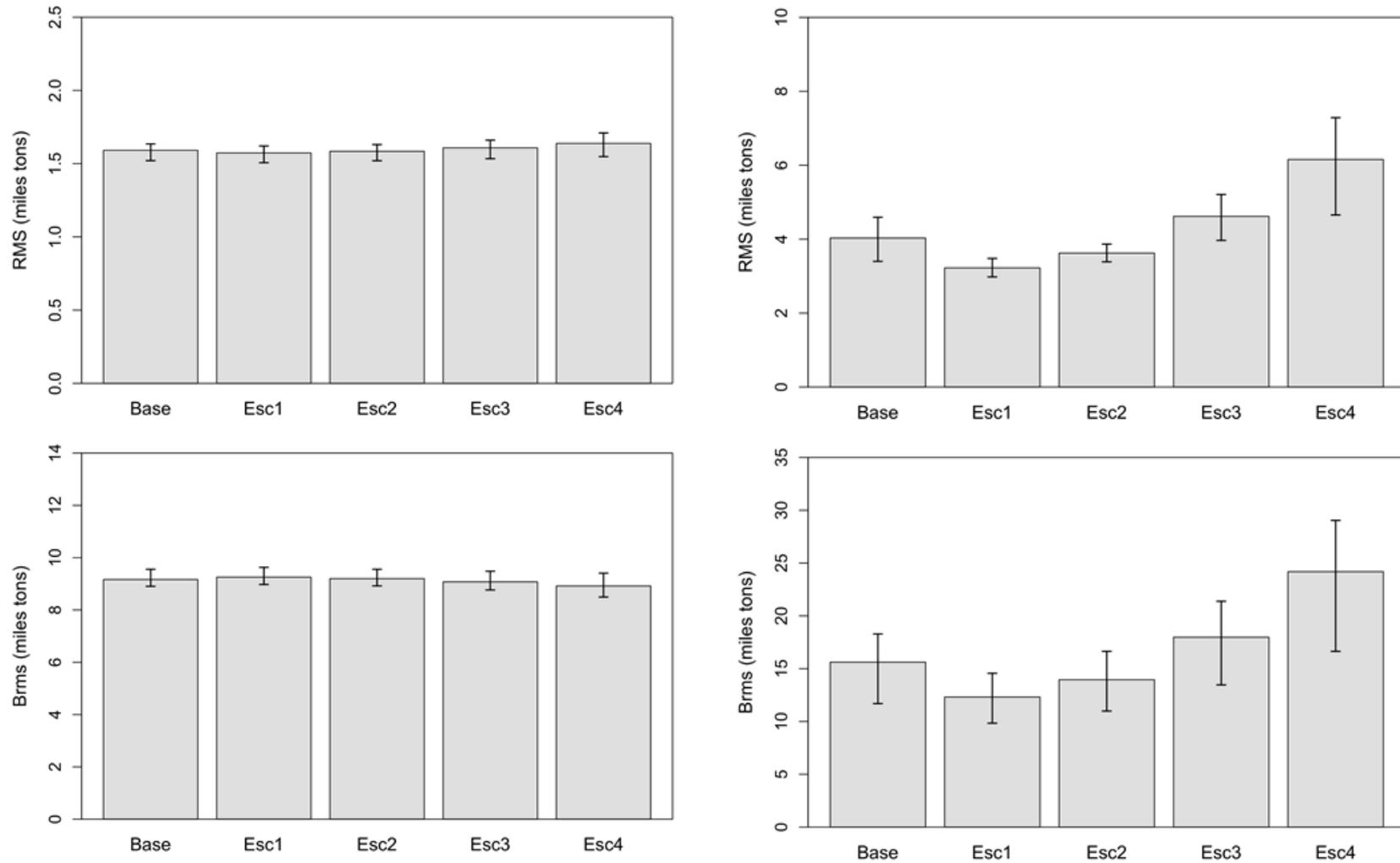


Figura 105. Rendimiento máximo sostenido (RMS, miles de ton; arriba) y biomasa al nivel de RMS (BRMS, miles de ton; abajo) de cojinoba del sur (*S. caerulea*, izquierda) y cojinoba moteada (*S. punctata*, derecha), según escenarios de depleción. Las barras grises corresponden a la mediana y las líneas verticales al intervalo de plausibilidad (rango intercuartil).

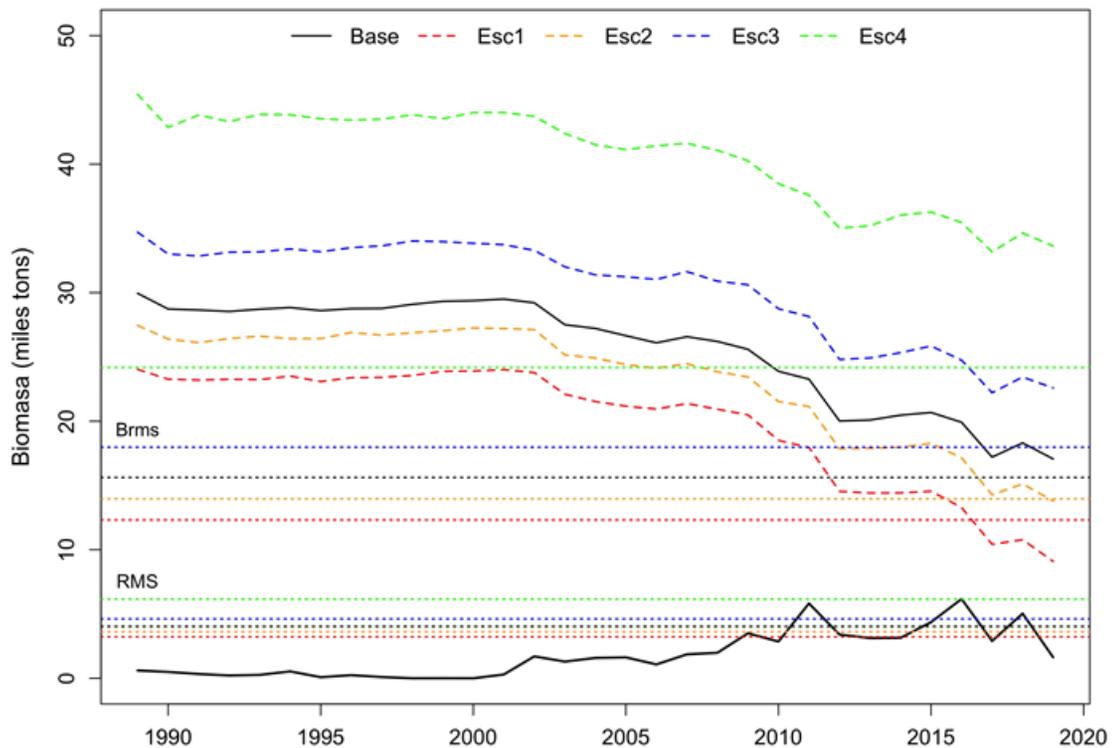


Figura 106. Trayectoria del desembarque (línea continua, miles de tons) y de la biomasa (línea segmentada, miles de tons), rendimiento máximo sostenido (RMS) y biomasa en RMS (B_{rms}) en cojinoba moteada. Período: 1995 a 2019.

El Taller de Difusión de Resultados de este proyecto se realizó el jueves 24 de septiembre de 2020 en modalidad online a través de la plataforma TEAMS debido a la imposibilidad de realizarlo presencialmente, atendiendo las instrucciones de la Dirección Ejecutiva del FIPA. Oportunamente se invitó a 64 personas de diferentes instituciones del Estado (Subsecretaría de Pesca, Subsecretaría de Economía, Servicio Nacional de Pesca, Instituto de Fomento Pesquero), universidades, empresas, centros de investigación y profesionales free-lance. En el Anexo 4 se presenta la invitación, el Programa del Taller y las exposiciones; asistieron al taller 18 personas.

6. Discusión

Las cojinobas del sur (*Seriolella caerulea*) y moteada (*S. punctata*) son parte de la fauna acompañante en las pesquerías de la zona sur austral de Chile, casi exclusivamente de la flota industrial arrastrera, esto es, dichas especies no son recurso objetivo principal, sino que, cuando aparecen en las capturas, entonces complementan la producción de productos frescos y congelados de merluza del sur (*Merluccius australis*) y merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el mismo formato. Las capturas de las cojinobas del sur y moteada son de interés de empresas pesqueras, pues tienen mercados consolidados con clientes en España y Japón.

En Chile se ha publicado cuatro trabajos en revistas indexadas en temas de interés del presente proyecto, esto es, relacionados con biología y pesquería de las cojinobas (Aguayo & Chong, 1991; Chong & Aguayo, 1994; Chong *et al.*, 2019; Bustos *et al.*, 2011). Sin embargo, la cojinoba del norte (*S. violacea*) tiene creciente interés por sus características aventajadas para cultivos marinos, encontrándose alrededor de diez publicaciones en los últimos años (Bustos & Silva, 2011; Silva, 2013; Agüello-Guevara *et al.*, 2017; Bohórquez *et al.*, 2017; González *et al.*, 2017; Lemus-Moncada *et al.*, 2018; Alveal *et al.*, 2019; Nerici *et al.*, 2012; 2019). Esos trabajos fueron realizados para ejemplares en cautiverio, por lo que su aporte es nulo para el presente proyecto.

En la literatura gris se cuenta con reportes de proyectos financiados por el FIPA e IFOP. Entre los proyectos FIPA se encontró un trabajo de la alimentación de las cojinobas ejecutado el año 1993 (Pool *et al.*, 1997), aunque sus resultados no son comparables con los del presente proyecto debido a que ellos usaron índices compuestos de alimentación (combinando en una misma ecuación la contribución relativa de peso, número y frecuencia), cuyo aporte es escaso a nulo en ecología y más aún en pesquerías. Los documentos de IFOP también incluyen análisis anuales de la pesquería desde el año 2012, enfocado en capturas y distribuciones de frecuencias de tallas en las capturas (los llamados informes de “Seguimientos” y “Estatus”, ambos anuales).

Los parámetros de crecimiento estimados en el presente proyecto indican que la longevidad de cojinobas en las capturas es de 20 años. Estas estimaciones son superiores a las informadas para *S. caerulea* (Biblioteca Fishbase; www.fishbase.org) y *S. porosa* en Argentina (Garciaarena y Perrotta, 2002). Sin embargo, son similares a las informadas para *S. caerulea* de Nueva Zelanda (Horn,

1999). Además, en este proyecto se confirma que *S. caerulea* en Chile presenta el máximo reproductivo en invierno (máximo IGS y máximo crecimiento protoplásmico en agosto), lo que es consistente con el desove invernal (julio a septiembre) en *S. caerulea* y *S. punctata* (Aguayo *et al.*, 1996; Bruce *et al.*, 2001; Céspedes *et al.*, 2016.).

La mortalidad natural (M ; año⁻¹) es relevante como parámetro de historia de vida, pues siempre presenta alta incertidumbre y es estimada solo con procedimientos indirectos. En el presente trabajo se estimó M de cojinoba moteada mediante cinco métodos bio-analógicos, esto es, aquellos basados en parámetros de la historia de vida, en particular de crecimiento individual (K ; año⁻¹). La mortalidad natural para cojinoba moteada puede fijarse en: $M = 0,35$ para sexos combinados; $M = 0,34$ para machos; y, $M = 0,36$ para hembras. Estos valores de M son similares o levemente superiores a M de merluza común (*Merluccius gayi*), por ejemplo. Dicho de otra manera, M en cojinoba moteada es más parecida a la M de una especie de pez demersal que de una especie de pez pelágico de tamaño medio como el jurel (*Trachurus murphyi*).

