



INFORME FINAL

Convenio de desempeño, 2021

Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Pelágicas de la zona norte de Chile, entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de Coquimbo, año 2021.

Pesquería anchoveta y sardina española, zona centro norte

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2022



INFORME FINAL

Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Pelágicas de la zona norte de Chile, entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de Coquimbo, año 2021.

Pesquería anchoveta y sardina española, zona centro norte

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2022

REQUIRENTE

MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO

Subsecretaria de Economía y EMT
Javiera Petersen Muga

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Gonzalo Pereira Puchy

Jefe División Investigación Pesquera
Sergio Lillo Vega

JEFE DE PROYECTO

M. Gabriela Böhm Stoffel



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2022

AUTORES

BIOLÓGICO-PESQUERO

Carola Hernández Santoro
M. Gabriela Böhm Stoffel

MONITOREO REPRODUCTIVO

Marianne Lichtenberg Albornoz

MONITOREO RECLUTAMIENTO

Graciela Pérez Mora

CAPTURA INCIDENTAL Y FAUNA ACOMPAÑANTE

Raúl Ojeda Araya

ESTRUCTURA DE EDAD

Francisco Cerna Troncoso
Mackarena Gómez Beltrán
Cecilia Machuca Rodríguez

OCEANOGRAFÍA

Milena Pizarro Revello
Cristian Henríquez Pastene

DATA MANAGER

Ramón Aravena González

GESTIÓN MUESTREO

Gonzalo Muñoz Herrera
Omar Yáñez Barrera

COLABORADOR:

M. Carolina García Ossandon



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2022

PERSONAL PARTICIPANTE

	Nombre	Cargo	Puerto
T I E R A	Romina Muñoz Díaz	Observador Científico Semi-Senior	Caldera
	Omar Yáñez Barrera	Coordinador de Campo	Coquimbo
	Alejandra Valencia Sagredo	Observador Científico Semi-Senior	Coquimbo
	María José Ramos Carrasco	Observador Científico	Coquimbo
A	Alberto Olivares Pavéz	Observador Científico Semi-Senior	Coquimbo
B O R D O			

**Pesquería anchoveta y sardina española,
zona centro norte (Caldera-Coquimbo)**



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN EJECUTIVO.....	ix
1. OBJETIVOS.....	1
1.1 Objetivo general.....	1
1.2 Objetivos específicos.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	3
3.1 Área de estudio.....	3
3.2 Recursos objetivos.....	4
3.3 Carta Gantt y principales actividades realizadas en el 2021.....	6
4. RESULTADOS.....	7
4.1 Objetivo específico 2.2.1. <i>Caracterizar y analizar la actividad pesquera extractiva considerando los aspectos técnicos de las unidades operativas, a través de la estimación de indicadores y sus variaciones espacio-temporales, así como los factores determinantes de su desempeño.</i>	7
4.1.1 Principales características de la flota cerquera de la zona centro norte.....	7
4.1.2 Gestión de muestreo.....	12
4.1.3 Desembarques de recursos pelágicos en la zona centro norte.....	20
4.2 Objetivo específico 2.2.2. <i>Caracterizar y analizar las capturas y/o desembarques de las especies objetivo, a través de la estimación de indicadores y sus variaciones espacio-temporales, así como los factores determinantes de su desempeño.</i>	23
4.2.1 Condiciones ambientales en el Pacífico ecuatorial.....	23
4.2.2 Condiciones ambientales locales durante 2021.....	24
4.2.2 Indicadores del desempeño de la pesquería centro norte.....	36
4.2.3 Recurso anchoveta.....	38
4.2.4 Recurso sardina española.....	68
4.3 Objetivos específico 2.2.3. <i>Caracterizar y analizar la fauna acompañante, captura incidental y sus aspectos ambientales y oceanográficos asociados a estas pesquerías, a través de la estimación de indicadores y sus variaciones espacio-temporales.</i>	77
4.4 Objetivos específico 2.2.4. <i>Implementar un Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría (PMCCA) del programa de Seguimiento de las Pesquerías.</i>	82
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	85
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Principales puertos de desembarque de la pesquería pelágica ejercida en la zona centro norte, identificando los puntos notables.	4
Figura 2.	Principales recursos pelágicos considerados en el estudio con un resumen de la cuota de captura.....	5
Figura 3.	Número de embarcaciones industriales y artesanales (a) y capacidad de bodega promedio (b) por flota y año en la zona centro norte, entre 1980 y 2021.	8
Figura 4.	Capacidad de bodega desplazada (a) y número de embarcaciones (b), por rango de bodega en la flota artesanal para la zona centro norte.....	8
Figura 5.	Vista general de a) embarcaciones artesanales que operan en la zona centro norte y b) en faena de pesca.....	9
Figura 6.	Anchoveta, zona centro norte (Caldera-Coquimbo), año 2021. Tipos y número de muestreos realizados (barras), letras a, b y c, con el resumen gráfico de la cantidad de ejemplares por muestreo (boxplots). Líneas segmentadas representan el nivel de requerimiento.	16
Figura 7.	Sardina española, zona centro norte (Caldera-Coquimbo), año 2021. Tipos y número de muestreos realizados (barras), letras a, b y c, con el resumen gráfico de la cantidad de ejemplares por muestreo (boxplots).	18
Figura 8.	Serie histórica de los desembarques de las principales especies pelágicas en la zona centro norte, 1980-2021, por puerto.	20
Figura 9.	Desembarques de las principales especies pelágicas en la zona centro norte, año 2021. Por puerto y especie (panel derecho) y acumulado por especie (panel izquierdo).....	21
Figura 10.	Desembarques semanales de anchoveta extraída por la flota cerquera, por puerto. Año 2021.....	22
Figura 11.	Desembarques semanales de sardina española extraída por la flota cerquera total, por puerto. Año, 2021.....	23
Figura 12.	Serie de tiempo para el período enero 2015-marzo 2022 del índice ecuatorial ENOS (MEIVv2) y las ATSM (°C) de las regiones Niño ₁₊₂ (verde) y Niño _{3,4} (negro).	24
Figura 13.	Serie de tiempo del período enero 2015 – marzo 2022 de: a) MEI y ATSM en las regiones Niño ₁₊₂ (verde) y Niño _{3,4} (negro). Definición de: El Niño (línea roja) >0,5; La Niña (línea azul) >-0,5; neutral (línea negra). Series de tiempo en el período enero 2014-marzo 2021 del promedio de ATSM (°C) en el área norte (25°-29°S, línea roja) y área sur (29°-33°S, línea azul), en los sectores: b) costero, y c) oceánico. Diagramas Hovmöller de ATSM del área total (25°-33°S), en los sectores: d) costero y e) oceánico.	26
Figura 14.	Serie de tiempo de clorofila-a del período enero 2015-marzo 2022 en el área norte (25°-29°S, línea roja) y área sur (29°-33°S, línea azul) y b) diagramas Hovmöller de clorofila-a del área total (25°-33°S) en la costa.....	27
Figura 15.	Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrofica	



	superpuesta del mes de enero 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.....	28
Figura 16.	Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de febrero y marzo 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.	29
Figura 17.	Distribución superficial de: a) temperatura (°C), b) salinidad, e) porcentaje de participación de masa de agua (PPMA) superiores al 50% del tipo de agua: Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y d) clorofila-a (CLOAS, µg/L). Crucero febrero-marzo 2021.....	29
Figura 18.	Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta del mes de abril 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.....	30
Figura 19.	Distribución superficial de: a) temperatura (°C), b) salinidad, c) porcentajes de participación (PPMA >50%) de las masas de agua: Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial subsuperficial (AESS) y d) clorofila-a (µg/L). Crucero abril 2021.	31
Figura 20.	Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de mayo, junio y julio de 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.	32
Figura 21.	Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de agosto y septiembre de 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.....	34
Figura 22.	Distribución superficial de: a) temperatura (°C), b) salinidad, c) porcentaje de participación de masa de agua (PPMA) superiores al 50% de agua: Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y d) clorofila-a (µg/L). Crucero septiembre-octubre 2021.	35
Figura 23.	Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de octubre, noviembre y diciembre 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.	36
Figura 24.	Evolución de las capturas por especies en la zona centro norte (panel superior) y la proporción de especies (panel inferior), 1980-2021.	37
Figura 25.	Principales indicadores operacionales de la pesquería en la zona centro norte por flota y total entre 1980 y 2021.	38
Figura 26.	Principales indicadores operacionales de la pesquería de anchoveta en la zona centro norte por flota y total entre 1980 y 2021.	39
Figura 27.	Evolución de las capturas de anchoveta en la zona centro norte en el período 2001-2021. a) Capturas mensuales por flota. b) capturas anuales de la flota industrial y c) capturas anuales de la flota artesanal.	40



Figura 28.	Distribución espacial de las capturas por viaje de anchoveta en la zona centro norte, años 2000 a 2021.....	41
Figura 29.	Evolución en la proporción de captura de anchoveta en la zona centro norte, por distancia a la costa. Años 1986 a 2021.....	42
Figura 30.	Indicadores espaciales para la anchoveta en la zona centro norte entre 1986 y 2021. a) Índice de cobertura (IC); b) Índice de agregación espacial (IAE); c) Centro de gravedad de las capturas en latitud y d) Centro de gravedad de las capturas en longitud.....	43
Figura 31.	Proporción mensual de anchoveta en la zona centro norte, por grupo de tamaño entre 1988 y 2021. Grupo de longitud $\leq 11,5$ cm LT (gris), grupo entre 12,0 a 13,5 cm LT (rojo), grupo 14,0 a 16,0 cm LT (verde) y el grupo $> 16,0$ cm LT (azul).	44
Figura 32.	Talla media de anchoveta en la zona centro norte entre 1988 y 2021. Las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo de longitud anual. La línea punteada horizontal corresponde a la talla de madurez sexual.....	44
Figura 33.	Serie histórica de la estructura de talla anual de anchoveta en la zona centro norte. Años 2003 a 2021.	46
Figura 34.	Captura en número de anchoveta en la zona centro norte, por tallas. Flota total, año 2021.	47
Figura 35.	Distribución de frecuencias de longitudes en las capturas de anchoveta en la zona centro norte. Flota total, años 2020 y 2021.	48
Figura 36.	Número de ejemplares, por grupo de edad biológico, en las capturas trimestrales y anuales de anchoveta en la zona centro norte, año biológico 2020-2021.....	49
Figura 37.	Variación semanal del índice gonadosomático de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).....	50
Figura 38.	Variación mensual del índice gonadosomático de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).....	51
Figura 39.	Variación semanal del índice gonadosomático de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).....	51
Figura 40.	Variación mensual del índice gonadosomático de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).....	52
Figura 41.	Variación semanal de la proporción de hembras activas de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).....	52
Figura 42.	Variación mensual de la proporción de hembras activas de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).....	53
Figura 43.	Variación semanal de la proporción de hembras activas de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).....	53



Figura 44.	Variación mensual e la proporción de hembras activas de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).	54
Figura 45.	Registro semanal de la incidencia de hembras activas sexualmente en la zona de Caldera, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).	55
Figura 46.	Incidencia de hembras activas sexualmente semanal de la en la zona de Coquimbo, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).	55
Figura 47.	Variación semanal del índice de actividad de desove de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).	56
Figura 48.	Variación semanal del índice de actividad de desove de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).	57
Figura 49.	Variación semanal del índice de atresia ovárica de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).	57
Figura 50.	Variación semanal del índice de atresia ovárica de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).	58
Figura 51.	Ajuste de la ojiva de madurez en talla de las hembras de anchoveta en la zona centro norte, a) año 2021 y b) estimación de los últimos tres años.	59
Figura 52.	Captura de anchoveta de la flota comercial, por zona, monitoreo noviembre 2021 - abril 2022.	61
Figura 53.	Estructura de talla de anchoveta de la flota artesanal en la zona centro norte, monitoreo noviembre 2021 - abril 2022.	62
Figura 54.	Porcentaje de incidencia de la fracción juvenil de anchoveta ponderadas (número) a la captura noviembre 2021 - abril 2022.	62
Figura 55.	Incidencia (%) semanal de la fracción juvenil de anchoveta ponderada a la captura, zona centro norte, monitoreos a) octubre 2020 - abril 2021 y b) noviembre 2021- abril 2022.	63
Figura 56.	Posición geográfica de los viajes muestreados (flota artesanal) en la zona centro norte, monitoreo noviembre 2021- abril 2022.	65
Figura 57.	Serie histórica semanal del porcentaje de incidencia de la fracción juvenil de anchovetas, zona centro norte, años 1997- abril 2022. La línea punteada marca el 30% de incidencia de ejemplares $\leq 11,5$ cm LT).	66
Figura 58.	Serie de los indicadores biológicos de la anchoveta para la zona centro norte. a) Índice gonadosomático b) peso medio (g) c) factor de condición. Años 1997-2021. Los puntos de interrupción obtenidos por la función BFAST (línea de puntos negros) y la tendencia (línea roja).	67
Figura 59.	Evolución de las capturas anuales de sardina española en el período 2001-2021 en el área de estudio. a) Capturas por zona; b) capturas por flota; c) captura por flota, zona Arica-Antofagasta y d) captura por flota, zona Caldera-Coquimbo.	69