La talla media de madurez de las hembras de *S. caerulea*, obtenida en este proyecto a partir de la asignación microscópica de madurez ovárica, se estimó en el rango de 45 a 50 cm de longitud horquilla (LH). Sin embargo, se recomienda usar la estimación basada en asignación macroscópica, la que indica que la madurez se alcanza entre 7 y 9 años de edad (41,5 cm de LT; equivalente a 37,8 cm de LH) en cojinoba del sur, y entre 7 y 8 años (37,7 cm LT; equivalente a 32,8 cm de LH) en cojinoba moteada. Estos resultados difieren tanto con lo informado en la Biblioteca Fishbase (www.fishbase.org) para *S. punctata* (madurez entre 4 y 5 años) como lo informado por Horn (1999) para *S. caerulea* (madurez entre 3 y 4 años de edad).

Las hembras de cojinobas moteada y del sur son desovantes parciales con desarrollo oocitario asincrónico. En cuanto a la reproducción de la cojinoba moteada en la zona sur austral de Chile, se confirma que el máximo desove ocurre en invierno, análogamente a otros recursos pesqueros demersales de la zona sur austral como merluza del sur, e incluso de recursos demersales de la zona centro sur como merluza común.

Con la información de hembras maduras a la talla (muestreos de junio a agosto de 2019) se estimó la talla media de madurez para cojinoba moteada en 37,7 cm de LT (I.C.: 36,1 a 39,4); y para cojinoba del sur en 41,5 cm de (I.C.: 39,9 a 43,2), lo que coincide parcialmente con lo reportado por Chong *et al.* (2019).

En este estudio los resultados del contenido estomacal revelaron que la dieta de cojinoba del sur se compone de 7 taxa, mientras que en la cojinoba moteada el espectro trófico es más amplio con 12 taxa. En ambos casos las principales componentes de la dieta corresponden casi exclusivamente a eufáusidos, y muy secundariamente peces (mictófidios) y tunicados (salpas), lo que concuerda parcialmente con lo informado por Pool *et al.* (1997), quienes comunican a crustáceos y salpas como parte de la dieta. En Nueva Zelanda, donde ambas especies también son capturadas como fauna incidental en la pesquería industrial arrastrera, la dieta de ambas especies está dominada por salpas. En particular, Horn *et al.* (2011, 2012) califican la dieta de ambas cojinobas como “salpa-especialista”. El análisis de asociaciones específicas de la dieta de cojinoba del sur y cojinoba moteada indica que no existen diferencias sustanciales en la dieta, lo que se debe a la importancia relativa absoluta de los eufáusidos como las principales presas en ambas especies. Sin embargo, es posible observar diferencias estacionales, lo que se debería a la oferta de alimento en el ambiente o al diseño de muestreo al no haber individuos disponibles desde la pesca comercial con mayor cobertura espacial y temporal.

La información bibliográfica para especies de cojinobas de interés de este proyecto, y para especies similares de otras latitudes, indica que estudios de la historia de vida de especies del género *Seriolella* son muy escasos, tanto nacional como internacionalmente. Sin embargo, las piezas de información (conocimiento de especies similares y estimaciones de parámetros de historia de vida para *S. caerulea* y *S. punctata* en Chile) nos permiten proponer un modelo conceptual de historia de vida para ambas especies de cojinobas de la zona austral de Chile, aunque ciertamente existen varios tópicos de su ciclo de vida que deberán ser descubiertos, resueltos o aclarados en otros estudios. Entonces, tópicos del ciclo de vida aún desconocidos son la identificación de áreas de desove en Chile y la ecología de estados tempranos de ambas especies (desde larvas a juveniles <3 años), aunque larvas de *S. caerulea* han sido detectadas en fiordos de la zona austral (Bustos *et al.*, 2011). Tampoco se conoce el tipo de migraciones de las especies de cojinobas en las costas de Chile. La información desde las capturas (máximas en invierno) sugiere migración y agregación reproductivas frente a Chile sur austral, próximo a la costa. Además, es posible que, una vez producido el desove, las agregaciones se dispersen y los individuos migren para alimentarse, eventualmente hacia el oeste por la Convergencia Subantártica. En la alimentación de ambas especies de cojinobas domina el plancton (casi exclusivamente eufáusidos). Esto es consistente con la dieta planctófaga de *S. punctata*

y *S. brama* en la plataforma sur oriental frente a Nueva Zelanda (Bullman *et al.*, 2001; Horn *et al.* 2011).

La baja representación de individuos de tallas extremas de cojinoba moteada (<35 y >55 de cm de LH) en los muestreos biológico-específicos es un problema recurrente en la biología pesquera, lo que se debe a la baja disponibilidad de las tallas pequeñas y grandes en las capturas comerciales. En el presente caso ello se debe a los siguientes factores, al menos: uno, porque la pesquería sobre cojinobas es muy esporádica; dos, al comienzo de la corta temporada de pesca no se sabe qué especie aparecerá mayormente en las capturas comerciales, si *S. caerulea* o *S. punctata*; tres, la temporada de pesca es muy breve y las capturas están altamente concentradas en pocos días; cuatro, se desconoce dónde habitan los ejemplares pequeños y grandes; y, cinco, se desconoce el ciclo migratorio.

La consecuencia de la baja disponibilidad de ejemplares (peces) pequeños y grandes, esto es, de grupos de tamaños extremos para estudios de crecimiento, conduce a sesgos en la determinación de los parámetros como la edad teórica a la cual la longitud es cero (t_0), la tasa instantánea de crecimiento individual (K) y la longitud máxima teórica (L_∞). En efecto, cuando los ejemplares pequeños están ausentes en los muestreos, entonces el ajuste de los datos a la curva de crecimiento individual de von Bertalanffy es más débil y, por lo tanto, el valor absoluto de t_0 es alto. Sin embargo, t_0 debe tender a cero. Siguiendo a Haddom (2001), esto se corrige asumiendo que $t_0 = 0$.

En el caso que los individuos faltantes en los muestreos biológico-específicos fueren los ejemplares grandes, entonces el sesgo se tendrá en la estimación de L_∞ , lo que se puede evitar asumiendo que el tamaño de los individuos de mayor talla registrados en los muestreos propios o históricos de la pesca comercial corresponde a 95% de L_∞ (*sensu* Taylor, 1962). En el presente proyecto el individuo de cojinoba moteada registrado de mayor talla en los muestreos de 2019 correspondió a un pez de 58 cm de LH. Consecuentemente, la aproximación de Taylor (1962) nos conduce a que $L_\infty = 61$ cm de LH. Probablemente el parámetro de crecimiento más difícil de estimar es K , el que está inversa y directamente relacionado con L_∞ , lo que ha sido reportado para especies del género *Merluccius* del mundo por Arancibia *et al.* (2015; Fig. 12.1, pág. 326, $r^2=0,59$). Se desconoce la relación entre K y L_∞ para especies del género *Seriolella*, aunque podemos asumir que tal tipo de relación entre es también directa e inversa.

Aguayo & Chong (1991) y Horn & Sutton (1996) determinaron que los otolitos *sagittae* de *S. punctata* presentan un anillo hialino y un anillo opaco por año. Sin embargo, ambos trabajos difieren en la longevidad de esta especie. Mientras que Aguayo & Chong (1991) determinan que la longevidad es de 10 años, Horn & Sutton (1996) la señalan hasta de 23 años en las costas de Nueva Zelanda. En el presente estudio se encontró ejemplares de cojinobas de hasta 9 años. Por lo tanto, acá nos encontramos con un problema mayor en cuanto a que es poco probable que la longevidad sea tan alta. Lo que debe ocurrir, entonces, es que se confirma que los ejemplares grandes y muy grandes de cojinobas no están presentes en la parte sur de Chile, aunque probablemente sí lo están en aguas de Nueva Zelanda.

En relación con el análisis microestructural del otolito *sagittae*, la ausencia de ejemplares de cojinobas menores de 3 años de edad conduce a que el análisis (lecturas) de microincrementos sea difícil de interpretar, lo ha sido descrito en manuales de examinación microestructural por Secor *et al.* (1992), Morales-Nin (1991) y Green *et al.* (2009), quienes recomendaron el uso de la microestructura del otolito *sagittae* para especies de vida corta como sardinas y anchovetas, o para las etapas de vida tempranas como larvas y juveniles (<2 años), los que están ausentes en nuestras muestras biológico-específicas de cojinobas. Sin embargo, debido a que el análisis de la microestructura del otolito *sagittae* rescata información diaria del crecimiento de los individuos, entonces podemos asumir que esta metodología es más precisa que el análisis de anillos de crecimiento anual, aunque sugerimos no asumir *de facto* que los microincrementos tengan naturaleza diaria, lo que debe ser validado mediante experimentos de marcaje químico, manteniendo individuos de la especie objetivo en cautiverio y sometidos a aplicaciones (inyecciones o inmersión) con alguna sustancia epifluorescente, como por ejemplo tetraciclina, tal como Araya *et al.* (2003) lo aplicaron exitosamente al jurel del norte de Chile.

En la explotación de cojinoba del sur y cojinoba moteada se identifica la participación de cinco tipos de flotas (arrastrera de la zona centro sur, de enmalle de la zona centro sur, arrastrera de la zona sur austral, de espinel artesanal de la zona sur austral y palangrera industrial de la zona sur austral). Sin embargo, las principales capturas las ha realizado la flota de arrastre de la zona sur austral, lo que faculta señalar a la pesquería de cojinobas como pesquería industrial. Así lo muestra también la información de desembarques del SernaPesca, observándose que las embarcaciones industriales (60 embarcaciones arrastreras) de 45 a 60 m de eslora (n = 28) dan cuenta de 97,5% de los desembarques totales de cojinoba (ambas especies) en el período 1997-2019; solo 7

embarcaciones dan cuenta del 97,3% de los desembarques acumulados y solo 3 dan cuenta de 86% de los desembarques totales. Consecuentemente, las capturas de cojinobas en un período de más de 20 años han estado muy concentradas en pocas naves, lo que probablemente se deba a lo difícil que es operar en los mares del sur de Chile, al rendimiento de pesca moderado a bajo y a los altos costos que representa operar embarcaciones de calados mayores.

Entonces, debido a la altísima concentración de las capturas de cojinobas por solo 3 naves, no se justifica estandarizar el esfuerzo de pesca con procedimientos estadísticos sofisticados (como análisis multivariado), pues es suficiente considerar a aquellas naves más representativas del estrato que tuvo mayor contribución a las capturas y/o desembarques totales.

El análisis de las capturas anuales, a partir de la información del Seguimiento de Pesquerías para el período 1997-2001 revela el predominio de cojinoba del sur por sobre cojinoba moteada, situación que cambia de 2002 a 2019. Al respecto, no obstante que cojinoba moteada ha sido registrada en bitácoras de pesca (del Programa de Seguimiento de Pesquerías) desde 1989, sus desembarques se registran correctamente solo desde 2001 (Céspedes *et al.*, 2018; Mardones *et al.*, 2019), lo que podría explicar la menor participación de ésta en los desembarques anuales desde 1997 hasta 2002. Anteriormente, de 1982 a 1988, aunque existía adecuada diferenciación de las especies de cojinoba (*S. caerulea*, *S. punctata* y *S. violacea*). Céspedes *et al.* (2018) indican que revisiones recientes de datos históricos sugieren que *S. punctata* habría sido sub-reportada y erróneamente etiquetada en los desembarques como *S. violacea*, refiriéndose a la flota de arrastre de la zona centro sur con puertos de desembarques en la Región del Biobío y en la Región de Valdivia (antiguamente norte de la X Región, ahora XIV Región) (Sernapesca, 2006). La información de bitácoras de pesca anterior a 1997 no estuvo disponible para análisis en este proyecto.

La distribución espacial de las capturas de cojinoba del sur y cojinoba moteada para el período 1997 a 2019 ocurrió desde 33°00'S hasta 56°58'S, y hasta 78°00'W en su parte más oceánica, identificándose tres zonas de concentración, a saber: 40°S a 44°30'S (frente a la Isla de Chiloé); 44°30'S a 46°30'S (Península de Taitao) y 46°30'S a 54°S, diferenciándose en magnitud, las que están estrechamente ligadas a la distribución espacial del esfuerzo de pesca de merluza del sur. En efecto, Céspedes *et al.* (2019), para la flota de arrastre hielero, reportan que el esfuerzo de pesca se

concentra de 42° a 45°S, y la flota de arrastre fábrica que muestra históricamente dos áreas de concentración más al sur, a saber, 44° a 48°S y de 52° a 57°S (Fig. 107).

La fracción de hembras en las capturas de cojinoba del sur, para el período 1997-2017, es cercana a 50%, encontrándose diferenciación espacial (mayor presencia de hembras de 60% a 70%) entre la Boca del Guafo y la Península de Taitao, y frente a 55°S, situación que no se observa en el caso de cojinoba moteada. Respecto de la fracción de juveniles en las capturas, en cojinoba del sur se observa diferencias espaciales con menor fracción de juveniles al norte de la Península de Taitao (< 30%) en comparación al sector sur (30% a 50%). En la cojinoba moteada la fracción de juveniles es inferior a 23%, en promedio, sin diferenciación espacial evidente. Entonces, acá nos encontramos con dos especies de cojinobas que podrían tener dinámicas distintas o lo que estamos visualizando se debe a datos no validados o escasez de datos para ser más concluyentes. Sin embargo, no es posible resolver esas dudas ahora con este estudio breve de 1 año de duración.

En los desembarques conjuntos de cojinobas (período 1997 a 2017), la cojinoba moteada aportó con poco más de 50 mil ton, lo que corresponde a prácticamente $\frac{3}{4}$ del total; la cojinoba del sur aportó con poco más de 15 mil ton. Las causas de esta distribución las desconocemos, aunque probablemente estén asociadas a la Corriente de Deriva del Oeste. Sin embargo, no hay publicaciones que indaguen en la existencia de las pesquerías de la zona sur austral de Chile y la productividad del océano en su margen costero y en la parte exterior, ni tampoco sobre el rol que juega la Corriente de Deriva del Oeste. En efecto, el último de los escasos estudios oceanográficos cubre solo hasta 46°S (Strub *et al.*, 2019).

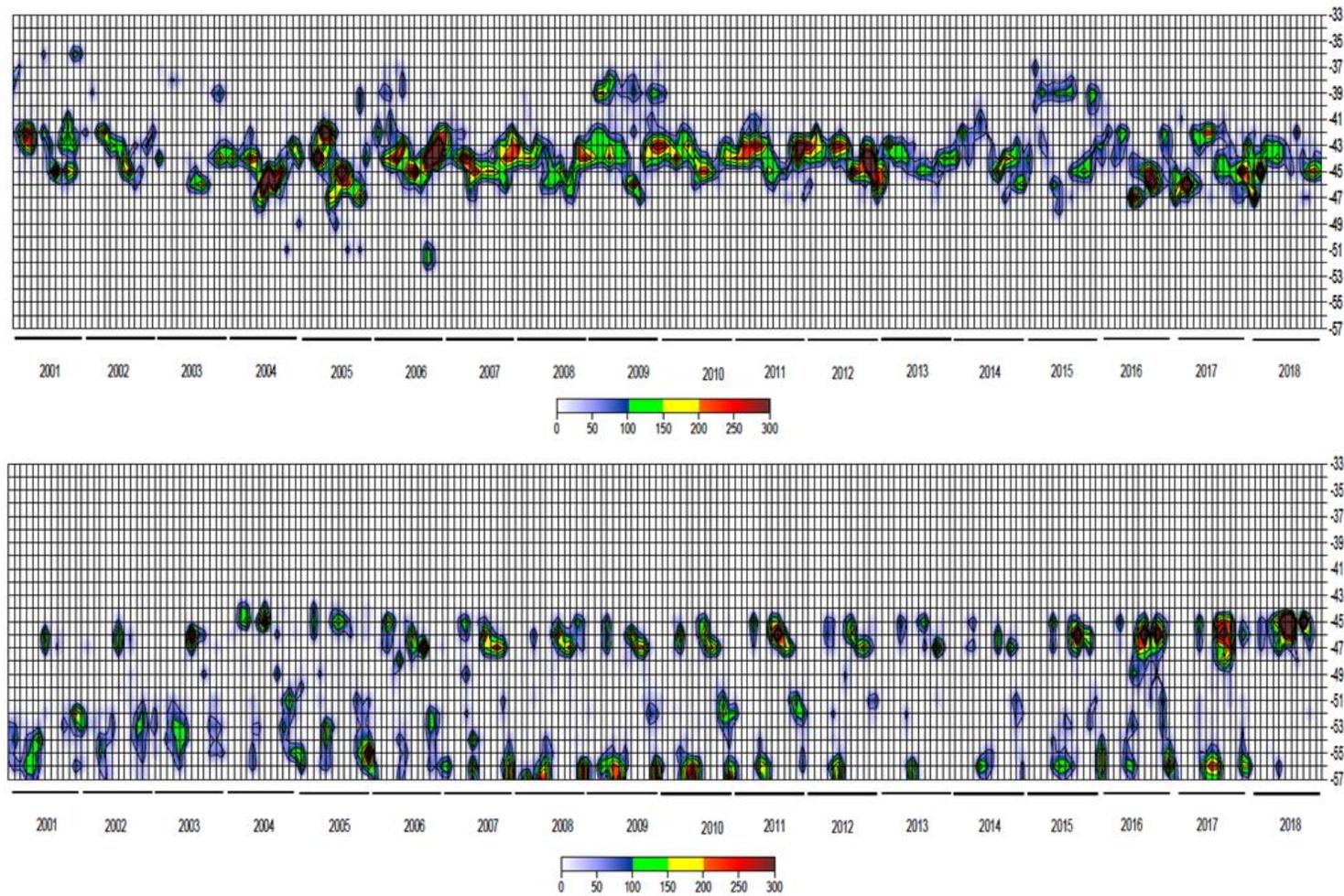


Figura 107. Distribución espacial del esfuerzo de pesca (horas de arrastre) ejercido sobre merluza del sur en la flota arrastrera hielera (arriba) y la flota arrastrera fábrica (abajo) por mes y latitud. Período: 2001 a 2018. Fuente: Céspedes *et al.* (2019).

Las cojinobas del sur y moteada son parte de la fauna acompañante en las capturas de las merluzas de cola, del sur y de tres aletas, particularmente en las operaciones de pesca de la flota industrial arrastrera. Allí se identifica a 167 especies, aun cuando solamente esas tres merluzas dan cuenta de casi el 75% de las capturas totales, lo que se debería a que el arte de pesca arrastrero es altamente selectivo, dando cuenta de las adecuaciones tecnológicas de las naves para mejorar el escape de otras especies a través de mejoras en la selectividad de las redes. La mayoría de las especies de la fauna acompañante en esta pesquería aparecen esporádicamente. Las cojinobas son incidentales, aportando la cojinoba del sur con 3,3% y la cojinoba moteada con 9,1% a las capturas totales en el período analizado de más de 20 años de datos. La distribución de estas especies de cojinobas es cuasi circumglobal en el Hemisferio Sur, habiendo sido descritas como fauna incidental en pesquerías arrastreras de Australia (incluyendo Tasmania), Nueva Zelanda, cono sur de Sudamérica (Océano Pacífico Suroriental, Océano Atlántico Suroccidental) y la parte sur del Océano Índico (McDowall, 1980; 1982; Roberts, 1991). En Nueva Zelanda la participación relativa de ambas especies de cojinobas en las capturas comerciales industriales ha sido más baja que la observada en Chile. En efecto, en Chile el aporte relativo (en peso) a las capturas históricas ha sido de 1,03% en cojinoba del sur y 3,37% en cojinoba moteada. Sin embargo, en Nueva Zelanda la cojinoba del sur representa el 0,51% de las capturas en peso y la cojinoba moteada representa el 1,62% en el período de 1992 a 1999 (Bull *et al.*, 2001). En el caso de cojinoba moteada se ha observado alguna diferencia en invierno (0,41%) y verano (0,32%) (Beentjes *et al.*, 2002).

El análisis de clasificación revela la existencia de cuatro asociaciones faunísticas, las que presentan diferencias en la estructura de CPUE de acuerdo con la latitud, y secundariamente entre años debido a que la presencia de jibia y reineta parecen jugar un rol relevante en dicha estructuración faunística. Por ejemplo, la jibia no estuvo presente en los primeros años de la serie de datos analizados, así como la cojinoba moteada, cuyo aporte relativo a las capturas comienza a evidenciarse recién desde el año 2004. Para Nueva Zelanda (período 1991-1996), Beentjes *et al.* (2002) identificaron 5 asociaciones en la época invernal y 7 en la época estival, coincidiendo parcialmente con Bull *et al.* (2001), quienes identificaron 5 asociaciones faunísticas. Entonces, aparentemente las especies disponibles al arte de pesca industrial arrastrero parecen constituir asociaciones faunísticas de moderada cantidad (5 a 7), lo que se debería a que la selectividad del arte condiciona los resultados.

En Chile, el uso de registros cuantitativos por lance de pesca de las capturas ha permitido caracterizar a las comunidades macro faunísticas asociadas a camarón nailon, langostino colorado, langostino amarillo y merluza común (Acuña *et al.*, 2009ab; Acuña *et al.*, 2015; Acuña *et al.*, 2016; Alarcón *et al.*, 2017), utilizando la información de CPUE de los taxa por lance en el área de estudio. Para esos análisis de la composición de especies se aplicó métodos multivariados (Clarke & Warwick, 1994; Menezes *et al.*, 2009; Dell *et al.*, 2009; Catalán *et al.*, 2006), tal como los utilizados acá, que son el análisis de clasificación y de permutación no paramétrica ANOSIM (Fennessy *et al.*, 1994; Warwick *et al.*, 1997; Catalán *et al.*, 2006; Dell *et al.*, 2009). Al respecto, en esos estudios se encontró que la estructura comunitaria asociada a los recursos pesqueros objetivo estaba determinada por muy pocas especies que contribuyen mayormente a la CPUE (Acuña *et al.*, 2006; Acuña *et al.*, 2007ab; Sagua, 2015), tal como ocurrió en el presente trabajo con cojinoba del sur y cojinoba moteada, lo que parece ser una característica de las pesquerías demersales.