Figura 60.	Evolución de las capturas de sardina española en la zona centro norte en el período 2001-2021. a) Capturas mensuales por flota; b) capturas anuales de la flota industrial y c) capturas anuales de la flota artesanal.....	70
Figura 61.	Distribución espacial de las capturas por viaje de sardina española en la zona centro norte, años 2000 a 2021.....	71
Figura 62.	Evolución en la proporción de captura de sardina española en la zona centro norte, por distancia a la costa. Años 1986 a 2021.....	72
Figura 63.	Talla media de sardina española en la zona centro norte entre 1988 y 2021. Las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo de longitud anual. La línea punteada horizontal corresponde a la talla de madurez sexual.....	73
Figura 64.	Captura en número de sardina española en la zona centro norte, por tallas. Flota total, año 2021.....	74
Figura 65.	Distribución de frecuencias de longitudes en las capturas de sardina española en la zona centro norte. Flota total, años 2020 y 2021.	75
Figura 66.	Ciclo anual para el índice gonadosomático entre 2002-2020 (a) y 2014-2021 (b) y para reclutas ponderados entre 2002-2021 (c) y 2005-2021 (d) para la zona centro norte.	76
Figura 67.	Correlaciones entre los reclutas ponderados y el índice gonadosomático, a) 2002-2005; b) 2006-2013, c) 2014-2017 y d) 2018-2021.	77
Figura 68.	Distribución espacial de los lances realizados por la flota artesanal dirigidos a la captura de anchoveta, en la zona centro norte, durante el periodo 2018-2021. Lances con captura incidental (azul), lances con mortalidad incidental (rojo). A) Mamíferos marinos, B) aves marinas.	79
Figura 69.	Proporción de la incidencia de los grupos que componen la fauna acompañante en la pesquería artesanal de jurel centro norte durante el periodo 2018-2021	81
Figura 70.	Distribución espacial de los lances con registro de presencia de fauna acompañante a bordo de la pesquería artesanal de jurel centro norte, durante el periodo 2018-2021. A) Teleósteos, B) Invertebrados.	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Límites de las zonas consideradas en el área de estudio.	3
Tabla 2.	Número de embarcaciones (N°) y capacidad de bodega (CB) promedio con operación en la zona centro norte, por flota y rango de bodega entre 1980 y 2021.....	10
Tabla 3.	Número de embarcaciones artesanales con operación en la zona centro norte, por zona y rango de bodega entre 1998 y 2021.	11
Tabla 4.	Principales características de las redes anchoveteras utilizadas por la flota artesanal en la zona centro norte.....	11
Tabla 5.	Dotación de Observadores Científicos y Coordinador, por puerto. año 2021.....	12
Tabla 6.	Capturas (t) mensuales por especies en toda la zona monitoreada (Arica a Coquimbo), proporción monitoreo (%) y cobertura (%) muestral.....	13



Tabla 7.	Número de Bitácoras totales de la pesquería pelágica centro norte (Caldera-Coquimbo), recabadas para la estimación de los indicadores pesqueros, por puerto y mes, año 2021.....	14
Tabla 8.	Desembarques (t) mensuales de anchoveta de la flota cerquera en la zona centro norte, por puerto. Año 2021.....	22
Tabla 9.	Desembarques (t) mensuales de sardina española de la flota cerquera en la zona centro norte, por puerto. Año 2021.....	23
Tabla 10.	Porcentaje de captura de anchoveta en la zona centro norte, por rango latitudinal. Años 1986 a 2021.	42
Tabla 11.	Resumen del ajuste de ojiva de madurez en talla ($L_{50\%}$) de la anchoveta en la zona centro norte.	59
Tabla 12.	Porcentaje de anchoveta maduras por edad para la zona Caldera-Coquimbo durante el periodo de desove de invierno de 2021. Numero ejemplares inmaduros (I), maduros (M) y porcentaje de ejemplares maduros (%M)	60
Tabla 13.	Resumen de la actividad de la flota comercial durante el monitoreo en la zona centro norte.	61
Tabla 14.	Porcentaje de captura de sardina española en la zona centro norte, por rango latitudinal. Años 1980 a 2021.	72
Tabla 15.	Captura y mortalidad incidental por especie en la flota cerquera artesanal que operó sobre el recurso anchoveta, en la zona centro norte. Datos provenientes del registro de observadores científicos sobre 261 lances de pesca comerciales durante el periodo 2018-2021.	79
Tabla 16.	Captura incidental promedio por grupo de especie y lance ($\pm$ desviación estándar) entre años de estudio, en la flota artesanal que operó sobre el recurso anchoveta, entre la Región de ATCMA y COQ. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2018-2021. Valores P indican resultados de la Prueba de Kruskal - Wallis para comparar las capturas entre los diferentes años.	80
Tabla 17.	Captura incidental promedio por grupo de especie con su respectiva desviación estándar, en la flota cerquera artesanal que operó sobre el recurso anchoveta entre la región de ATCMA y COQ. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2018-2021. Valores P son el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis usada para comparar la captura entre estaciones.	80
Tabla 18.	Listado de especies que componen la fauna acompañante registradas como presencia a bordo de la pesquería industrial de jurel centro norte, en el periodo 2018-2021. FI: Frecuencia de Incidencia, FO (%): Frecuencia de ocurrencia. Datos provenientes de 273 lances de pesca.	81



ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Gestión de muestreo por recurso.
- Anexo 2. Distribución de longitudes ponderadas a las capturas de anchoveta y sardina española.
- Anexo 3. Varianzas de las longitudes de anchoveta y sardina española.
- Anexo 4. Claves edad-talla de anchoveta.
- Anexo 5. Estructura de edad de anchoveta.
- Anexo 6. Aspectos reproductivos de anchoveta y sardina española.
- Anexo 7. Pescas de Investigación.
 - A. Monitoreo de reproductivo de anchoveta.
 - B. Monitoreo de reclutamiento de anchoveta.



RESUMEN EJECUTIVO

Se analizan los principales indicadores biológicos - pesqueros de la anchoveta y sardina española de la actividad cerquera de la zona centro norte (zonas de Caldera y Coquimbo) en el año 2021, comparándolos con la serie histórica reciente y los resultados del monitoreo de desove (julio 2021 a primera quincena de febrero 2022) y de reclutamiento (octubre 2021 a marzo 2022) de la anchoveta. Además, se presenta un resumen de las condiciones oceanográficas satelitales e información de la condición ambiental in situ recopilada en los cruceros.

La condición ENOS fue fría desde agosto 2020 hasta marzo de 2022, mes en que aún se encontraba en desarrollo, con un breve periodo neutral entre abril y agosto 2021. En este contexto, a nivel local en la zona centro norte, fue debilmente afectada por evento La Niña 2020-21 el que tuvo una mayor expresión entre diciembre 2020 (subzona sur), enero y febrero de 2021 (toda la zona) con anomalías entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ y -1°C . De marzo a mayo, la condición fue cálida, aunque débil. Desde junio a septiembre, la condición fue neutra cambiando a fría en octubre con una gran cobertura de ATSM negativas débiles, las que se fortalecieron en noviembre. En diciembre, en la costa predominaron ATSM positivas, mientras que entre enero y marzo de 2022 predominó una condición fría, siendo más intensa en la costa. Las concentraciones de clorofila-a de 2021 fueron las mayores de la serie 2015-2021, con máximos pigmentarios en enero y octubre, siendo Coquimbo el principal foco recurrente de altas concentraciones.

En la pesquería pelágica de la zona centro norte se identifican tres períodos, el primero de 1980 a 1992 con predominio de sardina española hasta 1987 y de 1988 hasta 1992 del jurel, un segundo periodo de 1993 a 2001 donde se observó un repunte de la anchoveta alcanzando en 1995 el máximo histórico de 275 mil t y el un tercero de 2002-2021 donde las capturas disminuyen promediando las 101 mil t, sustentadas principalmente por anchoveta y jurel. Entre 2018 y 2021 se destaca un aumento en las capturas asociado principalmente con anchoveta las que incrementaron en un 26% alcanzando en promedio las 56 mil t. El 2021 las capturas alcanzaron las 106 mil t el valor mas alto desde el 2012. Esta pesquería presenta variaciones operacionales con cambios en la participación de la flota, entre 1980 y 2000 con predominio de la flota industrial, del 2001 al 2012 la actividad la desarrolló principalmente la flota artesanal, en tanto desde el año 2013 en adelante la actividad es artesanal.

Especialmente las capturas de anchoveta se focalizaron entre la costa y las primeras 10 millas, principalmente desde el 2001, presentando áreas históricas de concentración localizadas al norte de los puertos de Caldera y Coquimbo.

En Caldera y Coquimbo la distribución de talla en el año 2021 fluctuó entre 5,0 y 19,5 cm de longitud total (LT), concentrándose el grupo principal en anchovetas (72%) entre 11,0 y 15,0 cm LT y destacando la mayor incidencia de ejemplares juveniles en los últimos tres años, con mayor incidencia en la zona de Coquimbo.

Durante el monitoreo del reclutamiento (octubre 2021-abril 2022) se estimó, en la zona centro norte, un 15% de juveniles de anchoveta, destacando en este monitoreo una menor incidencia en la zona de Coquimbo (6%) respecto a Caldera (18%), con capturas similares en ambas zonas.



En relación al monitoreo del desove, en el 2021 este evento reproductivo presentó en la zona de Caldera y Coquimbo un adelanto de dos y cinco semanas con respecto al año anterior y dos semanas de retraso en comparación a la serie promedio donde la actividad se inicia en junio y julio. Los desoves masivos se manifestaron con fuerza la tercera semana de julio. Esta tendencia estaría relacionada con la mayor participación de ejemplares de tallas entre 12,0 y 15,0 cm LT.

Durante el año 2021, el ajuste de la ojiva de madurez a la talla de las hembras de anchoveta se estimó en 9,0 cm LT para la zona centro norte, confirmando la tendencia que la talla media de madurez disminuye en comparación a los años previos.

El levantamiento de información acerca de la captura incidental de aves, mamíferos y tortugas comenzó a partir del 2018, cuando donde se logró embarcar a Observadores Científicos en algunas naves que disponían de habitabilidad para iniciar la recopilación de información tanto biológica, pesquera y de captura incidental. En la flota artesanal que operó sobre anchoveta durante el período 2018-2021 se reportó la captura incidental de 450 animales, concentrando el lobo marino el 83% y solo un registro de mortalidad (1 animal). El resto lo componen las aves marinas, principalmente yunco, piqueros y pelícanos, los primeros presentaron los mayores índices de mortalidad.



1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Entregar una asesoría oportuna y permanente a la Autoridad, para la regulación y el ordenamiento pesquero, conforme al levantamiento, análisis y comunicación de los indicadores relevantes de las principales pesquerías nacionales y su ambiente asociado.

1.2 Objetivos específicos

- 1.2.1** Caracterizar y analizar la actividad pesquera extractiva considerando los aspectos técnicos de las unidades operativas, a través de la estimación de indicadores y sus variaciones espacio-temporales, así como los factores determinantes de su desempeño.
- 1.2.2** Caracterizar y analizar las capturas y/o desembarques de las especies objetivo, a través de la estimación de indicadores y sus variaciones espacio-temporales, así como los factores determinantes de su desempeño.
- 1.2.3** Caracterizar y analizar en forma integral la fauna acompañante, captura incidental y sus aspectos ambientales y oceanográficos asociados a estas pesquerías, a través de la estimación de indicadores y sus variaciones espacio-temporales.
- 1.2.4** Implementar un Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría (PMCCA) del programa de Seguimiento de las Pesquerías.



2. ANTECEDENTES

Las estadísticas pesqueras nacionales señalan que a diciembre del 2021 se desembarcaron 3,6 millones de t, volumen 4,3% mayor al quinquenio 2016-2020 y 6,1% aumento respecto al 2020. De este total, el sector extractivo aportó con 2,2 millones de t destacando los recursos pelágicos con un aporte del 93,2%, representado principalmente por anchoveta (607 mil t) y jurel (640 mil t) (Subpesca, 2021). La zona comprendida entre las regiones de Atacama y Coquimbo aportó con 49 mil t de anchoveta a nivel nacional en el último año.