La distribución espacial de asociaciones de ictiofaunas demersales ha sido ampliamente estudiada (Oviatt & Nixon, 1973; Gabriel & Tyler, 1980; D'Onghia *et al.*, 2004; Labropoulou & Papaconstantinou, 2004; Moranta *et al.*, 2008; Busalacchi *et al.*, 2010), ligándola a la batimetría y tipo de fondo (Abello *et al.*, 2002), masas de agua (Carney, 2005), interacciones inter-específicas y la pesca (Blanchard, 2001). Varios estudios han comunicado que la profundidad es el principal modelador de ensambles de peces marinos (Bergstad *et al.*, 2008; García-Rodríguez *et al.*, 2011), registrándose cambios en la composición de especies con la profundidad en la plataforma continental y el talud en Portugal (Gomes *et al.*, 2001; Sousa *et al.*, 2005), en el Mar Mediterráneo de Francia (Gaertner *et al.*, 2002), en el Mar Mediterráneo Oriental (D'Onghia *et al.*, 2003), en el Mar Mediterráneo Nororiental (Labropoulou & Papaconstantinou, 2004; Gaertner *et al.*, 2003), en el Mar Mediterráneo Occidental (Moranta *et al.*, 2008), en el Océano Atlántico Nororiental (Menezes *et al.*, 2009) y en Chile central (Arancibia, 1989; Menares & Sepúlveda, 2005; Sagua, 2015). También se ha mencionado que factores físicos (condiciones hidrográficas, pendiente de la plataforma continental, tipo de sustrato) y biológicos (disponibilidad y abundancia, relaciones predador-presa) son causa de la zonación ictiofaunística junto con la profundidad (Bianchi, 2007; Clark *et al.*, 2010; Keskin *et al.*, 2011), así como la pesca (Blanchard, 2001; Zwanenburg, 2000). En el caso de la pesquería de cojinoba del sur y cojinoba moteada de la zona sur austral, sin embargo, encontramos que el principal modelador de ensambles de peces es el gradiente latitudinal.

En Chile no se ha desarrollado modelos de evaluación para los recursos cojinoba del sur y cojinoba moteada, al menos no se conoce trabajos publicados en alguna revista científica. Recientemente, Mardones *et al.* (2019) revisaron información disponible en IFOP e informan que cojinoba moteada es clasificada en el Nivel (Tier) 1b, concluyendo que ese recurso pesquero es susceptible de ser evaluado mediante modelos estructurados a la talla y el uso de un índice de abundancia estandarizado. En el caso de cojinoba del sur, Mardones *et al.* (2019) comunican que ese recurso pesquero es clasificado en el Nivel (Tier) 3, susceptible de ser evaluado con métodos basados en capturas.

Sobre el particular y considerando los resultados del presente proyecto, nosotros concluimos que ambos recursos pesqueros deben ser clasificados en el Nivel 3 por la baja calidad de la información de composición de tamaños, por un lado, y porque los índices de abundancia (rendimiento de pesca sin estandarizar) no son confiables. Además, la colecta de información biológico-pesquera de ambas cojinobas ha sido esporádica, sin respaldo como recurso objetivo. Dicho de otra manera, no ha existido continuidad en los muestreos de las cojinobas del sur y moteada, la calidad de la información es baja y la parte confiable de la toma de datos parece provenir solo desde 2015 con el respaldo de los muestreos por la Ley de Descartes. Consecuentemente, nuestra sugerencia es que no se aplique modelos de evaluación de stock estructurados a ambas especies de cojinobas, al menos en el mediano plazo (5 años o más). Entonces, la alternativa es aplicar modelos de evaluación basados en capturas, como los de Zhou *et al.* (2013), Martell & Froese (2013) y Froese *et al.* (2017), suponiendo que las capturas son correctas (Dick & MacCall, 2011) y que la especie en estudio constituye un stock cerrado en el área de estudio.

El modelo de evaluación de stock implementado en este proyecto utiliza solo datos de captura/desembarque y se basa en Zhou *et al.* (2013), el que consiste en un modelo de biomasa dinámica con amplio rango de parámetros iniciales. En el caso de la cojinoba del sur, la trayectoria de la biomasa total muestra rápida reducción desde 1982 hasta 1992, manteniéndose estable entre 1992 y 2002, continuando con la sostenida recuperación hasta el año 2019. Sin embargo, los valores plausibles de biomasa tienen altísima variabilidad, aunque algunos alcanzan la abscisa (cero). La alta incertidumbre de la biomasa se atribuye a que este recurso pesquero no es especie objetivo de la pesquería arrastrera industrial en la zona sur austral, sino solo fauna acompañante. Esto es crucial cuando se trata de modelar la biomasa del stock, pues, al no haber intencionalidad de captura de cojinoba o, si la hubiere, sería esporádica, entonces eso sesga fuertemente la data disponible,

llevando a estimaciones de la biomasa con altísima variabilidad, aun cuando el estimado de biomasa promedio parece coherente. Esta situación es un tema típico y recurrente en las evaluaciones de stock, sea con modelos globales o con modelos estructurales. Dicho de otra manera, la cantidad y calidad de la data condiciona que los resultados sean más precisos, en sentido estadístico.

En el caso de la cojinoba moteada, la aplicación de un modelo de biomasa dinámica ha permitido en el presente proyecto conocer la trayectoria de la biomasa total, con un largo período de estabilidad, aunque con tendencia decreciente de 2002 a 2019, lo que se atribuye a la presión de pesca ejercida sobre este recurso pesquero debido al incremento de las capturas en los últimos años. Para cojinoba del sur el rendimiento máximo sostenido (RMS) y la biomasa en el rendimiento máximo sostenido (B_{RMS}) se estimó en $RMS = 1.591$ ton y $B_{RMS} = 9.164$ ton; y, para cojinoba moteada se estimó en $RMS = 4.030$ ton y $B_{RMS} = 15.620$ ton. En el año 2019 los desembarques de cojinoba del sur estuvieron por debajo de RMS, con la biomasa del stock creciendo; y, en el caso de cojinoba moteada, los desembarques también estuvieron bajo RMS, aunque la biomasa del stock habría continuado su trayectoria a la baja.

Modelos con mayor cantidad, y probablemente mejor calidad de información, han sido desarrollados en Australia y Nueva Zelanda para *S. punctata*, en lo que ellos denominan “análisis de evaluación de stock integrado” (Thomson, 2002). La evaluación de stock fue realizada por Taylor & Smith (2004), Tuck & Punt (2007) y Tuck (2008) con un mejoramiento del estimado de mortalidad natural, crecimiento y bondad de ajuste en la información de frecuencia de tamaños. El año 2012 el enfoque fue modificado al incorporar nueva información de capturas y descartes, índices independientes y clasificación de la información por zonas de pesca. En el caso de las pesquerías chilenas, para alcanzar un nivel aceptable en la modelación, como la desarrollada por CSIRO en Australia y Nueva Zelanda (Zhou *et al.*, 2012; Day *et al.*, 2015; Burch *et al.*, 2018), se requiere mejorar sustancialmente la colecta de información biológica tal como composición de tamaños, fracción de sexos, tópicos reproductivos (talla media de madurez y ojiva de madurez) e información pesquera (intencionalidad de pesca de cojinobas, diferenciando cuando son recursos objetivo o fauna acompañante, registros de capturas georreferenciadas y rendimientos de pesca). En efecto, en el presente proyecto ha quedado en evidencia (objetivos específicos 3 y 5) que la calidad de la información de la pesquería de cojinobas es baja, por lo que ambas califican como Tier 3, lo que limita avanzar en la aplicación de modelos estructurales.

7. Conclusiones

- Los resultados disponibles en literatura para *S. caerulea* y *S. punctata* en Chile y en el extranjero son muy escasos, y solo 20% de esos pocos trabajos publicados tienen que ver con tópicos de interés del presente proyecto.
- Existen discrepancias en los parámetros de crecimiento de *S. caerulea* en Chile y Nueva Zelanda, lo que refuerza el interés por los resultados del presente proyecto.
- No se observa diferencias en la tasa instantánea de crecimiento individual (K) entre machos y hembras de *S. punctata* capturados en aguas chilenas.
- Se recomienda utilizar los siguientes parámetros de crecimiento en longitud de horquilla (LH) para *Seriolella punctata*, sexos combinados: $LH_{\infty} = 61\text{cm}$; $K = 0,22 \text{ año}^{-1}$; $t_0 = 0 \text{ años}$.
- Se recomienda confeccionar claves talla-edad para sexos combinados, pues no se aprecia diferencias en los parámetros de crecimiento entre machos y hembras.
- El reclutamiento de cojinobas a la zona de pesca en la zona austral de Chile ocurriría cuando individuos de entre 25 y 30 cm de LH (3 a 4 años de edad) están disponibles a los artes de pesca. No se tiene conocimiento de la distribución y ecología de individuos < 3 años de vida.
- La edad de reclutamiento ($t_r=4$ años) se superpondría con la edad de primera captura (t_c).
- Después del desove los individuos de cojinobas migrarían tróficamente hacia zonas costeras más productivas. Este ciclo se repetiría hasta que los individuos de la cohorte alcancen la edad máxima en la captura (t_m), lo que podría corresponder a unos 20 o más años de vida.
- En la pesquería de cojinobas se identifica la participación de cinco tipos de flotas, predominando largamente en las capturas la flota arrastrera de la zona sur austral.
- Solo 3 naves arrastreras industriales dan cuenta de casi todas las capturas, predominando las embarcaciones arrastreras de 45 a 60 m de eslora.
- Se reconoce la presencia de tres zonas de agregaciones de capturas: entre 40°S a 44°30'S (frente a la Isla de Chiloé); de 44°30'S a 46°30'S (Península de Taitao); y de 46°30'S a 54°S. La concentración de las capturas de cojinobas disminuye hacia el sur.

- La fracción de hembras en las capturas de cojinoba del sur es cercana a 50% con diferenciación espacial (mayor presencia de hembras con participación de 60 a 70%) entre la Boca del Guafo y en la Península de Taitao, y frente a 55°S.
- La fracción de juveniles en las capturas de cojinoba del sur también muestra diferencias espaciales, con menor fracción de juveniles al norte de la Península de Taitao (< 30%), y de 30% a 50% en la parte sur.
- En la cojinoba moteada, tanto en el caso de la fracción de hembras como en la fracción de juveniles, no se observa diferenciación espacial evidente.
- Las hembras de *S. caerulea* y *S. punctata* presentan cuatro estados bien definidos de desarrollo oocitario simultáneo (primario, previtelogénico, vitelogénico y maduro) y ambas especies son desovantes parciales.
- La talla media de madurez de las hembras de cojinoba moteada, a partir de la asignación microscópica de madurez ovárica, se estima en el rango de 45 a 50 cm de LT. Se sugiere no usar este resultado de talla media de madurez con propósitos de administración o manejo.
- La talla media de madurez de hembras de cojinoba del sur, calculada a partir de la asignación de madurez macroscópica, es 41,5 cm de LT (I.C.: 39,9 - 43,2). Se sugiere usar este resultado de talla media de madurez para propósitos de administración o manejo.
- La talla media de madurez de hembras de cojinoba moteada, calculada a partir de la asignación de madurez macroscópica, es 37,7 cm de LT (I.C.: 36,1 - 39,4 cm LT). Se sugiere usar este resultado de talla media de madurez para propósitos de manejo de cojinoba moteada.
- El período reproductivo principal de *S. caerulea* y *S. punctata* es el invierno (máximo en agosto), decreciendo hacia septiembre/octubre.
- En ambas especies de cojinobas la alimentación está representada casi exclusivamente por crustáceos (principalmente eufáusidos) con escaso aporte de peces linterna.
- En las capturas anuales de la zona sur austral (período 1997 a 2019), las cojinobas del sur y moteada representan de 1,03% a 3,37% de las capturas totales de la pesca de arrastre industrial, siendo merluza de cola la especie objetivo principal (54,85%).

- Solamente tres especies de peces representan 89,8% de las capturas en el período analizado (merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas).
- Se identificó 4 asociaciones de especies, las que presentan estructuración de la CPUE de acuerdo con la latitud.
- El modelo de biomasa dinámica para la evaluación de stock (que utiliza solo datos de desembarque) permite estimar para cojinoba del sur que $RMS = 236$ ton y $B_{RMS} = 1.071$ ton; y para cojinoba moteada se tiene que $RMS = 1.059$ ton y $B_{RMS} = 3.765$ ton.
- La pesquería de cojinoba del sur y cojinoba moteada es clasificada en Nivel (Tier) 3, razón por la que las evaluaciones de stock pueden basarse en modelos basados capturas. Se sugiere no aplicar modelos estructurados.
- El modelo de biomasa dinámica para la evaluación de stock permite estimar RMS y BRMS para las dos especies de cojinobas. En el caso de cojinoba del sur, $RMS = 1.591$ ton y $BRMS = 9.164$ ton; y, para cojinoba moteada, $RMS = 4.030$ ton y $BRMS = 15.620$ ton.

8 Composición y organización del equipo profesional y técnico

Nombre	Título	Rol y Función
Hugo Arancibia	Biólogo Marino Diplomado en Gestión por Competencias <i>Dr. rer. nat.</i>	Jefe proyecto <ul style="list-style-type: none"> • Encargado objetivos específicos 1 y 3 • Coordinación y administración general proyecto • Relator talleres • Responsable de informes
Rubén Alarcón	Lic. Biología M. Sc. Pesquerías Dr.(c) Ciencias	Co-investigador y Director Alterno <ul style="list-style-type: none"> • Estimación mortalidad natural cojinoba • Caracterización actividad extractiva y flota • Composición capturas • Proposición modelo de evaluación • Responsable objetivos específicos 2, 4 y 5 • Relator Talleres
Mónica Barros	Ingeniero Pesquero, M.Sc. Pesquerías Dr.(c) Ciencias	Co-investigador <ul style="list-style-type: none"> • Coordinación actividades proyecto • Alimentación y mantención bases datos • Co-responsable objetivo específico 1 y 3 • Organización talleres. • Responsable edición informes
Sergio Neira	Biólogo Marino M.Sc. Pesquerías Ph.D. Ecología Marina	Co-investigador <ul style="list-style-type: none"> • Responsable modelo conceptual ciclo de vida • Confección informes (Obj. Esp. 1). • Relator talleres
Camila Sagua	Biólogo Marino	Co-investigador. <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo y lectura otolitos micro y macro • Análisis e interpretación micro-incrementos diarios • Modelo de crecimiento. Responsable crecimiento • Confección informes (Obj. Esp. 1 y 3) • Relator talleres
Juan Gavilán	Biólogo Marino Dr. Ciencias Ambientales	Co-investigador <ul style="list-style-type: none"> • Madurez cojinoba método microscópico (ciclo reproductivo, ojiva y talla media madurez) • Responsable aspectos reproductivos • Participación en confección informes (Obj. Esp. 3) • Relator talleres
Mauricio Quiroz	Biólogo Doctor en Biología	Co-investigador <ul style="list-style-type: none"> • Madurez cojinoba método microscópico (ciclo reproductivo, ojiva y talla media madurez, fecundidad) • Responsable trabajo laboratorio. • Participación talleres
Hernán Rebolledo	Ing. (E) en Pesca	Co-investigador <ul style="list-style-type: none"> • Coordinador trabajo de campo y muestreos X, XI y XII Regiones • Colecta datos empresas por actividad flota • Participación talleres

Nombre	Título	Rol y Función
Claudio Carrasco	Biólogo Marino	Co-investigador <ul style="list-style-type: none"> • Responsable colecta datos empresas actividad flota • Alimentación bases datos muestreos a bordo • Análisis contenido estomacal cojinoba • Responsable análisis contenido estomacal cojinoba
Sergio Moraga	Técnico Pesquero	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreos a bordo y desembarques • Técnico lecturas de otolitos
Manira Matamala	Biólogo Marino	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable muestreos desembarques (eventuales) X Región
Gonzalo Padilla	Biólogo Marino	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo a bordo y embarques XI Región • Análisis estómagos cojinoba
Paulina Barraza	Biólogo Marino	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo a bordo y embarques XII Región
Técnico N.N.1.	Técnico Marino o Técnico Pesquero	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Muestreos a desembarques (eventuales) X Región
Técnico N.N. 2	Técnico Marino o Técnico Pesquero	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Lecturas de otolitos
Aida Acuña	Técnico Laboratorio	Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Montaje de ovarios para microscopía

9. Referencias bibliográficas

- Abello P., A. Carbonell, P. Torres. 2002. Biogeography of epibenthic crustaceans on the shelf and upper slope off the Iberian Peninsula Mediterranean coasts: implications for the establishment of natural management areas. *Sci. Mar.* 66(2): 183-198.
- Acuña E., H. Arancibia, A. Mujica, K. Brokordt, C. Gaymer. 1995. Estudio biológico pesquero del recurso langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la III y IV Región, mediante el uso de la flota arrastrera con base en Coquimbo. Informe Final Proyecto Universidad Católica del Norte/Instituto de Investigación Pesquera VIII Región/ Empresas Pesqueras de Coquimbo, 107 p.
- Acuña E., H. Arancibia, R. Roa, R. Alarcón, C. Díaz, A. Mujica, F. Winkler, I. Léppez, L. Cid. 1996. Proyecto FIP 95-06 “Análisis de la pesquería y evaluación indirecta del stock de camarón nailon (II-VIII Regiones). Universidad Católica del Norte Sede Coquimbo/Instituto de Investigación Pesquera VIII Región/Universidad de Concepción, 82 p.
- Acuña E., R. Alarcón, L. Cid, H. Arancibia, L. Cubillos y A. Cortés. 2006. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2005. Informe Final. Proyecto FIP N° 2005-09, 347 p.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, A. Cortés, L. Cubillos, R. León. 2007b. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2007. Pre Informe Final. Proyecto FIP N° 2007-19, 418 p.
- Acuña E., J. Villarroel, A. Cortés, R. Alarcón, L.Cid, H. Arancibia, R. León, L. Cubillos, R. Bahamonde, C. Canales, C. Montenegro, B. Leiva, F. Contreras. 2007a. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2006. Informe Final Proyecto FIP N° 2006-11, 275 p.
- Acuña E., R. Alarcón, L. Cid, A. Cortés, L. Cubillos, O. Godø, R. León, V. López, E. Pérez, P. Rodríguez. 2009a. Estandarización de procedimientos metodológicos para la evaluación de crustáceos demersales a través del método de área barrida. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2006-19. 326 p.
- Acuña E., R Alarcón, A. Cortés, H. Arancibia, L. Cid, L. Cubillos. 2009b. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2007. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2007-19, 420 p.
- Acuña E., R. Alarcón, A. Cortés, H. Arancibia, L. Cid. 2015. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2014. Informe de Avance. IFOP. 272 pp.
- Acuña E., R. Alarcón, A. Cortés, H. Arancibia, Luis Cubillos, L. Cid. 2016. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2015. Informe Final, 272 p.
- Adams M.B., M. Villavedra, BF. Nowak. 2008. An opportunistic detection of amoebic gill disease in blue warehou, *Seriolella brama* Günther, collected from an Atlantic salmon, *Salmo salar*

- L., production cage in south eastern Tasmania. Short Communication. Journal of Fish Diseases, 31, 713–717. doi:10.1111/j.1365-2761.2008.00940.x.
- Aedo G., H. Arancibia. 2001. Gastric evacuation of the redspotted catshark under laboratory conditions. J. Fish. Biol. 58: 1454-1457.
- Aguayo M., Chong J. 1991. Determinación de edad y crecimiento de *Serirolella punctata* de la zona sur austral de Chile. Rev. Biol. Mar., 26(2):363-374.
- Aguirre A., R. Ostfeld, G. Tabor. 2002. Conservation Medicine: Ecological Health in Practice. Oxford University Press, Inc., New York, USA.
- Alagaraja K. 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. Indian. Fish, 31:177-208.
- Alleva E., M. Francia, M. Pandolfi. 2006. Organochlorine and heavy-metal contaminants in wild mammals and birds of Urbino-Pesaro Province, Italy: An analytic overview for potential bioindicators. Arch Environ Contam Toxicol 51:123-134.
- Alvarez J. 2005. Estudio descriptivo de la condición sanitaria Microbiológica de productos pesqueros Chilenos de exportación entre los años 1998 – 2002. Memoria para optar al Título Profesional de Médico Veterinario Departamento de Med. Prev. Animal. Universidad de Chile, 40 p.
- Alveal K., A. Silva, K.B. Lohrmann, M.T. Viana. 2019. Morphofunctional characterization of the digestive system in the palm ruff larvae, *Serirolella violacea* under culture conditions. Aquaculture. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.10.020
- Alverson D.L., M.J. Cartney 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. J. Con. Int. Explor. Mer. 36:133-143.
- Anderson O.F., C.T.T. Edwards, S. Ballara. 2019. Non-target fish and invertebrate catch and discards in New Zealand hoki, hake, ling, silver warehou, and white warehou trawl fisheries from 1990–91 to 2016–17. Fisheries New Zealand, New Zealand Government, 108 p. <http://www.mpi.govt.nz/news-and-resources/publications>
- Antezana T., N. Aguirre, R. Bustamante. 1976. Clave ilustrada y distribución latitudinal de los eufáusidos del Océano Antártico (Crustacea, Zooplankton). Ser. Cienr. Antárt. Chileno 4(1): 53-68.
- Arancibia H. 1989. Distribution patterns, trophic relationships and stock interactions in the demersal fish assemblage off central Chile. Tesis Doctoral para el grado de Dr. Rer. Nat., Universidad de Bremen, República Federal de Alemania, 221 p.
- Arancibia H., L. Cubillos, D. Arcos, A. S. Gretchina, L. Vilugrón. 1995. The fishery of horse mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi*) in the South Pacific Ocean, with emphasis on the fishery unit off central-southern Chile. Ciencia Marina 59(3-4):589-596.

- Arancibia H., S. Neira. 2005. Long-term changes in the mean trophic level of Central Chile fishery landings. *Scientia Marina* 69(2): 295-300.
- Arancibia H., R. Alarcón, G. Aedo, M. Barros. 2015. Parámetros biológico pesqueros de congrio dorado al norte de la unidad de pesquería sur austral. Pre-Informe Final Corregido Proyecto FIP 2013-28. Universidad de Concepción, 139 págs. + Anexos.
- Arancibia H., M. Barros, S. Neira, R. Alarcón, A. Gretchina, A. Yáñez, C. Ibáñez, L. Cisternas, A. Zúñiga, C. Bruno, N. Alegría, E. Acuña, A. Cortés. 2016. Informe Final Proyecto FIP 2013-18. Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales. Universidad de Concepción / INPESCA / UCN, 388 p. + Anexos.
- Arancibia H., R. Alarcón, M. Barros, S. Neira, L. Cisterna, S. López, C. Sagua, J. F. Gavilán, 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.
- Araya M., M. Medina, H. Arancibia. 2003. Preliminary results of the empirical validation of daily increments in otoliths of jack mackerel *Trachurus symmetricus* (Ayres, 1855) marked with oxytetracycline. *Scientia Marina*, 67(4):471-475.
- Argüello-Guevara W., M. Bohórquez-Cruz, A. Silva. 2017. Effect of two temperatures on yield and increase in cranial skeletal abnormalities during early development of palm ruff, *Seriola violacea* (Guichenot 1848). *Acuaculture Reserch*, 48: 298-310. <https://doi.org/10.1111/are.12882>
- Begovac P.C., R.A. Wallace. 1988. Stages of oocyte development in the pipefish, *Syngnathus scovelli*. *Journal of Morphology* 197:353-369.
- Beentjes, M.P., B. Bull, R.J. Hurst & N.W. Bagley. 2002. Demersal fish assemblages along the continental shelf and upper slope of the east coast of the South Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 36: 197-223.
- Bergstad O.A., G. Menezes, A.S. Høines. 2008. Demersal fish on a mid-ocean ridge: Distribution patterns and structuring factors. *Deep-Sea Res. Pt. II*, 55:185-202.
- Beverton R.J.H, S.J Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food G.B. Ser. II* 19, 533 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.
- Bianchi C. 2007. Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, 580:7-21.
- Blanchard F. 2001. The effect of fishing on demersal fish community dynamics: a hypothesis. *ICES J. Mar. Sci.*, 58:711-718.