La anchoveta presenta un amplio rango de distribución, localizándose desde los 4° hasta los 42°S, a lo largo de la corriente de Humboldt en el Pacífico suroriental (Serra, 1983; Cubillos, 1999 y Castro *et al.*, 2001). En esta área se han definido tres poblaciones de anchoveta, norte y centro del Perú, sur del Perú al norte de Chile y centro sur de Chile (Alheit y Ñiquen, 2004 y Canales y Leal, 2009).

Desde el punto de vista administrativo, en Chile se distinguen tres áreas principales de pesca que han sido definidas como Unidades de Pesquerías independientes de anchoveta. La primera se localiza en la zona norte entre las regiones de Arica y Parinacota a Antofagasta, incluyendo el stock compartido con el sur del Perú. La segunda Unidad de Pesquería que corresponde a la zona centro norte y que abarca las regiones de Atacama y Coquimbo y la tercera se localiza en la zona centro sur, cubriendo las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

La anchoveta, especie de distribución superficial y costera presenta un rápido crecimiento, ciclo de vida corto, elevada tasa de mortalidad natural, con una distribución espacial, biomasa y reclutamiento que están fuertemente influenciados por factores ambientales (Serra, 1983 y Cubillos, 1999).

En la zona centro norte, este recurso sustenta una importante pesquería regional la que a partir del año 2003 ha sido extraída principalmente por naves artesanales que operan con puertos base en Caldera y Coquimbo. Las capturas presentan importantes variaciones interanuales con un máximo histórico de 275 mil t en el año 1995, mostraron una disminución del 2011 al 2017, tendencia que cambia en los últimos tres años cuando se observa un aumento alcanzando las 60 mil t en el 2020. Esta variabilidad en las capturas también se ve reflejada en la variabilidad de su abundancia y biomasa estimada mediante técnicas hidroacústicas (Leiva *et al.*, 2020).

En virtud de la relevancia de la actividad pesquera en el sector productivo nacional y consciente de la importancia de los desembarques de los recursos pesqueros de la zona norte y centro norte, la Subsecretaría de Economía y EMT le encargó al IFOP el desarrollo de un Convenio cuyo objetivo principal es analizar e informar integral y oportunamente el desempeño de las variables e indicadores de los principales recursos pelágicos de la zona norte y centro norte y su actividad pesquera, incluyendo aspectos ecosistémicos asociados e información científica disponible, basado en un sistema de monitoreo científicamente validado y con estándares de aseguramiento de calidad.



3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este capítulo se entrega como una sección independiente, para mayor antecedente revisar “Programa de seguimiento de las principales pesquerías pelágicas de la zona norte de Chile, entre la región de Arica y Parinacota a la región de Coquimbo, año 2021. Metodología” (Böhm *et al.*, 2021a).

3.1 Área de estudio

El área cubre el sector marítimo de las regiones Atacama a Coquimbo, desde la costa hasta las 200 millas, dividida en dos zonas de pesca (**Tabla 1** y **Figura 1**). Para efecto de este informe la zona de Caldera y Coquimbo se designará como zona centro norte.

Tabla 1. Límites de las zonas consideradas en el área de estudio.

	Zona	Límite norte	Límite sur
Zona centro norte	Zona Caldera	24°00' -	28°00'S
	Zona Coquimbo	28°00' -	32°10'S

En este sentido, las zonas se relacionan con las áreas biológicas donde se extraen los recursos, las que están directamente relacionadas con la extensión de la distribución espacial de las unidades de stock. Para analizar la operación de la flota los estratos espaciales y temporales se definen por la combinación: zona y cuadrícula por mes; región por mes; puerto por mes y semana.

Por otra parte, en el caso de los desembarques, los volúmenes descargados en una región corresponden a los reportados en los respectivos puertos de esa región. Las Regiones obedecen a un ordenamiento administrativo que el Estado le da al país. Actualmente mediante Decreto 1115 del Ministerio de Interior y Seguridad Pública (julio, 2018) se establecen las abreviaturas para identificar las regiones del país y sistematiza con una codificación única para las regiones las que se utilizarán en este informe cuando se citen. De acuerdo a esta instrucción se utilizarán las siguientes abreviaturas: Atacama (ATCMA) y Coquimbo (COQ).

En la estimación de la distribución espacio - temporal de los recursos y de la operación de la flota se utiliza el sistema georreferenciado que es una importante herramienta para el análisis de los datos en un contexto espacio - temporal, permitiendo la representación del área de estudio mediante cartas de distribución y abundancia.

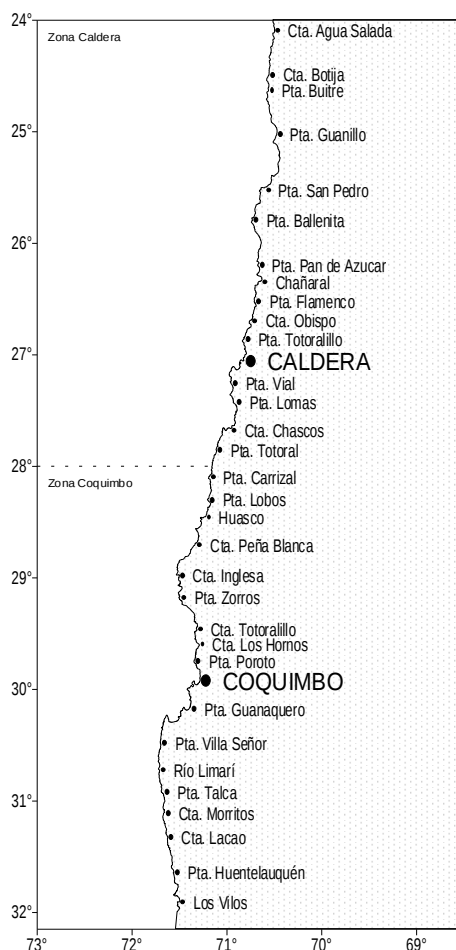


Figura 1. Principales puertos de desembarque de la pesquería pelágica ejercida en la zona centro norte, identificando los puntos notables.

3.2 Recursos objetivos

Los principales recursos pelágicos considerados en el estudio son: anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina española (*Sardinops sagax*) (**Figura 2**). Esta última especie ha estado presente esporádicamente con capturas en los cuatro últimos años en la pesquería en las zonas de Caldera y Coquimbo.

También se consideran en el estudio “otras especies” reportadas en las capturas, a nivel de bitácoras de pesca que constituyen fauna acompañante de las especies objetivo de la pesquería, principalmente bacaladillo (*Normanichtys crockeri*), agujilla (*Scomberesox saurus*), pejerrey (*Odontesthes regia*), cabinza (*Isacia conceptionis*) y machuelo (*Ethmidium maculatum*).



Anchoveta, *Engraulis ringens*

		(ATCMA-COQ)
Cuota global 2021	:	70.987
Investigación	:	82
Imprevistos	:	0
Consumo humano	:	709
Cuota objetivo (CO)	:	70.196
CO Flota Industrial	:	35.098
CO Flota Artesanal	:	35.098



Sardina española, *Sardinops sagax*

		(ATCMA-COQ)
Cuota global 2020	:	1.750
Investigación	:	
Cuota objetivo (CO)	:	1.750
Fauna acompañante	:	
CO Flota Industrial	:	875
CO Flota Artesanal	:	775

Figura 2. Principales recursos pelágicos considerados en el estudio con un resumen de la cuota de captura.



3.3 Carta Gantt y principales actividades realizadas en el 2021

Se entrega una carta Gantt y un resumen de las principales actividades realizadas en el transcurso del año 2021.

ACTIVIDAD	2021												2022					
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Coordinación y planificación general																		
Planificación y coordinación inicial																		
Coordinación mensual																		
Reuniones, talleres equipos técnicos																		
Implementación																		
Capacitación a observadores (*)																		
Visitas a terreno Coordinador de Campo																		
Visitas a terreno personal científico																		
Recopilación de datos																		
Registro diario de la operación de la flota																		
Muestreo de estructuras de tallas																		
Muestreo biológico (talla-peso-gónadas-otolitos)																		
Procesamiento de datos e información																		
Ingreso de datos a la Multiplataforma																		
Revisión, corrección y validación de datos																		
Preparación de las bases de datos																		
Estimación de indicadores																		
Análisis																		
Indicadores biológicos y pesqueros																		
Integración de la información																		
Elaboración de Informes y Reportes																		
Boletines semanales																		
Reportes de Gestión de Muestreo																		
Requerimiento datos para Evaluación stock																		
Informe de avance																		
Participación Reuniones, Talleres, Comités, etc																		
Informe Final																		
Boletín de Difusión (**)																		

(*) Actividad sujeta a disponibilidad de entidades de capacitación y fechas por convenir.

(**) Se entrega aprobado el Informe Final.

Las principales actividades realizadas el 2021 fueron:

Es importante señalar que las actividades presenciales durante el año se vieron afectadas por la pandemia lo que dificultó algunas reuniones técnicas programadas, eventos que se realizaron en forma remota.

- Coordinación de actividades y reuniones técnicas con el equipo del proyecto pelágico en las bases de IFOP de Arica e Iquique (vía remota).
- Elaboración de los boletines semanales que considera reportes: biológicos-pesqueros, monitoreos reproductivos y monitoreos de reclutamiento, en la zona norte y centro-norte.
- Pescas de Investigación y monitoreo reproductivo y reclutamiento en la zona norte. Elaboración de los TTR, procesos de licitación, adjudicación y planificación de la ejecución de ésta con reuniones en terreno con los armadores.
- Apoyo a Subpesca con requerimientos de datos y asesorías para resolver temas específicos solicitados en el transcurso del año.
- Apoyo al grupo de evaluación directa del IFOP entregando las estructuras de tallas de los recursos anchoveta y jurel de la zona norte.
- Participación en los Comités Científicos de pequeños pelágicos.



4. RESULTADOS

4.1 Objetivo específico 2.2.1. *Caracterizar y analizar la actividad pesquera extractiva considerando los aspectos técnicos de las unidades operativas, a través de la estimación de indicadores y sus variaciones espacio-temporales, así como los factores determinantes de su desempeño.*

Se entrega los resultados de la gestión de muestreo durante el año 2021, un análisis de las principales características técnico-operacionales de la flota cerquera y de los desembarques realizados en la zona centro norte durante el año 2021, comparándolos con el año 2020.

4.1.1 Principales características de la flota cerquera de la zona centro norte

Flota industrial y artesanal

En las zonas de Caldera y Coquimbo son las embarcaciones artesanales las que mantienen la actividad extractiva en el área, abasteciendo a las plantas de reducción ubicadas una en Caldera y otra en Coquimbo, operando principalmente en el primer semestre de cada año. Dado que las condiciones de vientos y marejadas propias de cada región son altamente variables, provocan que la operación normal de la pesca sea limitada, obligando a las naves en algunos casos (principalmente en el puerto de Caldera) a quedarse en puerto o en la zona de pesca ante condiciones meteorológicas adversas. Entre sus características destaca que la mayoría de las embarcaciones presentan el casco de madera y otras (menor cantidad) de acero.

En la (Figura 3) se muestran las embarcaciones que han operado en la zona centro norte entre 1980 y 2021, en términos de número y capacidad de bodega promedio. Se destaca el gran número de embarcaciones industriales en las décadas del 80 y 90 producto de la escasa regulación pesquera y en respuesta a altas abundancias de recursos pelágicos en la zona. Esta situación comienza a modificarse a partir de 1986 (D. Ex. N°436) cuando se establece una medida de regulación del esfuerzo de pesca, congelándose el ingreso de nuevos barcos a la pesquería, cuotas de captura y Límites Máximos de Captura por Armador establecidas a fines del 2002 lo cual aceleró el proceso de readecuación de las empresas. Al inicio de la década del 2000 la flota industrial se reduce notablemente en la zona, concentrándose la operación de esta flota en aquellas naves con puerto base en la zona norte y centro sur. Al respecto, las escasas embarcaciones que se desplazan desde Iquique o Mejillones realizaron solo 2 viajes promedio. En tanto las naves que se desplazan desde la zona centro sur a Coquimbo siguiendo el desplazamiento del jurel, realizaron hasta el 2014 en promedio 14 viajes por embarcación, cifra que se reduce desde el 2015 a solo 1,3 viajes promedio (Tabla 2).

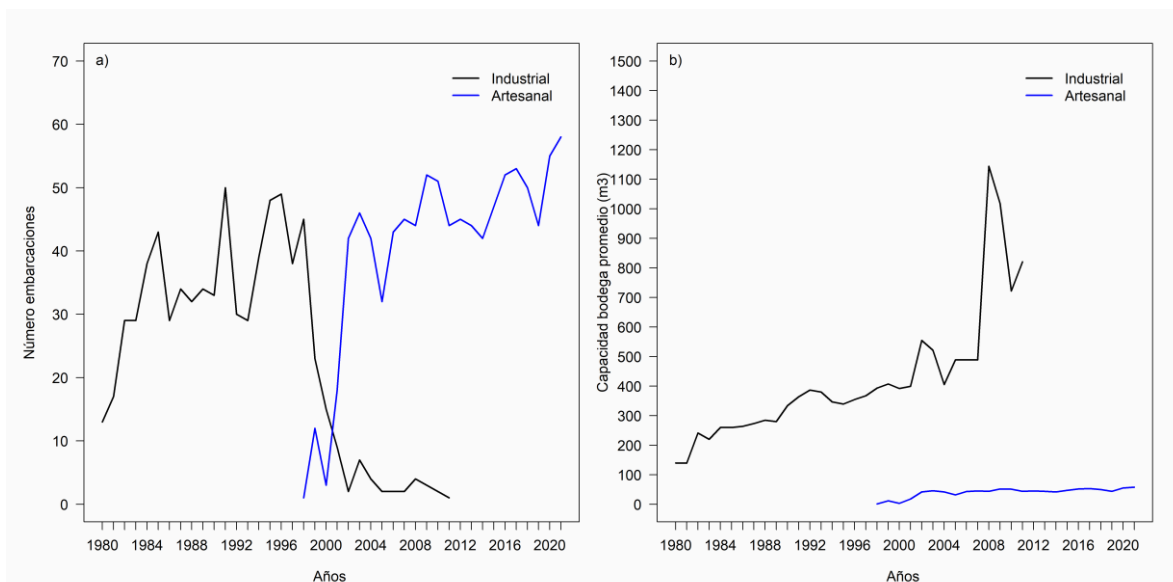


Figura 3. Número de embarcaciones industriales y artesanales (a) y capacidad de bodega promedio (b) por flota y año en la zona centro norte, entre 1980 y 2021.

La recopilación de información de la flota artesanal se inició en el 1998, principalmente por los bajos volúmenes desembarcados y el destino de estas capturas fue principalmente su uso como carnada o para consumo humano. Se destaca un aumento sostenido en el número de embarcaciones artesanales últimos cinco años con un promedio de 52 naves y capacidad de bodega de 59 m³ (**Figura 3 y Figura 4**).

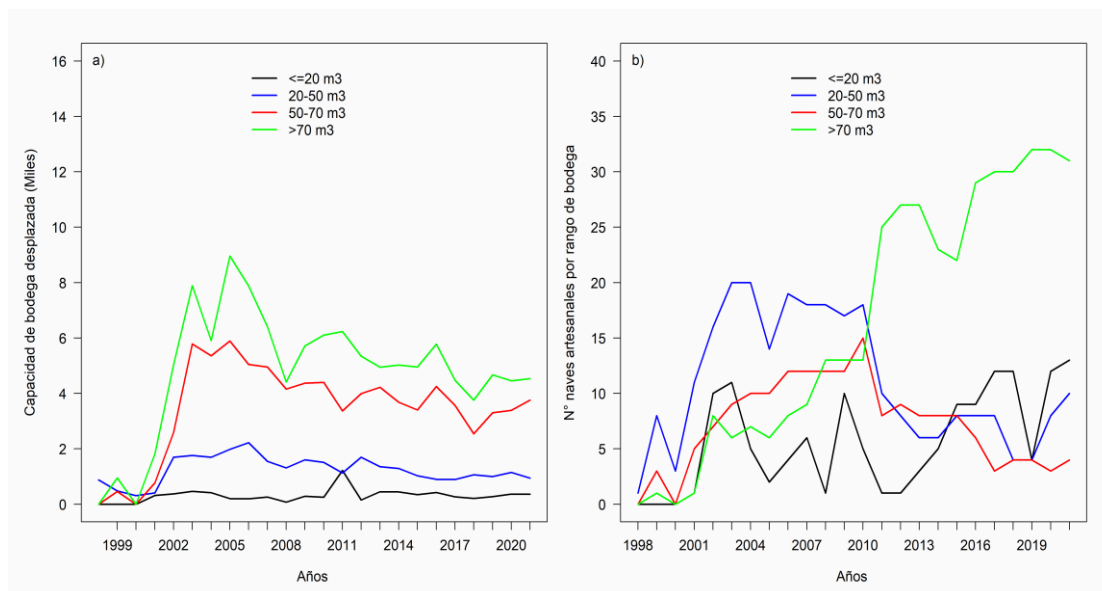


Figura 4. Capacidad de bodega desplazada (a) y número de embarcaciones (b), por rango de bodega en la flota artesanal para la zona centro norte.

En Caldera la flota cerquera que operó durante el 2021, estuvo conformada por 27 embarcaciones, cuya capacidad de bodega promedio fue de 68 m³, con una eslora que fluctuó entre 11 y 18 m y una potencia de motor de 100 a 400 HP. En Coquimbo operaron un total de 31 embarcaciones que registraron una capacidad de bodega promedio de 44 m³, con una eslora que osciló entre 10 y 18 m, y una potencia de motor que varió desde 100 hasta 500 HP (**Tabla 2** y **Tabla 3**). Las características de las redes que se utilizan en la zona centro norte, mantienen el estándar utilizado en la zona norte en lo que respecta al material con lo que las confeccionan y son similares en términos de tamaño (**Tabla 4**).

La mayor operación en la última década, en términos del número de embarcaciones y CB desplazada fue por aquellas embarcaciones con CB mayores a 70 m³ en la zona centro norte, destacando para estas embarcaciones una tendencia negativa desde el 2011 en la CB desplazada alcanzando los 4 mil m³ (**Figura 4** y **Figura 5** y **Tabla 3**).



Figura 5. Vista general de a) embarcaciones artesanales que operan en la zona centro norte y b) en faena de pesca.

**Tabla 2.** Número de embarcaciones (N°) y capacidad de bodega (CB) promedio con operación en la zona centro norte, por flota y rango de bodega entre 1980 y 2021.

Años	Flota Artesanal										Flota Industrial																	
	<20 m3				20-50 m3				50-70 m3				>70 m3		Total		80-100 m3		100-200 m3		200-500 m3		>500 m3		Total			
	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB	N°	CB
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96	11	148	0	0	0	0	0	0	0	140	13	
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96	15	145	0	0	0	0	0	0	0	139	17	
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	94	12	141	16	325	0	0	0	0	0	241	29	
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	97	16	144	11	352	0	0	0	0	0	220	29	
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	94	15	141	22	348	0	0	0	0	0	259	38	
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	94	17	144	25	344	0	0	0	0	0	259	43	
1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	94	10	148	18	337	0	0	0	0	0	264	29	
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96	11	153	20	342	1	580	0	0	0	273	34	
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96	13	151	13	354	4	588	0	0	0	284	32	
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96	16	150	13	369	3	703	0	0	0	280	34	
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96	12	157	13	376	6	677	0	0	0	334	33	
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96	12	157	25	374	11	616	0	0	0	364	50	
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96	6	173	13	374	9	612	0	0	0	387	30	
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	165	13	376	8	599	0	0	0	379	29	
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	80	13	158	16	378	9	593	0	0	0	347	39	
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	160	23	360	9	603	0	0	0	339	48	
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	13	151	25	372	10	600	0	0	0	354	49	
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	155	20	353	9	611	0	0	0	367	38	
1998	0	0	1	35	0	0	0	0	0	35	1	0	0	7	151	26	362	12	601	393	45	0	0	0	0	0	393	45
1999	0	0	8	32	3	55	1	86	42	12	1	95	4	145	10	383	8	609	407	23	0	0	0	0	0	0	609	23
2000	0	0	3	33	0	0	0	0	33	3	0	0	4	145	6	374	5	610	392	15	0	0	0	0	0	0	392	15
2001	1	20	11	31	5	55	1	86	40	18	0	0	2	140	4	370	3	610	399	9	0	0	0	0	0	0	399	9
2002	10	16	16	31	7	58	8	84	0	41	0	0	0	0	1	398	1	711	554	2	0	0	0	0	0	0	554	2
2003	11	15	20	32	9	59	6	82	40	46	0	0	1	138	2	416	4	669	521	7	0	0	0	0	0	0	521	7
2004	5	18	20	33	10	60	7	82	46	42	0	0	1	140	1	398	2	541	405	4	0	0	0	0	0	0	405	4
2005	2	19	14	36	10	60	6	82	51	32	0	0	0	0	1	398	1	580	489	2	0	0	0	0	0	0	489	2
2006	4	16	19	36	12	60	8	83	50	43	0	0	0	0	1	398	1	580	489	2	0	0	0	0	0	0	489	2
2007	6	12	18	35	12	60	9	83	48	45	0	0	0	0	1	398	1	580	489	2	0	0	0	0	0	0	489	2
2008	1	12	18	37	12	60	13	81	56	44	0	0	0	0	1	398	3	1392	1144	4	0	0	0	0	0	0	1144	4
2009	10	13	17	36	12	60	13	81	48	52	0	0	0	0	1	398	2	1328	1018	3	0	0	0	0	0	0	1018	3
2010	5	12	18	35	15	61	13	81	52	51	0	0	0	0	1	398	1	1046	722	2	0	0	0	0	0	0	722	2
2011	1	13	10	37	8	65	25	80	66	44	0	0	0	0	0	0	1	821	821	1	0	0	0	0	0	0	821	1
2012	1	12	8	40	9	65	27	80	68	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	3	11	6	39	8	65	27	80	67	44	0	0	0	0	0	0	1	1610	1610	1	0	0	0	0	0	0	1610	1
2014	5	12	6	34	8	65	23	81	63	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	9	12	8	32	8	64	22	80	56	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	9	10	8	32	6	65	29	81	60	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	12	12	8	36	3	66	30	80	57	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	12	13	4	33	4	65	30	79	58	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	4	13	4	33	4	65	32	79	68	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	12	15	8	32	3	66	32	79	57	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	13	14	10	31	4	64	31	79	55	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* Se consideraron las embarcaciones con mas de 5 viajes de operación al año.



Tabla 3. Número de embarcaciones artesanales con operación en la zona centro norte, por zona y rango de bodega entre 1998 y 2021.

Años	Caldera										Coquimbo									
	<20 m3		20-50 m3		50-70 m3		>70 m3		Total		<20 m3		20-50 m3		50-70 m3		>70 m3		Total	
	Nº	CB	Nº	CB	Nº	CB	Nº	CB	CB	Nº	Nº	CB	Nº	CB	Nº	CB	Nº	CB	CB	Nº
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	35	0	0	0	0	35	1
1999	0	0	6	31	3	55	1	55	44	10	0	0	2	35	0	0	0	0	35	2
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	33	0	0	0	0	33	3
2001	0	0	5	29	5	55	1	55	46	11	1	20	6	33	0	0	0	0	31	7
2002	1	18	8	28	6	60	4	60	49	19	9	16	8	34	1	51	4	87	37	22
2003	1	18	9	29	6	61	3	61	47	19	10	15	11	34	3	53	3	84	35	27
2004	2	17	11	31	8	61	4	61	47	25	3	18	9	35	2	53	3	84	43	17
2005	1	18	7	35	8	61	4	61	53	20	1	20	7	37	2	53	2	86	47	12
2006	0	0	10	33	9	63	5	63	54	24	4	16	9	39	3	53	3	84	44	19
2007	0	0	6	31	9	63	6	63	59	21	6	12	12	37	3	53	3	84	38	24
2008	0	0	8	35	9	63	9	63	60	26	1	12	10	39	3	53	4	83	50	18
2009	1	18	6	33	9	62	9	62	60	25	9	12	11	38	3	53	4	83	38	27
2010	0	0	6	32	11	63	9	63	62	26	5	12	12	37	4	56	4	83	42	25
2011	0	0	6	37	6	66	18	66	68	30	1	13	4	36	2	63	7	82	61	14
2012	0	0	4	41	6	66	17	66	70	27	1	12	4	39	3	63	10	82	65	18
2013	1	18	4	36	6	66	18	66	68	29	2	8	2	43	2	63	9	82	64	15
2014	1	18	2	40	5	66	15	66	71	23	4	11	4	31	3	62	8	82	53	19
2015	1	18	2	34	6	65	14	65	68	23	8	11	6	31	2	63	8	82	44	24
2016	0	0	3	37	4	66	20	66	73	27	9	10	5	29	2	65	9	85	45	25
2017	0	0	2	45	2	65	20	65	75	24	12	12	6	33	1	68	10	84	43	29
2018	1	10	2	34	3	64	20	64	70	26	11	14	2	33	1	68	10	81	45	24
2019	1	10	2	34	3	64	22	64	71	28	3	14	2	32	1	68	10	82	62	16
2020	1	10	2	23	2	65	21	65	70	26	11	15	6	36	1	68	11	81	46	29
2021	1	10	3	24	3	63	20	63	68	27	12	14	7	34	1	68	11	81	44	31

* Se consideraron las embarcaciones con mas de 5 viajes de operación al año.