- Blanchard J.L., J.K. Pinnegar, S. Mackinson. 2002. Exploring marine mammal-fishery interactions using 'Ecopath whit Ecosim': modelling the Barents Sea Ecosystem. Sci. Ser. Tech Rep., CEFAS Lowestoft, 117: 52 p.
- Bloom, S.A. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5:125-128.
- Bohorquez-Cruz M., W. Arguello-Guevara, Silva A. 2017. Cranial osteological development and abnormalities in northern palm ruff, *Seriolaella violacea* (Guichenot, 1848), larvae and juveniles. Aquaculture Research, 48(2): 624-632. doi:10.1111/are.12909
- Bray J.R., J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecological Monographs, 27: 325-349.
- Bremner H.A. & I.C. Hallett. 1986. Degradation in muscle fibre-connective tissue junctions in the spotted trevalla (*Seriolaella punctata*) examined by scanning electron microscopy. Journal of the Science of Food and Agriculture, 37(10):1011-1018. doi:10.1002/jsfa.2740371009
- Bromley P. 1994. The role of gastric evacuation experiments in quantifying the feeding rates of predatory fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries 4:36-66.
- Bruce BD, FJ. Neira, RW. Bradford. 2001. Larval distribution and abundance of blue and spotted warehouse (*Seriolaella brama* and *S. punctata*: Centrolophidae) in south-eastern Australia. Marine Freshwater Research, 52:631-636.
- Bulman C., F. Althaus, X. He, N.J. Bax, A. Williams. 2001. Diets and trophic guide of demersal fishes of the south-eastern Australian shelf. Freshwater Res. 52:537-48.
- Bull M., E. Livingston, R. Hurst, N. Bagley. 2001. Upper-slope fish communities on the Chatham Rise, New Zealand, 1992-99, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 35(4):795-815. doi: 10.1080/00288330.2001.9517043
- Burch P., J. Day, C. Castillo-Jordán. 2018. Silver warehou (*Seriolaella punctata*) stock assessment based on data up to 2017. For discussion at SERAG, November 2018. CSIRO Oceans and Atmosphere, Australia, 64 p. + Anexos
- Busalacchi B., P. Rinelli, F. De Domenico, A. Profeta, F. Perdichizzi, T. Bottari. 2010. Analysis of demersal fish assemblages off the Southern Tyrrhenian Sea (central Mediterranean). Hydrobiologia, 654:111-124.
- Bustos C., Silva A. 2011. Endogenous feeding and morphological changes in hatchery-reared larval palm ruff *Seriolaella violacea* (Pisces: Centrolophidae) under starvation. Short communication, Aquaculture Research 42:892-897.
- Bustos C., Landaeta M., F. Balbontín. 2011. Ichthyoplankton spatial distribution and its relation with water column stratification in fjords of southern Chile (46° 48' - 50°09'S) in austral spring 1996 and 2008. Continental Shelf Research 31:293-303.

- Campana S. 1987. Otolith microstructure of Larval Herring (*Clupea harengus*): Image or Reality?. J. Fish. Aquat. Sci. 44:1922-1929.
- Campana SE., CM. Jones. 1992. Analysis of otolith microstructure data, p. 73-100. In D. K. Stevenson and S. E. Campana [ed.] Otolith microstructure examination and analysis. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 117:126 p.
- Carney R. 2005. Zonation of deep biota on continental margins. Oceanogr. Mar. Biol. 43: 211-278.
- Catalán I., M. Jiménez, J. Alconchel, L. Prieto, J. Muñoz. 2006. Spatial and temporal changes of coastal demersal assemblages in the Gulf of Cadiz (SW Spain) in relation to environmental conditions. Deep-Sea Research II, 53 (2006): 1402-1419.
- Caut S., M.J. Jowers, L. Michel. 2013. Diet-and tissue-specific incorporation of isotopes in the shark *Scyliorhinus stellaris*, a North Sea mesopredator. Mar Ecol Prog Ser 492:185-198.
- Céspedes R., Gálvez P. 2013. Fauna acompañante e incidental en la pesquería artesanal en aguas interiores de la zona sur austral. 6 p. En: Céspedes et al, 2013. Informe Final, Seguimiento General de Pesquerías de Peces y Crustáceos: Pesquerías Demersales y Aguas Profundas, 2012. Sección III: Demersales Sur Austral Industrial, 2012. Informe Final, 139 p + Anexos.
- Céspedes R., V. Ojeda, L. Adasme, L. Muñoz, K. Hunt, L. Cid, M. Miranda, A. Villalón. 2014. Convenio Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2013. Proyecto 1.9: Programa de Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas, 2013. Sección IV: Demersales Sur Austral Industrial, 2013. Informe Final, 134 p. + Anexos.
- Céspedes R., L. Adasme, V. Ojeda, C. Bargas, L. Muñoz, A. Villalón, K. Hunt, L. Cid, M. Miranda, R. San Juan. 2016. Seguimiento de las pesquerías demersales y aguas profundas 2015: Sección IV, Pesquería demersal sur austral industrial, 2015. Informe Técnico Final. IFOP / Subsecretaría de economía y EMT, 147 p. + Anexos.
- Céspedes R., V. Ojeda, L. Adasme, R. San Juan, L. Muñoz, A. Villalón, K. Hunt, M. Miranda, L. Cid. 2017. Seguimiento General de Pesquerías de Peces Demersales y Aguas Profundas, 2017. Sección IV: Demersales Sur Austral Industrial, 2017. Informe Final, 173 p. + Anexos
- Céspedes, R., V. Ojeda, L. Adasme, R. San Juan, L. Muñoz, A. Villalón, K. Hunt, M. Miranda & L. Cid. 2019. Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas. Sección IV: Pesquería Demersal Sur Austral Industrial, 2016. Informe Final Convenio de Desempeño 2018 Subsecretaría de Economía y EMT – Instituto de Fomento Pesquero. 195 p. + Anexos.
- Chambers J. M. 1977. Computational methods for data analysis. John Wiley and Sons, New York, 268 p.
- Charnov E.L. 1993. Life history invariants. Oxford University Press, London, 167 p.
- Chiaradia A., M. Forero, J. McInnes, F. Ramirez. 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.

- Chen H., Huang H., Li J., Zhao Y., Deng S., Li G., C. Zhu. 2014. Characterization of the complete mitochondrial genome of *Seriolella porosa* (Perciformes: Centrolophidae). Mitochondrial DNA, 1–2. doi:10.3109/19401736.2014.982626.
- Chong J., M. Aguayo 1994. Determinación de edad y crecimiento de *Seriolella caerulea* de la zona sur austral de Chile. *Biología Pesquera* 23:59-67.
- Chong Liu. 2013. Fauna acompañante e incidental en la pesquería artesanal en aguas interiores de la zona sur austral. 6 p. En: Chong *et al*, 2013. Informe Final, Asesoría Integral para la Toma de Decisiones en Pesca y Acuicultura, 2012 Actividad 1: Seguimiento General de Pesquerías de Peces y Crustáceos: Pesquerías Demersales y Aguas Profundas, 2012. Sección III: Demersales Sur Austral Artesanal, 2012.
- Chong L., R. Céspedes, L. Adasme, V. Ojeda, L. Muñoz, A. Villalón, K. Hunt, L. Cid, M. Miranda, E. Garcés, R. San Juan. 2015. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas. Sección III: Pesquerías Demersales Sur Austral, 2014. Informe Final, 226 p. + Anexos.
- Chong L., Flores A., Quiroz J.C., Wiff R. 2019. Reproductive biology and population structure of white warehou *Seriolella caerulea* and silver warehou *Seriolella punctata* in the austral zone off Chile. *Journal of Fish Biology*, 95:1030-1039. doi: 10.1111/jfb.14094.
- Christensen V., D. Pauly (eds.). 1993. Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM Conference Proceedings 26:390 p.
- Csirke, J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. *FAO Doc. Téc. Pesca*, (192):82 p.
- Cisterna L., H. Arancibia. 2017. Age of Jack mackerel *Trachrus murphyi* (Carangidae) using daily growth rings in sagittae otoliths. *Gayana* 81(1):28-31.
- Clark M., M. Dunn, P. McMillan, M. Pinkerton, A. Stewart, S. Hanchet. 2010. Latitudinal variation of demersal fish assemblages in the western Ross Sea. *Antarct. Sci.* 22(6): 782-792.
- Clarke K.R., R.M. Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144 p.
- Clarke K. R., R.H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a biological effects study. *Mar Ecol. Prog. Ser.*, 92: 205-219.
- Clifford H.T., W. Stephenson. 1975. An introduction to numerical classification. Academic Press, Incorporated, London, 229 p.
- Cochran W. G. 1977. *Sampling Techniques* (3rd edn). New York: Wiley.
- Cope J., E.J. Dick, A. MacCall, M. Monk, B. Soper, Wetzel C. 2015. Data-Moderate Stock Assessments for Brown, China Copper, Sharpchin, Stripetail, and Yellowtail Rockfishes and

- English and Rex Soles in 2013. Pacific Fishery Management Council, 7700 Ambassador Place NE, Suite 200, Portland, OR 97220, 298 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.
- Cubillos L., M. Canales, D. Bucarey, A. Rojas, R. Alarcón. 1999a. 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.
- Cubillos L., Alarcon R., Brante A. 1999b. Empirical estimates of natural mortality for the Chilean hake (*Merluccius gayi*): evaluation of precision. *Fish. Res.* 42:47-53.
- Cubillos L., M.J. Cuevas, R. Alarcón, D. Yepsen, V. Henríquez. 2020. Proyecto FIPA 2018-25. Desarrollo de las estrategias de manejo en la pesquería de reineta (*Brama australis*). Informe Final. Universidad de Concepción, 207 p. + Anexos
- Cosseau MB, Forciniti L, Ubaldi G. 1993. Species of the Genus *Serirolella* (Centrolophidae) in Southwest Atlantic Waters. *Japan. J. Ichthyol.* 40(2): 183-187.
- Day J.R., R.B. Thomson, G.N. Tuck. 2015. Silver Warehou (*Serirolella punctata*) stock assessment based on data up to 2014. For discussion at Slope RAG, October 2015. CSIRO Oceans and Atmosphere, Australia, 63 p. + Anexos.
- Dell Q., D. Brewer, S. Griffiths, D. Heales, M. Tonks. 2009. Bycatch in a tropical schooling – penaeid fishery and comparisons with a related, specialized trawl regime. *Fisheries Management and Ecology*, 16: 191-201.
- Dick E.J., A.D. MacCall. 2010. Estimates of Sustainable Yield for 50 Data-Poor Stocks in the Pacific Coast Groundfish Fishery Management Plan. NOAA Technical Memorandum NMFS. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-460, 208 p.
- Dick E.J., A.D. MacCall. 2011. Depletion-Based Stock Reduction Analysis: a catch-based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks. *Fish. Res.* 110:331-341.
- D'Onghia G., F. Mastrototaro, A. Matarrese. 2003. Biodiversity of the upper slope demersal community in the Eastern Mediterranean: preliminary comparison between two areas with and without trawl fishing. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 31: 263-273.
- D'Onghia G., C. Politou, A. Bozzano, D. Lloris.G. Rotllant, L. Sion, F. Mastrototaro. 2004. Deep-water fish assemblages in the Mediterranean Sea. *Sci. Mar.*, 68 (3), 87-99.
- Draper N., H. Smith. 1981. Applied regression analysis. John Wiley and Sons, New York, 736 p.
- Du J., W. Cheung, X. Zheng, J. Chen Bin 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.