Tabla 4. Principales características de las redes anchoveteras utilizadas por la flota artesanal en la zona centro norte.

Características de la red	CB: 10-100 m³
Longitud de relinga (brazas (brazas)	200 - 300
Altura (brazas)	20 - 50
Tamaño de malla (pulgadas)	9/16-1/2
Material de construcción	Poliéster

Fuente: Armadores de la zona centro norte.



4.1.2 Gestión de muestreo

Centros de muestreos y distribución del personal

La administración, planificación y control general de los procesos de datos en el Departamento de Gestión de Muestreo (DGM), estuvo a cargo del Jefe del Departamento (JDGM) y Coordinador General (CG), ambos con base en Valparaíso. En tanto, en los puertos de desembarques de recursos pelágicos la responsabilidad es del Coordinador de Campo (CC), el que supervisa en terreno el trabajo desarrollado por los Observadores Científicos (OC), responsables de la recopilación de datos a bordo y en tierra (**Tabla 5**).

Tabla 5. Dotación de Observadores Científicos y Coordinador, por puerto. año 2021.

Región	Centro de muestreo	N° Obs científicos embarcados	N° Obs científicos en tierra	BASE	Coordinador de campo	Coordinador general
Atacama	Caldera	-	1	Coquimbo	1	1
Coquimbo	Coquimbo	1	2			
Total		1	3		1	1

La designación de OC por mandato de la Ley General de Pesca y Acuicultura la formaliza la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, a través de resoluciones exentas, identificando a cada OC con su nombre completo, RUT y proyecto asociado, en dos grupos; OC autorizados para recopilar datos biológico-pesqueros a bordo de embarcaciones artesanales e industriales, puntos de desembarques y plantas de proceso; y OC acreditados sólo para levantar datos en estos dos últimos lugares.

En el caso de los centros de muestreo de Caldera y Coquimbo la actividad pesquera se focaliza principalmente en los primeros siete meses del año, sólo con operación de la flota artesanal, tarea que es cubierta con el personal del proyecto y también con apoyo de OC de otros proyectos que están en el centro. Al respecto, cabe señalar que el personal de muestreo tiene la facilidad de desplazarse transitoriamente hacia los distintos puertos en función de los requerimientos de cobertura muestral, siguiendo las indicaciones que determine el Coordinador General en acuerdo con el Coordinador de Campo de la zona centro norte.

Las competencias y aptitudes necesarias para calificar como OC, han sido establecidas en las Resoluciones Exentas N° 1463 (2015), 4079 (2016), 4434 (2017) y 365 (2018), todas de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, entre las cuales destacan:

- Artes y aparejos de pesca en pesquerías nacionales.
- Normativa y regulación pesquera.
- Técnicas de muestreo.
- Seguridad y familiarización a bordo.
- Identificación de especies de importancia económica y ecológica.



- Conocimientos para la utilización del instrumental técnico y científico necesario para llevar a cabo la observación científica.
- Conocimientos necesarios respecto de las formas de medición de las diversas variables de los recursos de medición.
- Conocimientos básicos respecto de la normativa de seguridad, salvataje y primeros auxilios.
- Tener capacitación en tareas científicas básicas, tales como toma y análisis de muestras, observación y registros de datos e información.

Gestión año 2021

En el área de Caldera a Coquimbo, el desarrollo del trabajo de campo sumó un total de 858 muestreos sobre los recursos en estudio. Actividad que contempló un 56,5% de registros de anchoveta, 29,4% de jurel, 10,5% de caballa, además de 2,6% de muestreos del recurso sardina española y 1% de otras especies (**Tabla 6**), constatándose entre estas la presencia de pejerrey de mar (*Odontesthes regia*), cabinza (*Isacia conceptionis*), sierra (*Thyrstites atun*) y bacaladillo (**Tabla 6**).

Tabla 6. Capturas (t) mensuales por especies en toda la zona monitoreada (Arica a Coquimbo), proporción monitoreo (%) y cobertura (%) muestral.

Zona de pesca	Especie	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Capturas TOTAL	Capturas %	Total nro. Muestreos	Muestreo %
CALDERA COQUIMBO	Anchoveta	188	3.151	3.437	17.480	12.188	4.070	5.441	751	1	0	1.151	177	48.034	45,4	485	56,5
	Jurel	3.867	3.975	9.489	111	273	186	117		1.853	5.211	6.121	8.252	39.454	37,3	252	29,4
	Sardina española	24	9			76	17	5			3	43	67	245	0,2	22	2,6
	Caballa	465	1.247	13.731	61	53		11		10	251	522	992	17.344	16,4	90	10,5
	Otras especies	4	25	461	33	124				1				648	0,6	9	1,0
	Total	4.548	8.407	27.118	17.685	12.714	4.273	5.573	751	1.864	5.465	7.838	9.488	105.725	100	858	100

Fuente: Instituto de Fomento Pesquero

Información pesquera

Con relación a la información operacional y pesquera obtenida de las empresas del sector de Caldera y Coquimbo, se dispuso de 3.955 reportes, casi en su totalidad correspondiente a faenas de lanchas (99,4%), con una porción menor de bitácoras de naves mayores, producto de operaciones puntuales y estacionales en la zona de Caldera que contribuyeron ligeramente al segmento industrial con un 0,6% (**Tabla 7**).

**Tabla 7.** Número de Bitácoras totales de la pesquería pelágica centro norte (Caldera-Coquimbo), recabadas para la estimación de los indicadores pesqueros, por puerto y mes, año 2021.

MES	PUERTO				TOTAL CALDERA-COQUIMBO		
	CALDERA		COQUIMBO				
	Industrial	Artesanal	Industrial	Artesanal	Industrial	Artesanal	Ambos sectores
Enero		4		226	0	230	230
Febrero		101		353	0	454	454
Marzo	13	783		285	13	1068	1081
Abril	1	192		245	1	437	438
Mayo	1	165		224	1	389	390
Junio	3	21		108	3	129	132
Julio	1	37		150	1	187	188
Agosto		21		14	0	35	35
Septiembre		78		19	0	97	97
Octubre	2	251		4	2	255	257
Noviembre		282		10	0	292	292
Diciembre	1	330		30	1	360	361
Total	22	2.265	0	1.668	22	3.933	3.955

Fuente: Empresas pesqueras

Información biológica

La zona centro norte la actividad de pesca está vinculada principalmente con la operación de la flota artesanal de los puertos de Caldera y Coquimbo, el que fue contrastado con las necesidades de datos¹ necesarios para conformar indicadores asociados a los tamaños de muestra y aspectos biológicos, por recurso y zona (**Anexo 1**).

Anchoveta

En la zona centro norte, el trabajo de terreno se centro principalmente en los registros de estructura de tallas y aspectos biológicos específicos de muestras de anchoveta obtenidas en tierra, cuya labor abarcó el proceso de reclutamiento y desove en la zona (**Figura 6**). La actividad a bordo, tanto en Caldera como en Coquimbo, fue más acotada asociada con el menor personal, este año estuvo especialmente restringida en el puerto de la región de Atacama, labor que fue subsidiada por observadores de otras sedes, ya que no fue posible la contratación de personal en la zona en este periodo.

Zona Caldera: La gestión muestral relativa a esta zona permitió recopilar 80 muestras de anchovetas, midiendo un total de 6.793 ejemplares en tierra, es decir unas 85 anchovetas por muestreo, producto de la intensificación necesaria para compensar los alcances parciales de la actividad muestral de cada mes (**Figura 6b**). Sin embargo, no se logró alcanzar el nivel de requerimiento solicitado durante los meses de operación comercial de la flota (febrero a septiembre), aunque el número de individuos medidos en cada oportunidad se ajustó bastante bien a la cantidad necesaria en cada muestreo. A

¹ En los gráficos, la línea segmentada muestra el requerimiento de datos/mes consensuados entre este proyecto y el Departamento de Gestión de Muestreo para los registros de longitud y biológico. En el primer y último trimestre de los muestreos de longitud, se observa un aumento del requerimiento de datos (inflexión positiva de línea continua), con el propósito de cubrir el período de monitoreo del reclutamiento de anchoveta.



bordo se recopiló 48 muestras de anchovetas, midiendo un total de 4.766 ejemplares (**Figura 6a**). Las brechas en los niveles de tamaños de muestras requeridos se hicieron más evidente al finalizar el año, en periodo post-veda cuando se dificultó la detección de las agregaciones de anchoveta y disminuye la operación de la flota. Cabe destacar la incursión de naves industriales durante marzo, cuya operación también fue registrada en términos muestrales.

En relación a los muestreos y variables biológicas, éstos fueron de 28 muestreos y 1.353 ejemplares en tierra (**Figura 6c**), a bordo los muestreos recopilados fueron 31 con 2.361 ejemplares. La recopilación estuvo por debajo de los tamaños de muestra solicitados, pero con prevalencia del número de individuos precisados en cada muestreo, incluso en meses de mayor demanda como en septiembre, con media y medias próximas a 109 ejemplares.

Zona Coquimbo: En esta zona el seguimiento de la operación de la flota artesanal, cubrió sistemáticamente los desembarques hasta agosto, mes antes de la veda reproductiva de anchoveta, ya que luego de ese periodo biológico, la planta reductora local cesó actividades por mantención, como lo ha venido haciendo desde hace unos años. La gestión de muestreo logró obtener un total de 110 muestras de longitud, a través de las cuales se determinó la longitud de 9.726 anchovetas medidas en tierra, números que distribuidos mensualmente permitieron, exceptuando enero, febrero y agosto, cumplir con los requerimientos muestrales y hasta superarlos ampliamente en marzo a julio (**Figura 6b**)

Se efectuaron 100 muestras biológicas con 5.057 ejemplares muestreados, ajustándose en promedio con la información mensual requerida en términos de tamaños de muestra, excluyendo la carencia de registros del verano, mencionado anteriormente (**Figura 6c**). El trabajo a bordo permitió ampliar los muestreos a casi todo el año, con 39 muestras, con un promedio de 100 anchovetas por lance (**Figura 6c**). En esta zona, esta labor se aproximó claramente a sus correspondientes requisitos de muestras en los meses de actividad comercial de la flota y con cantidades de anchovetas examinadas en cada oportunidad, en rangos que incluso excedieron los niveles más exigentes de agosto, con 50 a 200 ejemplares por muestreo, hasta octubre, entre 92 y 199 anchovetas examinadas durante el monitoreo reproductivo.

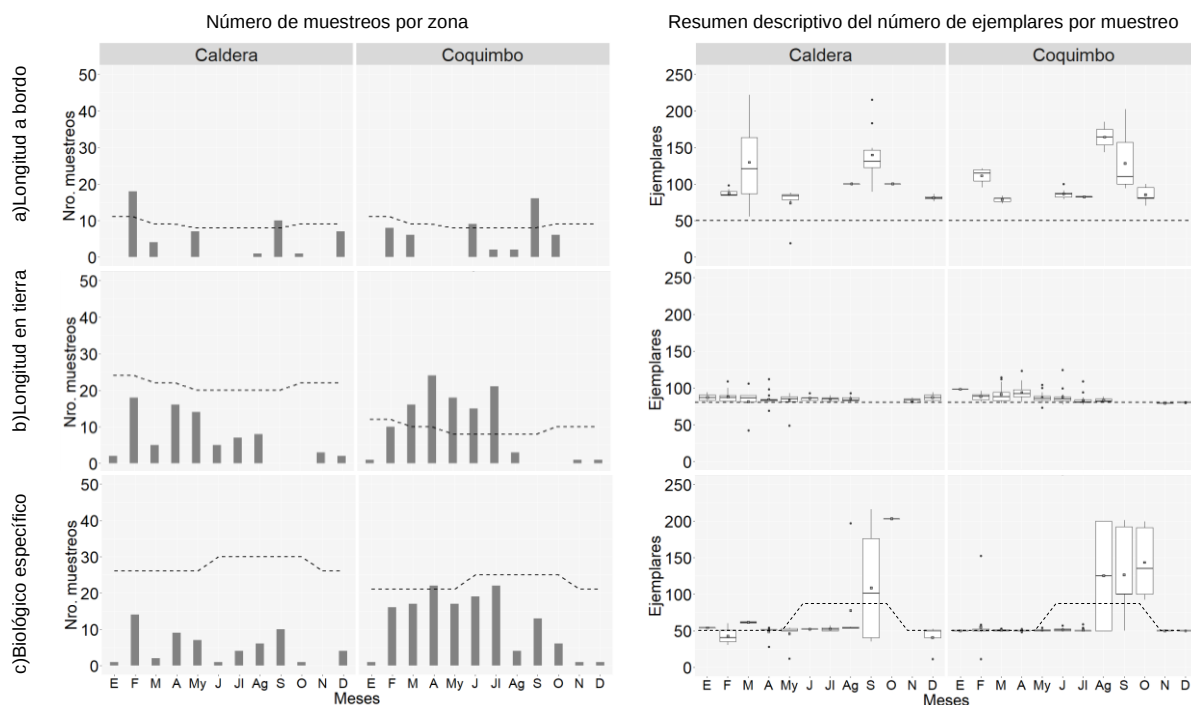


Figura 6. Anchoveta, zona centro norte (Caldera-Coquimbo), año 2021. Tipos y número de muestreos realizados (barras), letras a, b y c, con el resumen gráfico de la cantidad de ejemplares por muestreo (boxplots). Líneas segmentadas representan el nivel de requerimiento.

Sardina española

La presencia de sardina española en la zona centro norte fue un poco más frecuente que en la zona norte del área de estudio, lo que permitió obtener muestras con cierta regularidad. Aunque totalizando un menor número de individuos en el ejercicio, 793 asociados a la determinación de sus tamaños, y solo 176 sardinas examinadas en los muestreos biológicos específicos.

La posibilidad de obtener muestras a bordo solo se dio en seis oportunidades y exclusivamente en Caldera durante los meses de mayo, septiembre y diciembre. Carencia compensada con mediciones a grupos de sardinas en torno a los 80 ejemplares por muestreo (**Figura 7**)

Si embargo, a pesar de la escasa observación a bordo, la oportunidad de obtener muestras de este clupeido en Caldera, mejoró en los desembarques, etapa en la que también se pudo advertir su presencia en Coquimbo, aunque esta vez la actividad no tuvo la deseada compensación en cantidad de ejemplares medidos en cada oportunidad, puesto que en general correspondieron a grupos exiguos de ejemplares en rangos entre 8 y 86 sardinas por muestreo (**Figura 7**).

Por igual, los datos biológicos específicos tampoco fueron mayormente consistentes, centrados en diciembre en Caldera y, en enero, mayo y julio, en Coquimbo. Examinando en el intertanto grupos de sardinas compuestos por alrededor de 10 y 50 individuos (**Figura 7**).



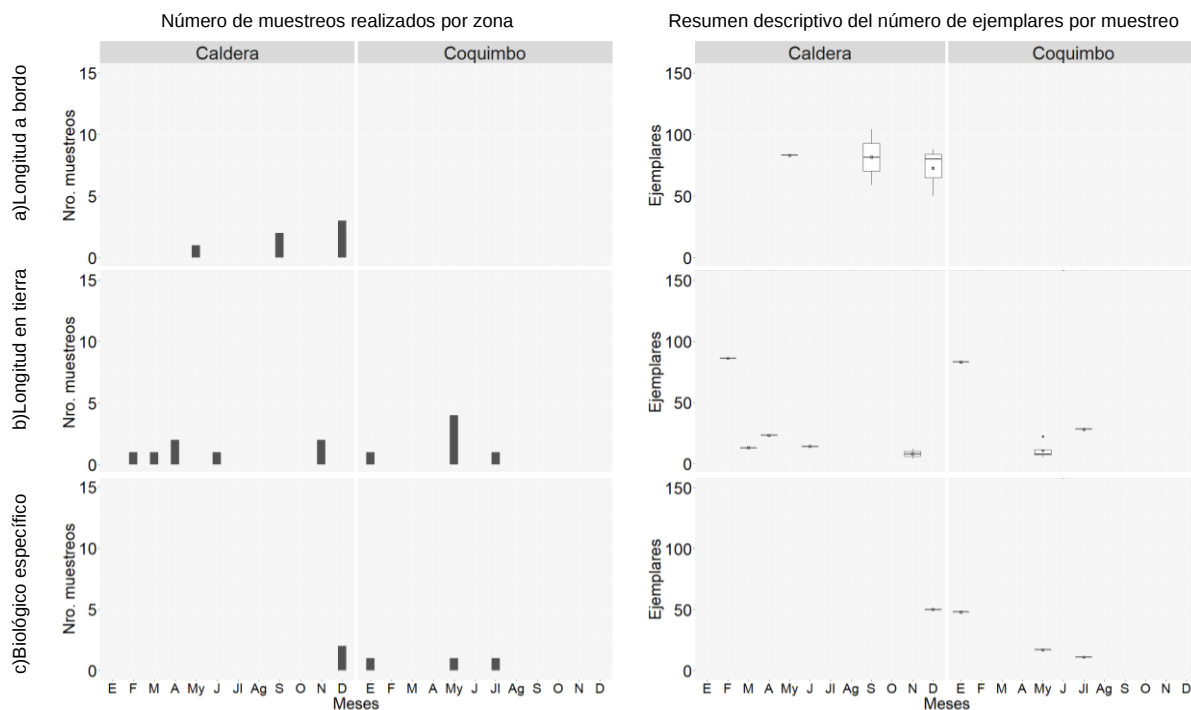


Figura 7. Sardina española, zona centro norte (Caldera-Coquimbo), año 2021. Tipos y número de muestreos realizados (barras), letras a, b y c, con el resumen gráfico de la cantidad de ejemplares por muestreo (boxplots).

Fauna acompañante

En la zona de centro norte, se logró medir bacaladillo, pejerrey de mar (*Odontesthes regia*), sierra (*Thyrsites atun*) y cabinza (*Isacia conceptionis*), durante febrero, marzo, mayo, agosto y septiembre (**Anexo 1: Tablas 15 y 16**).

Extracción de otolitos

La extracción de otolitos en los ejemplares muestreados, alcanzó las 8.130 unidades en anchoveta, 3.278 en jurel, 299 otolitos en sardina española y 610 en caballa (**Anexo 1: Tablas 4, 6, 10 y 12**).

Actividades de Supervisión en terreno

La supervisión de los criterios adecuados y metodologías de muestreos empleadas por los Observadores Científicos en su trabajo de campo descritos en el respectivo Manual de muestreo de pesquerías (IT-1/PE-7-2), correspondiente al Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015, cuya acreditación posee el IFOP, consideraron revisiones constantes de los procedimientos de muestreo. No obstante, las visitas estuvieron restringidas por parte del Coordinador de Campo, en atención a las



distintas fases que el MINSAL estableció como estrategia gradual para enfrentar la pandemia por Covid-19, según la situación sanitaria de cada lugar. Se entrega un resumen de las comisiones realizadas en el año 2021.

- Caldera (11-14 de enero); supervisión de actividades de muestreo, inducción a nuevo personal y gestión de embarque con armadores de la zona.
- Caldera (16-18 de febrero); supervisión de actividades de muestreo, presentación de requerimientos programa de investigación del descarte y captura de pesca incidental y programa de seguimiento de las principales pesquerías de la zona norte de Chile, a los observadores de Caldera, junto a gestión de embarque con armadores de la zona.
- Caldera (30 de marzo - 01 de abril); supervisión de actividades de muestreo, gestión de embarque con armadores de la zona y revisión y consideración de los cumplimientos de protocolos institucionales por Covid-19.
- Caldera (28-30 de abril); supervisión de actividades de muestreo, gestión de embarque con armadores de la zona.
- Caldera (01-04 de mayo); reunión con armador, para retomar embarques en el pesquero L/M Pancracio, supervisión de actividades de muestreo.
- Caldera (29 de mayo-02 de julio); supervisión de actividades de muestreo, reunión con OMIL I. Municipal de Caldera para búsqueda de personal apto para embarques.
- Comisión a Caldera (29 de mayo-02 de julio); supervisión de actividades de muestreo, gestión de embarques.
- Comisión a Caldera (26-30 de julio); supervisión de actividades de muestreo, trámites de embarques, entrevistas con postulantes al cargo vacante de O.C. embarcado.
- Comisión a Caldera (16-20 de agosto); reunión con armadores participantes en pesca de investigación para presentar el plan de trabajo, y consensuar días de zarpe. Reunión de coordinación con observadores, revisión de procedimientos y verificación de equipos de muestreo.
- Comisión a Caldera (06-10 de septiembre); supervisión de actividades relacionadas a la pesca de investigación, gestión de embarques y reunión con armadores de las embarcaciones L/M Don Atilio y Don Pancracio.
- Comisión a Caldera (04-08 de octubre); supervisión de actividades de muestreo, trámites de embarques en atención a cuota adicional de jurel para el puerto de Caldera.

- Comisión a Caldera (8-10 de noviembre); supervisión de actividades de muestreo, gestión de embarques, revisión y control de protocolos institucionales por Covid-19.
- Comisión a Caldera (06-07 de diciembre); supervisión de actividades de muestreo, trámites de embarques

4.1.3 Desembarques de recursos pelágicos en la zona centro norte

El desembarque de recursos pelágicos en la zona centro norte (puertos de Caldera y Coquimbo) ha presentado importantes fluctuaciones interanuales, concentrando los mayores niveles en las décadas de los 80 y 90 con desembarques promedios de 220 mil t para disminuir drásticamente a un promedio de 85 mil t en los siguientes años asociado a la disminución de la disponibilidad de recursos y a la operación centrada en la flota artesanal (**Figura 8**). En la figura se aprecia que el puerto de Caldera ha presentado los mayores desembarques, aportando por sobre el 65% del total (excepto algunos años).

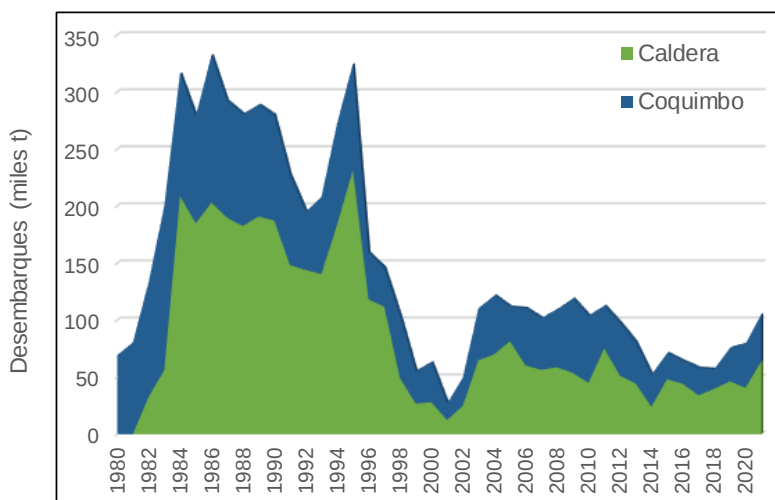


Figura 8. Serie histórica de los desembarques de las principales especies pelágicas en la zona centro norte, 1980-2021, por puerto.

Durante el 2021 el desembarque total en el área de estudio alcanzó 105 mil t, aumentando en un 33% respecto al año anterior siendo similar al nivel alcanzado en el periodo 2005-2011, dado el aumento en los desembarques de jurel en el puerto de Coquimbo (Fuente: Datos recopilados por IFOP). Los mayores desembarques de la zona centro norte están representados por la anchoveta (45%), tendencia similar a lo registrado en los tres años anteriores (**Figura 9**, panel izquierdo). El aporte del ítem “otras especies” fue de 1% y corresponde principalmente a desembarques de machuelo en el puerto de Coquimbo. Los escasos desembarques de sardina española se registraron en ambos puertos, sin embargo, Caldera concentró el 89% de éstos. En la (**Figura 9**, panel derecho) se muestran

los desembarques de los principales recursos por puerto, concentrando el puerto de Coquimbo los mayores volúmenes de anchoveta y Caldera los desembarques de jurel y caballa.