- Efron B. 1985. Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. *Biometrika* 72: 45-48.
- Essington T., P. Moriarty, H. Froehlich, E. Hodgson, L. Koehn, K. Oken, M. Siple, C. Stawitz. 2015. Fishing amplifies forage fish population collapses. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(21):6648-6652.
- Espinoza M., S.E.M. Munroe, T.M. Clarke. 2015. Feeding ecology of common demersal elasmobranch species in the Pacific coast of Costa Rica inferred from stable isotope and stomach content analyses. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 470:12-25.
- Fennessy S., C. Villacastin, J. Field. 1994. Distribution and seasonality of ichthyofauna associated with commercial prawn trawl catches on the Tugela bank of Natal, South Africa. *Fisheries Research*, 20:263-282.
- Ferretti F., B. Worm, G.L. Britten, M.R. Heithaus, H.K. Lotze. 2010. Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecol. Lett.* 13:1055–1071.
- Field J.C., A.D. MacCall, R.W. Bradley, W.J. Sydeman. 2010. Estimating the impacts of fishing on dependent predators: a case study in the California Current. *Ecol. Appl.* 20:2223-2236.
- 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.
- Froese R., N. Demirel, G. Coro, K.M. Kleisner, H. Winker. 2017. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries* 18:506-526.
- Froese R., H. Winker, G. Coro, N. Demirel, A.C. Tsikliras, D. Dimarchopoulou, G. Scarcella, W.N. Probst, M. Dureuil, D.A. Pauly. 2018. New approach for estimating stock status from length frequency data. *ICES Journal of Marine Science*, 75(6): 2004-2015. doi:10.1093/icesjms/fsy078.
- Fung T., K.D. Farnsworth, D.G. Reid, A.G. Rossberg. 2015. Impact of biodiversity loss on production in complex marine food webs mitigated by prey-release. *Nat Commun* 6:6657. doi: 10.1038/ncomms7657
- Gabriel W.L., A.V. Tyler. 1980. Preliminary analysis of Pacific coast demersal fish assemblages. *Mar. Fish. Rev.* 42: 83-88.
- Garciarena D., R. Perrotta. 2002. Características biológicas y de la pesca del savorín *Serirolella porosa* (Pisces: Centrolophidae) del mar argentino. Instituto Nacional de Investigación y desarrollos Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Argentina, 32 p.

- Gaertner J., J. Bertrand, A. Souplet. 2002. STATIS-CoA: a methodological solution to assess the spatio-temporal organization of species assemblages. Application to the demersal assemblages of the French Mediterranean Sea. *Sci. Mar.* 66 (2):221-232.
- Gaertner J., J. Bertrand, D. Samani, A. Souplet. 2005. Spatio-temporal organization patterns of demersal assemblages of the east coast of Corsica (Mediterranean Sea). *Vie Milieu*, 55(2): 81-89.
- García-Rodríguez M., P. Abelló, A. Fernández, A. Esteban. 2011. Demersal assemblages on the soft bottoms off the Catalan-Levante coast of the Spanish Mediterranean. *J. Mar. Biol.:* ID 976396, 16 p. <https://doi.org/10.1155/2011/976396>
- Gomes M., E. Serrão, M. Borges. 2001. Spatial patterns of groundfish assemblages on the continental shelf of Portugal. *ICES J. Mar. Sci.* 58:633-647.
- González A. 2017. Survival and Growth Improvement of Palm Ruff, *Serirolella violacea*, Larvae Fed Artemia Nauplii Enriched with an Experimental Emulsion. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48 (2):268-279. doi: 10.1111/jwas.12375.
- Green B., Mapstone B., Carlos G. & Begg G. 2009. Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology. 1st Edition. Springer, Australia, Vol. 11, 313 p.
- Grimes P.J., Robertson D.A. 1981. Egg and larval development of the silver warehou, *Serirolella punctata* (Pisces: Centrolophidae). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 15:261-266.
- Guagliardo S., Schwerdt C., Martorelli S., Galeano N., R. Tanzola. 2010. Digenean trematodes of *Serirolella porosa* (Pisces, Centrolophidae) in San Matía Gulf, Argentina. *Institute of Parasitology, PASActa Parasitologica*, 55(1):2938.
- Harvey C.J., S.P. Cox, T.E. Essington, S. Hansson, J.F. Kitchell. 2003. An ecosystem model of food web and fisheries interactions in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 939-950.
- Haddom M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman and Hall, Boca Raton, Florida, USA, 392 p.
- Halliday R., Fanning L., R. Mohn. 2001. Use of the Traffic Light Method in Fishery Management Planning. Canadian Science Advisory Secretariat. Fisheries and Oceans Science, Research Document 2001/18, 41 p.
- Hilborn R., C.J Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment, choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, London. doi:10.1007/978-1-4615-3598-0.
- Hilborn R., M. Mangel. 1997. The Ecological Detective. Confronting Models with Data. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA, 336 p.

- Hordyk A.R., K. Ono, S.R. Valencia, N.R. Loneragan, J.D. Prince. 2015. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* 72: 217-231.
- Hordyk A., Ono K., Prince J.D., Walters, C.J. 2016. A simple length-structured model based on life history ratios and incorporating size-dependent selectivity: application to spawning potential ratios for data-poor stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 73(12):1787-1799.
- Horn P.L., P. Sutton. 1996. Validated ages, growth, and productivity parameters for silver warehou (*Seriolella punctata*) off the south and east coasts of South Island, New Zealand, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 30(3):301-312. doi:10.1080/00288330.1996.
- Horn P.L. 1999. A validated ageing method and updated stock assessment for white warehou (*Seriolella caerulea*) in New Zealand water. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 99/44, 23 p.
- Horn P., Burrell T., Connell A., M. Dunn. 2011. A comparison of the diets of silver (*Seriolella punctata*) and white (*Seriolella caerulea*) warehou. *Marine Biology Research* 7(6): 576-591. doi:10.1080/17451000.2010.528776.
- Horn, P.L., J.S. Forman, M.R. Dunn. 2012. Dietary partitioning by two sympatric fish species, red cod (*Pseudophycis bachus*) and sea perch (*Helicolenus percooides*), on Chatham Rise, New Zealand. *Marine Biology Research* 8:624-634
- Hosmer D.W., S. Lemeshow. 1989. Applied logistic regression. John Wiley and Sons, New York, 328 p.
- Huaquin L.G., Veliz D., Arratia G. 2002. Estudio comparativo de ovarios y cubiertas oocitarias en peces siluriformes de aguas continentales de Chile. *Gayana* 66(2): 269-274.
- Hunter J.R., N.C.H. Lo, R.J.H. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: R. Lasker (ed.). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36:67-77.
- Iannocone J. 2003. Tres metazoos parásitos de la cojinoba *Seriolella violacea* Guichenot (pisces, Centrolophidea), Callao, Perú. *Revista Brasileira de Zoología* 20 (2):257-260.
- Iwamoto T., W. Eschmeyer, Alvarado J. 2010. *Seriolella violacea*. La Lista Roja de Especies Amenazadas 2010 de la UICN: e.T183296A8089069. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T183296A8089069.en>.
- Iguchi J., Takashima Y., Namikoshi A., M. Yamashita. 2012. Species identification method for marine products of *Seriola* and related species. *Fish Sci* 78:197-206.

- 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.
- Johansen S. 1984. Functional relations, random coefficients, and nonlinear regression with application to kinetic data. Springer-Verlag, New York, 126 p.
- Keller H.R., A.C. Hirons, D.W. Kerstetter. 2016. Combined stomach content and $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$ analyses of oilfish, escolar, snake mackerel and lancetfish in the western North Atlantic. *Mar Ecol* 37:727-736.
- Keskin C., F. Ordines, B. Guijarro, E. Massutí. 2011. Comparison of fish assemblages between the Sea of Marmara and the Aegean Sea (north-eastern Mediterranean). *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*: 1-12.
- Labropoulou, M., C. Papaconstantinou. 2004. Community structure and diversity of demersal fish assemblages: the role of fishery. *Scientia Marina* 68:215-226.
- Last P.R., J.G.K. Harris. 1981. Papers and of the Royal Society of Tasmani, 115:189-209.
- Last P.R., Scott E.O.G., F.H. Talbot. 1983. Fishes of Tasmania. Tasmanian Fisheries Development Authority: Hobart, Australia, 563 p.
- Lemus-Mondaca R., Leiva-Portilla D., Perez-Won M., Tabilo-Munizaga G., Aubourg S. 2018. Effects of High Pressure Treatment on Physicochemical Quality of Pre- and Post-Rigor Palm Ruff (*Serirolella Violacea*) Fillets, *Journal of Aquatic Food Product Technology* 27:379-393. doi: 10.1080/10498850.2018.1437582
- Mardones I., M.C. Pérez, L. Chong. 2019. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2019: Datos y métodos de evaluación de Brótula y Cojinoba. Documento Técnico. Convenio de Desempeño 2018 Subsecretaría de Economía y EMT – Instituto de Fomento Pesquero, 88 p. + Anexos.
- Martell S., R. Froese. 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience *Fish Fish.*, 14 (4):504-514.
- May J.L., J.G.H. Maxwell. 1986. Trawl fish from temperate waters of Australia. CSIRO Division of Fisheries Research, Tasmania, 492 p.
- McCauley D.J., M.L. Pinsky, S.R. Palumbi. 2015. Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. *Science*, 347, 1255641. doi: 10.1126/science.1255641.
- McDowall R.M. 1980. *Serirolella caerulea* Guichenot, 1848 in New Zealand Waters (Stromateoidei: Centrolophidae). *Journal of the Royal Society of New Zealand* 10(1):65-74. doi 10.1080/03036758.1980.10426551
- McMillan D.B. 2007. *Fish Histology: Female Reproductive Systems*. 1st ed. Western Science: Springer Publishers, 598 p.