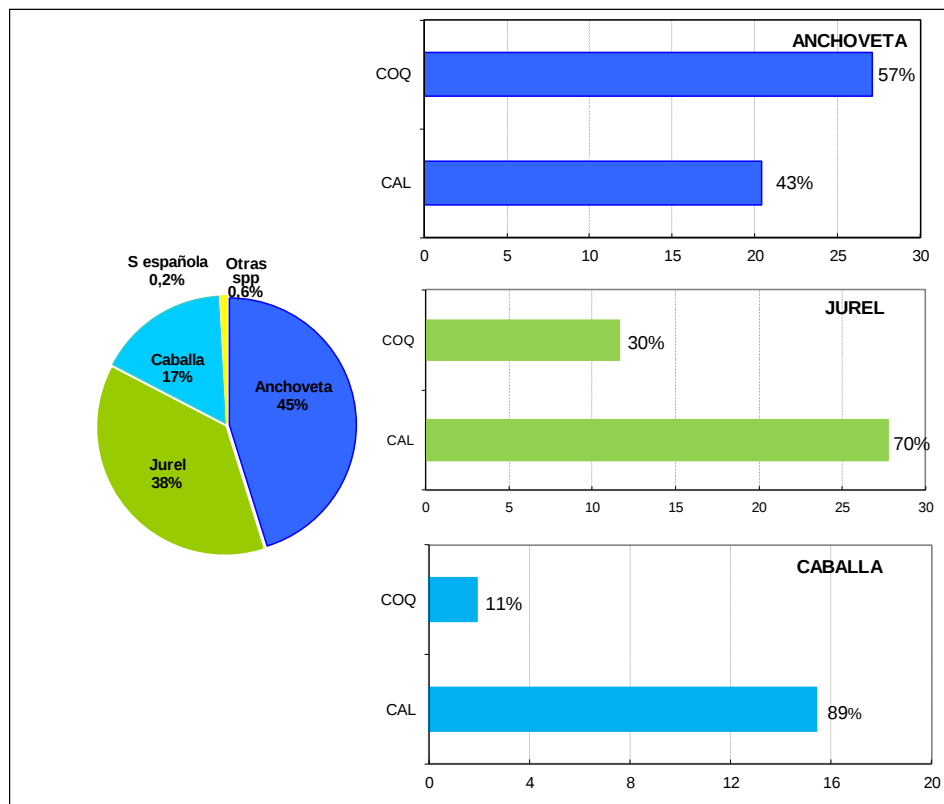


Figura 9. Desembarques de las principales especies pelágicas en la zona centro norte, año 2021. Por puerto y especie (panel derecho) y acumulado por especie (panel izquierdo).

Desembarque anchoveta

Los desembarques mensuales de anchoveta de la zona centro norte se muestran en la **Tabla 8**. Durante el 2021 los desembarques alcanzaron las 47 mil t, menor respecto al 2020 (-20%) e inferior en 21% en relación al 2019, lo que está relacionado con la menor disponibilidad de recurso en el área. En general, la actividad en estos puertos es variable y se concentra en los primeros siete meses del año, de agosto en adelante ésta disminuye y se hace muy escasa por las condiciones adversas de la zona para la operación de la flota artesanal. No obstante, durante el 2020 y 2019 la empresa en Caldera paralizó sus actividades de septiembre hasta la primera quincena de diciembre por mantención de la planta y pontón de descarga. En el caso del puerto de Coquimbo la planta estuvo en mantención de agosto a la primera semana de diciembre, por lo que la flota se mantuvo en puerto.

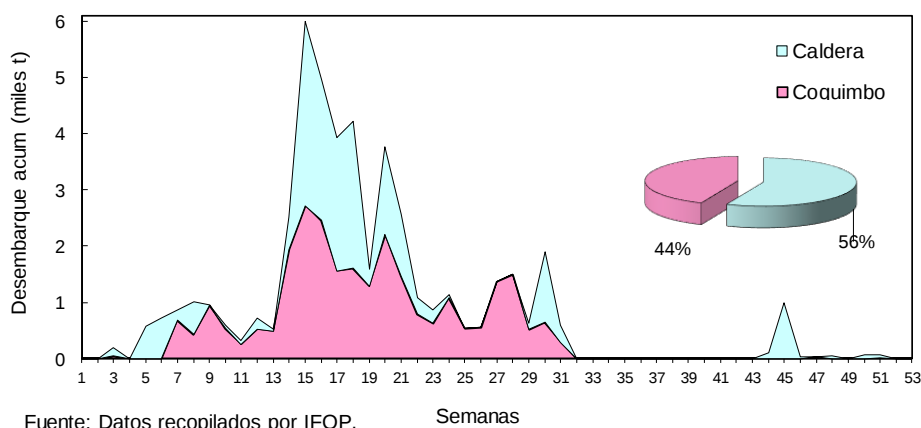


Tabla 8. Desembarques (t) mensuales de anchoveta de la flota cerquera en la zona centro norte, por puerto. Año 2021.

PUERTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
CALDERA	0	9	0	0	75	17	3	0	0	3	43	67	218
COQUIMBO	24	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	27
CALDERA - COQUIMBO	24	9	0	0	76	17	5	0	0	3	43	67	245

Fuente: datos recopilados por IFOP.

En Caldera y Coquimbo el desembarque promedio semanal fue de 600 y 710 t, respectivamente, cifra menor comparada con el 2020 en el primer puerto y similar en el segundo. En el primer puerto los desembarques máximos se observaron de la semana 15 a la 18 concentrando en este período el 53%, con un desembarque máximo de 3,3 mil t. En Coquimbo los desembarques de anchoveta se focalizaron entre la semana 14 y 21, destacando desembarques máximos de 2,7 mil t (**Figura 10**).



Fuente: Datos recopilados por IFOP.

Figura 10. Desembarques semanales de anchoveta extraída por la flota cerquera, por puerto. Año 2021.

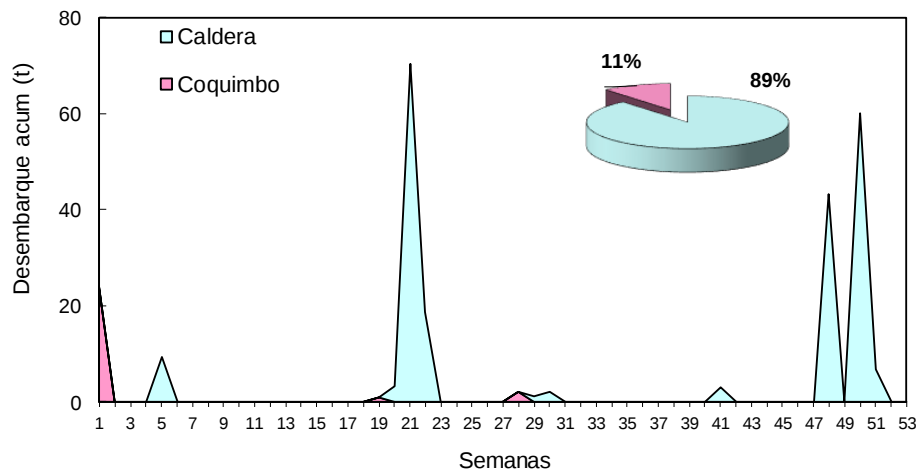
Desembarque sardina española

En la zona centro norte los desembarques de sardina española fueron de 245 t menor respecto a las 596 t y 879 t del 2020 y 2019, respectivamente (**Tabla 9**). Los desembarques semanales son fluctuantes y escasos concentrándose el 89% en el puerto de Caldera y con un volumen máximo de 70 t, en cambio en el puerto de Coquimbo el desembarque semanal fue más bajo no superó las 24 t (**Figura 11**).

**Tabla 9.** Desembarques (t) mensuales de sardina española de la flota cerquera en la zona centro norte, por puerto. Año 2021.

PUERTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
CALDERA		9			75	17	3		0	3	43	67	218
COQUIMBO	24				1		2						27
CALDERA - COQUIMBO	24	9	0	0	76	17	5	0	0	3	43	67	245

Fuente: datos recopilados por IFOP.



Fuente: Datos recopilados por IFOP.

Figura 11. Desembarques semanales de sardina española extraída por la flota cerquera total, por puerto. Año, 2021.

4.2 Objetivo específico 2.2.2. Caracterizar y analizar las capturas y/o desembarques de las especies objetivo, a través de la estimación de indicadores y sus variaciones espacio-temporales, así como los factores determinantes de su desempeño.

Se entrega un análisis de la evolución de los principales indicadores de captura, esfuerzo y rendimientos de pesca que caracterizan la actividad extractiva desarrollada sobre la anchoveta y sardina española en la zona centro norte en el período enero-diciembre 2021 y se realiza una comparación con igual período del 2020 y la serie histórica reciente. Por otra parte, se entregan los indicadores biológicos relevantes, como son la composición de talla-edad y los índices reproductivos, conjuntamente con analizar los cambios en las condiciones oceanográficas imperantes en la zona. Además, se presentan los resultados de los monitoreos de desove y de reclutamiento de la anchoveta.

4.2.1 Condiciones ambientales en el Pacífico ecuatorial

En el período 2015-22 para la región ecuatorial, los eventos ENOS declarados, según lo informado por NOAA en sus boletines (https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/) (Figura 12), fueron un evento cálido El Niño de intensidad fuerte entre 2015-16, seguido de un evento frío La Niña de carácter

débil desde fines de 2017 a comienzos de 2018, posteriormente, hasta julio de 2020 la condición ecuatorial se mantuvo neutral. Entre agosto de 2020 y marzo de 2021, se decretó un evento La Niña, seguido de un breve período neutral, desde septiembre de 2021 se declaró un nuevo evento frío la Niña, el que a marzo de 2022 aún se encontraba en desarrollo

El índice Ecuatorial MEIV2, ha permanecido negativo con valores superiores a 0,7 (absoluto) desde el bimestre mayo-junio de 2020 hasta al menos febrero-marzo de 2022, con máximos negativos entre junio y noviembre de 2021 ($> -1,34$). En el océano Pacífico ecuatorial, esto se reflejó en valores negativos $>0,5^{\circ}\text{C}$ (absoluto) en las ATSM de la región central (Niño_{3.4}) desde agosto de 2020 a abril de 2021 y desde octubre a abril de 2022 ($>-0,7^{\circ}\text{C}$), entre mayo y septiembre de 2021 las ATSM de esta región se debilitaron a valores negativos cercanos a cero. En la región oriental (Niño₁₊₂) en tanto, ATSM negativas mayores a $0,5^{\circ}\text{C}$ (absoluto) se registraron entre junio de 2020 y mayo 2021, seguido de un período con valores menores (cercanos a cero) entre junio y octubre. Otro período de ATSM negativas mayores a 5°C (absoluto) se ha desarrollado desde noviembre y al menos hasta abril de 2022, con máximos negativos en diciembre 2021 ($-1,53^{\circ}\text{C}$), febrero ($-1,43^{\circ}\text{C}$) y abril de 2022 ($-1,42^{\circ}\text{C}$) (Figura 12).

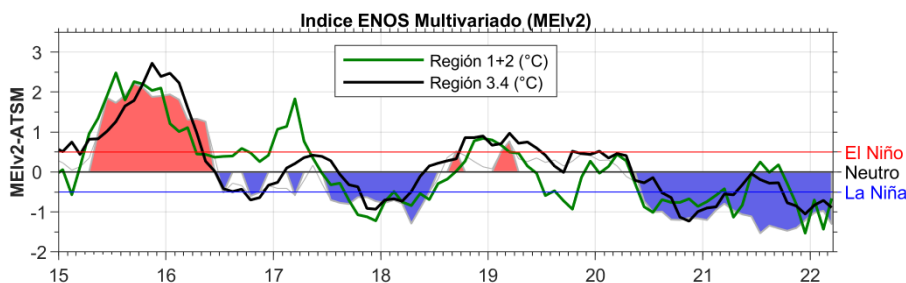


Figura 12. Series de tiempo para el período enero 2015-marzo 2022 del índice ecuatorial ENOS (MEIV2) y las ATSM ($^{\circ}\text{C}$) de las regiones Niño₁₊₂ (verde) y Niño_{3.4} (negro).

4.2.2 Condiciones ambientales locales durante 2021

En la zona centro-norte de Chile (25°S - 33°S) una tendencia decreciente de la temperatura comenzó en mayo 2020 (Figura 13 b y c), a lo que se sumó el efecto del evento La Niña 2020-21 que se reflejó en débiles ATSM negativas entre septiembre y octubre 2020. En diciembre 2020 la subzona norte (25°S a 29°S) localmente presentó ATSM positivas $>0,5^{\circ}\text{C}$, mientras que en la subzona sur 29°S - 33°S estas fueron negativas. Sin embargo, en enero y febrero de 2021 toda la zona mostró ATSM negativas, con mayor intensidad en la subzona sur $\sim 1^{\circ}\text{C}$ (absoluto). Desde marzo a mayo la tendencia fue positiva con un máximo en los dos últimos meses (cercanos a $+1^{\circ}\text{C}$). Desde junio a septiembre los valores de ATSM fueron cercanos a cero y entre octubre y noviembre la tendencia en las anomalías fue negativa, sin embargo, en diciembre al igual que en el periodo anterior (diciembre 2020), y solo por un mes, predominaron ATSM positivas. El efecto más intenso del evento La Niña 2021-22 en la zona se observó a comienzos de 2022, cuando toda la zona presentó ATSM negativas, especialmente en la zona costera.



Los diagramas latitud v/s tiempo mostraron un débil efecto de La Niña 2020-21 en la zona, con máximos relativos entre 0,5° y 1°C (absoluto) al sur de los 30°S (**Figura 13 d y e**). En el trimestre marzo-mayo dominaron ATSM >0,5°C. Entre junio y septiembre toda la zona estuvo bajo una condición neutral con ATSM cercanas a cero (en el rango $\pm 0,5^\circ\text{C}$). La niña 2020-21 tuvo un efecto débil a finales de 2020, 0°C a -0,5°C, intensificándose en enero en el sector costero hasta valores de -2°C al norte de 27°C y al sur de 31°S. En la serie 2015-22, en la zona han predominado los efectos de los períodos cálidos ecuatoriales, mientras que las condiciones frías ecuatoriales han producido ATSM negativas débiles y de corto periodo (tres meses), siendo el de mayor intensidad el observado a comienzos de 2022.