- Medina M., H. Arancibia, S. Neira. 2007. Un modelo trófico preliminar del ecosistema pelágico del norte de Chile (18°20'S-24°00'S). *Investigaciones Marinas* 35:25-38.
- Menares B., J.I. Sepúlveda. 2005. Grupos recurrentes de peces y crustáceos demersales en la zona centro-sur de Chile. *Investigaciones Marinas* 33(1):91-100.
- Menezes G., A. Rosa, O. Melo, M. Pinho. 2009. Demersal fish assemblages off the Seine and Sedlo seamounts (northeast Atlantic). *Deep-Sea Research II* 56 (2009):2683-2704.
- Morales-Nin, B., 1991. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. *FAO Documento Técnico de Pesca, Número 322, Roma, FAO, 58 p.*
- Moranta J., A. Quetglas, E. Massutí, B. Guijarro, M. Hidalgo, P. Diaz. 2008. Spatio-temporal variations in deep-sea demersal communities off the Balearic Islands (western Mediterranean). *J. Mar. Syst.* 71:346-366.
- Muñoz-Cueto J.A. 2005. Control Hormonal de la Reproducción en Peces. En: *Cultivo de Peces Marinos*. Silva A. (Ed.) Universidad Católica del Norte. Coquimbo, Chile:101-158.
- 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.*
- Nelson J.S. 1994. *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, New York, 600 p.
- Nerici C., Silva A., G. Merino. 2012. Effect of two temperatures on ammonia excretion rates of *Serirolella violacea* (Palm fish) juveniles under rearing conditions. *Aquacultural Engineering* 46:47-52. doi:10.1016/j.aquaeng.2011.11.003.
- Nerici C., Merino G., A. Silva. 2019. Effects of two temperatures on the oxygen consumption rates of *Serirolella violacea* (palm fish) juveniles under rearing conditions. *Aquacultural Engineering* 48:40-46. doi:10.1016/j.aquaeng.2011.12. 011.
- Oliva J., U. Parker, H. Miranda, C. Martínez. 1996. Evaluación de la pesquería y el stock de cojinova del norte (I y III Regiones). *Informe Técnicos FIP-IT/94-26. Fondo de Investigación Pesquera, 73 p. + figuras, tablas y fotografías.*
- Oliva J., Z. Young, C. Martínez. 1999. Caracterización de las pesquerías de cojinova del norte y bacalao de profundidad en la I y II Regiones. *Informe Final FIP 97-18. Fondo de Investigación Pesquera, 45 p. + tablas, figuras y anexos.*
- Ortiz M., M. Wolf. 2002. Dynamical simulation of mass-balance trophic models for benthic communities of north-central Chile: assessment of resilience time under alternative management scenarios. *Ecol. Model.* 148:277-291.
- Oviatt C.A., S.W. Nixon. 1973. The demersal fish of Narragansett Bay: An analysis of community structure, distribution and abundance. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 1(4):361-378.

- Panfili J., Morales-Nin B., 2002. Semi-direct validation. In: Manual of Fish Sclerochronology. (Eds J. Panfili, H. de Pontual, H. Troadec and P. Wright.):129-134. (Ifremer-Ird coedition: Brest).
- 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.
- Paul L. J. 1992. Age and growth studies of New Zealand Marine Fishes, 1921-90: A review and bibliography. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 879-912.
- 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.
- 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.
- Pauly D., Watson R., J. Alder. 2005. Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. *Phil Trans R Soc B* 360:5-12.
- Payá I, C. Canales, D. Bucarey, M. Canales, F. Contreras, F. Espíndola, E. Leal, C. Montenegro, J.C. Quiroz, R. Tascheri. 2014. Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales. Primer Taller Internacional. Informe de Avance 1. Subsecretaría de Economía – IFOP, 32 p.+ 4 Anexos.
- Pethybridge H., R.K. Daley, P.D. Nichols. 2011. Diet of demersal sharks and chimaeras inferred by fatty acid profiles and stomach content analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 409:290-299.
- Pequeño G., D. Farías, M. Thiel, I. Hinojosa. 2004. Peces asociados con la deriva de macroalgas en Aysén, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 39(2):93-99.
- Polacheck T. 1989. Yellowfin tuna *Thunus albacares* catch rates in the western Pacific. *Fish. Bull.* 87:123-144.
- Pool H., F. Balbontin, C. Montenegro, N. Cortés, M. Arriaza. 1997. Interacciones tróficas recursos demersales zona sur-austral. Informe Técnicos FIP-IT/94-32. Fondo de Investigación Pesquera. 68 p. + figuras y tablas.
- 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 CD ROM Series. ETI- Universidad de Concepción. [CD-ROM].
- Reyes P. 2005. Adiciones a la ictiofauna marina chilena. Tesis Biología Marina, Facultad de

- Ciencias, Escuela de Biología Marina, Universidad Austral de Chile, 42 p.
- Roberts C.D. 1991. Fishes of the Chatham Islands, New Zealand: a trawl survey and summary of the ichthyofauna. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 25: 1-19. Sagua
- Robinson N., A. Skinner, L. Sethuraman, H. McPartlan, N. Murray, I. Knuckey, D. C. Smith, J. Hindell, and S. Talman. Genetic Stock Structure of Blue-Eye Trevalla (*Hyperoglyphe Antarctica*) and Warehouse (*Serirolella Brama* and *Serirolella Punctata*) in South-Eastern Australian Waters. *Marine and Freshwater Research* 59(6): 502-14.
- Rojas de Mendiola, B., 1989. Stomach contents of anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953-1974. p. 97-104. In D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I. Tsukayama (eds.) *The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions*. ICLARM Conf. Proc. 18, 483 p.
- Rothschild B.J., A. Suda, 1977. Population dynamics of tuna. En: *Fish Population Dynamics*. J.A. Gulland (Ed.). John Wiley & Sons Ltd., N.Y.: 309-334.
- Sagua C. 2015. Análisis espacial y temporal de la fauna acompañante presente en los cruceros de investigación de langostinos y merluza común en la zona central de Chile (años 2005-2008). Seminario de Título de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, 68 p.
- 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.
- Secor D., Dean J., Laban E. 1992. Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination. Belle W. Institute for Marine Biology and Costal Research, University of South Carolina, USA, 85 p.
- Selman K., R.A. Wallace. 1982. Oocyte growth in the sheepshead minnow: uptake of exogenous proteins by vitellogenic oocytes. *Tissue & Cell* 14:555-571.
- Selman K., R.A. Wallace, D. Barr. 1986. Oogenesis in *Fundulus heteroclitus*. IV. Yolk vesicle formation. *Journal of Experimental Zoology* 239: 277-288.
- Selman K., R.A. Wallace. 1989. Review Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. *Zoological Science* 6: 211-231.
- Selman K., R.A. Wallace, D. Player. 1991. Ovary of the seahorse, *Hippocampus erectus*. *Journal of Morphology* 209: 285-304.
- Shanubhogue A., P.A. Gore. 1987. Using logistic regression in ecology. *Current Sciences*, 56: 933-936.
- Shimada B., M. Shaefer. 1956. A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* 21:347-421.

- Silva A. 2013. Reproducción y cultivo de lenguado (*Paralichthys spp*) y cojinoba del norte (*Seriolella violacea*). En: Castelló i Orvay, Francese. Piscicultura Marina en Latinoamérica: bases científicas y técnicas para su desarrollo:274-285. Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3719-8.
- Soto-Jiménez M.F. 2011. Transferencia de elementos traza en tramas tróficas acuáticas. *Hidrobiologica* 21:239-248.
- Sousa P., M. Azevedo, M.C. Gomes. 2005. Demersal assemblages off Portugal: Mapping, seasonal, and temporal patterns. *Fish. Res.* 75:120-137.
- Stevenson M.L., 2004. Trawl survey of the west coast of the South Island and Tasman and Golden Bays, March-april 2003 (KAH0304). New Zealand Fisheries Assessment Report 2004/4, 69 p.
- Strub P.T., C. James, V. Montecino, J.A. Rutllant & J.L. Blanco. 2019. Ocean circulation along the southern Chile transition region (38°-46°S): Mean, seasonal and interannual variability, with focus on 2014-2016. *Progress in Oceanography* 172:159-198.
- Suárez B. 2017. Caracterización del impacto a nivel de *métier* ejercido por la pesquería multiespecífica austral (39° – 57°S) orientada a la extracción de recursos demersales. Tesis Magíster en Ciencias con mención en Pesquería. Facultad de ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, 128 p.
- Taylor C.C. 1960. Temperature, growth and mortality, the Pacific cockle. *Journal du Conseil* 26: 117-124.
- Taylor C. 1962. Growth equations with metabolic parameters. *ICES Journal of Marine Science* 27: 270-286.
- Taylor G., F. Prochaska. 1985. Fishing power functions in aggregate bioeconomic models. *Mar. Res. Econom.* 2(1):87-107.
- Taylor, B. & D. Smith, D. 2004. Stock assessment of spotted warehou (*Seriolella punctata*) in the South East Fishery, August 2004. Blue Warehou Assessment Working Group Document. CSIRO Oceans and Atmosphere, Australia, 8 p.
- Thomson R.B. 2002. Stock assessment of spotted warehou (*Seriolella punctata*) in the South East Fishery July 2002. Prepared for the Blue Warehou Assessment Group (BWAG). CSIRO Oceans and Atmosphere, Australia, 17 p.
- Tuck G.N., A.E. Punt. 2007. Silver warehou (*Seriolella punctata*) stock assessment based upon data up to 2006. Technical report presented to the Slope RAG. 21-22 August, 2007. CSIRO Oceans and Atmosphere, Australia, 63 p.
- Tuck G.N. 2008. Silver warehou (*Seriolella punctata*) stock assessment update for 2008. Technical report presented to the Slope RAG. 17-18 November, 2008. CSIRO Oceans and Atmosphere, Australia, 18 p.

- Tuck G., G. Fay. 2009. Silver warehou (*Seriolella punctata*) stock assessment based on data up to 2008. CSIRO EP113523. CSIRO Oceans and Atmosphere, Australia, 29 p.
- Walters C., V. Christensen & D. Pauly. 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Rev. Fish Biol.* 7:139-172.
- Warwick R. M., A. J. McEvoy, S. F. Thrush. 1997. The influence of *Atrina zelandica* Gray on meiobenthic nematode diversity and community structure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 214: 231-247.
- Wetherbee M., E. Cortes. 2004. Food consumption and feeding habits. In: Carrier, J., Musick, J., Heithus, M. & Carrier, C. *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, 596 p.
- Wisner R. 1976. The taxonomy and distribution of Lanternfishes (Family Myctophidae) of the Eastern Pacific Ocean. *NORDA Report 3*: i-vii + 1-220.
- Worm B., R.T. Paine. 2016. Humans as a Hyperkeystone Species. *Trends Ecol Evol* 31:600–607. doi: 10.1016/j.tree.2016.05.008
- Xavier J.C., Y. Cherel. 2009. *Cephalopod Beak Guide for the Southern Ocean*. British Antarctic Survey, Cambridge, UK, 129 p.
- Yonezaki S., M. Kiyota, H. Okamura. 2015. Long-term ecosystem change in the western north Pacific inferred from commercial fisheries and top predator diet. *Deep-Sea Research II* 113:91-101.
- Zhou S., S. Yin, J.T. Thorson, A.D.M. Smith, M. Fuller. 2012. Linking fishing mortality reference points to life history traits: an empirical study. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69:1292-1301.
- Zhou S., S. Pascoe, N. Dowling, M. Haddom, N. Klaer, J. Larcombe, A.D.M. Smith, O. Thebaud & S. Vieira. 2013. Quantitatively defining biological and economic reference points in data poor and data limited fisheries. Final Report on FRDC Project 2010/044. Canberra, Australia, 294 p.
- Zwanenburg K.C.T. 2000. The Effects of fishing on demersal fish communities of the Scotian Shelf. *ICES J. Mar. Sci.* 57:503-509.

ANEXOS

(Carpeta Anexos, adjunto al informe)

ANEXO 1

Dossier Bibliográfico

ANEXO 2

Distribución espacial de la captura de cojinoba del sur de 1997 a 2019

ANEXO 3

Acta del Taller Metodológico

ANEXO 4

Acta del Taller de Difusión