La concentración mensual promedio de clorofila-a satelital, registró un aumento sostenido en las concentraciones del pigmento en los últimos tres años (**Figura 14 a**). En relación a lo anterior, la zona al sur de 29°S ha presentado entre 2021 y 2022 las mayores concentraciones, promedio anual, de la serie 2015-22. En esta serie, el principal foco recurrente de altas concentraciones se ubicó en el sistema de bahías de Coquimbo con concentraciones entre 5-10 mg/m³, seguido por el área entre los 32°S y 33°S y en menor intensidad aquella entre 25°S y 26°S (**Figura 14 b**). Se destacan las altas concentraciones a comienzo de 2022, con focos >5 mg/m³ presentes en gran parte de la zona, lo que es poco usual para la época y la zona.

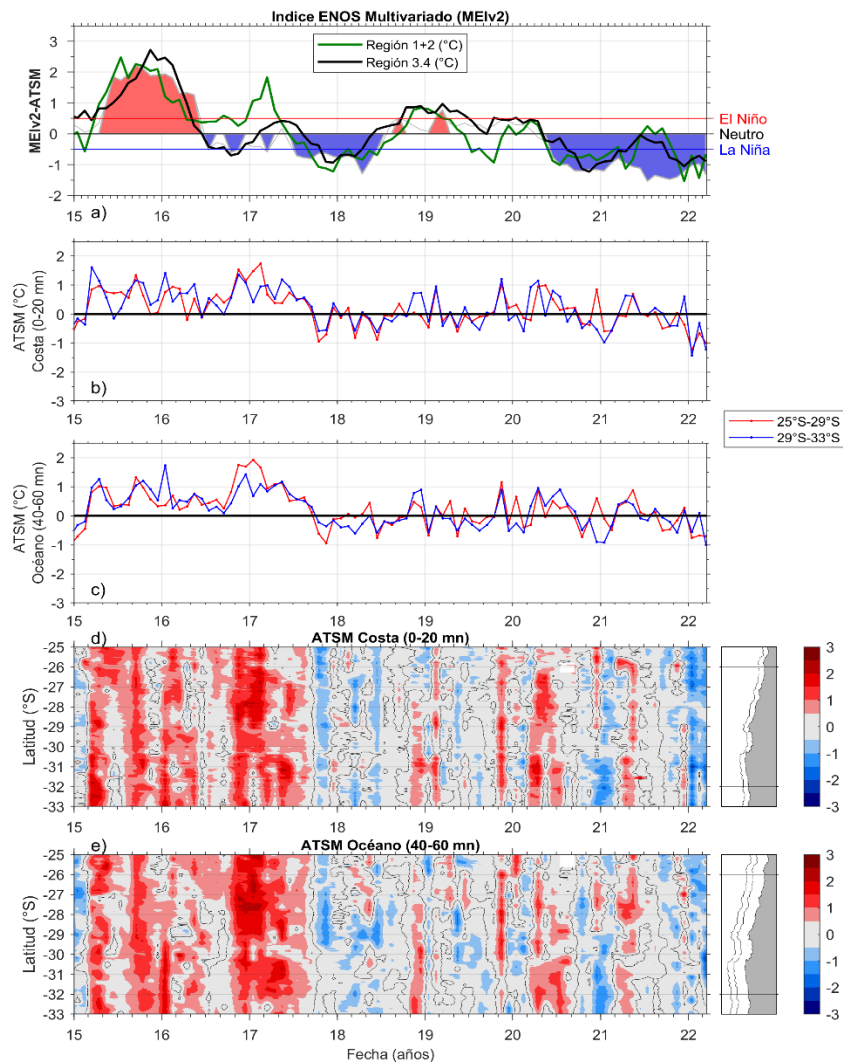


Figura 13. Series de tiempo del período enero 2015 – marzo 2022 de: a) MEI y ATSM en las regiones Niño₁₊₂ (verde) y Niño_{3,4} (negro). Definición de: El Niño (línea roja) >0,5; La Niña (línea azul) <-0,5; neutral (línea negra). Series de tiempo en el período enero 2014-marzo 2021 del promedio de ATSM (°C) en el área norte (25°-29°S, línea roja) y área sur (29°-33°S, línea azul), en los sectores: b) costero, y c) oceánico. Diagramas Hovmöller de ATSM del área total (25°-33°S), en los sectores: d) costero y e) oceánico.

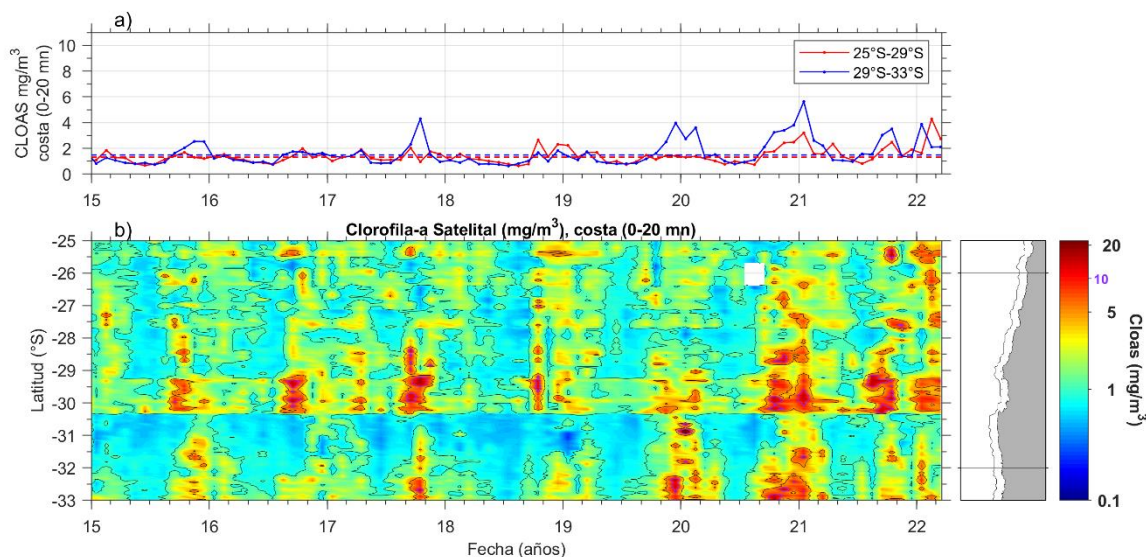


Figura 14. Serie de tiempo de clorofila-a del período enero 2015-marzo 2022 en el área norte (25°-29°S, línea roja) y área sur (29°-33°S, línea azul) y b) diagramas Hovmöller de clorofila-a del área total (25°-33°S) en la costa.

Condiciones locales obtenidas de cruceros e imágenes satelitales

En el mes de enero 2021 la condición ecuatorial y local en la zona centro norte de Chile (25°S-33°S) fue fría, principalmente fuera de la costa ($>73^{\circ}\text{W}$) (**Figura 15**). En la costa, al norte de 27°S , un cuerpo de agua con TSM $>20^{\circ}\text{C}$ implicó ATSM neutras $\leq 0,5^{\circ}\text{C}$ mientras que, en el resto de la zona predominaron ATSM negativas de 1°C (absoluto). El viento, con dirección del sur, favorable a la surgencia tuvo intensidades débiles en la costa ($<5\text{ m/s}$; $<20\text{ mn}$) aumentando a moderado hacia el sector oceánico, $>8\text{ m/s}$ en el extremo sur occidental de la zona ($>30^{\circ}\text{S}$). Se sabe que la estrecha plataforma continental y la fuerte pendiente orográfica a lo largo de la costa en el norte y centro de Chile facilitan la ocurrencia de vientos favorables a la surgencia durante todo el año, con pulsos cuasi-semanales asociados con perturbaciones atmosféricas atrapadas a la costa (“bajas costeras”) (Rutllant & Montecino, 2002). Los vientos a pesar de tener una componente favorable a la surgencia todo el año, muestran una clara variabilidad estacional con componentes anuales y semestrales. El pico máximo del esfuerzo del viento a lo largo de la costa ocurre en primavera, el segundo aumento es en otoño y el mínimo en invierno (Bravo et al., 2016).

La concentración de clorofila-a en enero mostró altos valores en toda la zona y principalmente en el sistema de bahías de Coquimbo ($>10\text{ mg/m}^3$). Entre los 74°W y 76°W una intensa corriente geostrofica de meandro ($>20\text{ cm/s}$) con dirección norte coincidió con focos oceánicos de concentraciones de clorofila $>0,5\text{ mg/m}^3$, mientras que a la altura de Coquimbo un filamento del pigmento $>1\text{ mg/m}^3$ coincidió con un giro en sentido horario, 28°S - 30°S , que extendió estas concentraciones hasta 73°W .

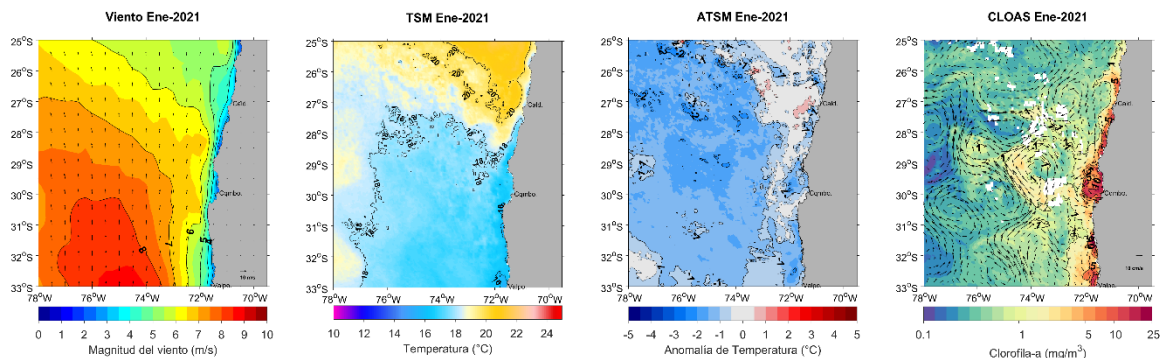


Figura 15. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta del mes de enero 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

De febrero a marzo el evento La Niña se debilitó en la zona ecuatorial al igual que sus efectos a nivel local, en este sentido en febrero se debilitaron las ATSM negativas (**Figura 16**), principalmente en la costa ($<0,5^{\circ}\text{C}$, absoluto), y en marzo predominaron valores neutrales (cerca de cero), con focos positivos entre la costa y los 74°W . Los vientos también se debilitaron en relación a enero. Las concentraciones de clorofila-a descendieron notablemente en relación al mes anterior, manteniendo escasos focos $>5\text{ mg/m}^3$ dentro de las 10 mn.

El crucero de verano, realizado de mediados de febrero a mediados de marzo 2021, mostró una condición neutra a nivel local (**Figura 17**), lo que coincidió con lo informado por la Comisión Multisectorial ENFEN (Perú) para la costa sudamericana (ENFEN, 2021). En el período de muestreo los vientos dominantes fueron desde el sur, los que provocaron pulsos de surgencia cuasi-semanales (Rutlant & Montecino, 2002), sin embargo, hubo un aumento en la proporción de vientos con intensidad débil y un aumento en la proporción de calmas en relación a años previos. A pesar de esto, las distintas variables oceanográficas indicaron que la surgencia estuvo activa en gran parte de la zona, con focos más intensos entre $25^{\circ}40'\text{S}$ y $26^{\circ}40'\text{S}$, en bahía Salada ($27^{\circ}40'\text{S}$), en caleta Peña Blanca ($26^{\circ}40'\text{S}$) y entre $30^{\circ}30'\text{S}$ y 31°S . Los datos de crucero también indicaron (variables no mostradas) que la profundidad del límite superior de la capa de mínimo oxígeno disuelto (LSZMO) estuvo en general menos profundo, la termoclina estuvo debilitada y la capa de mezcla presentó los menores espesores de los últimos cinco años, esto implicaría una compactación del hábitat de la anchoveta hacia la superficie y probablemente una débil estabilidad de la columna. La clorofila-a satelital mostró que el último período de primavera-verano 2020-21 ha sido el más productivo de la serie 2014-21, bloom que terminó entre febrero-marzo de 2021, por tanto, al momento del muestreo realizado a fines de febrero-comienzos de marzo, las concentraciones del pigmento en profundidad fueron altas para la época.

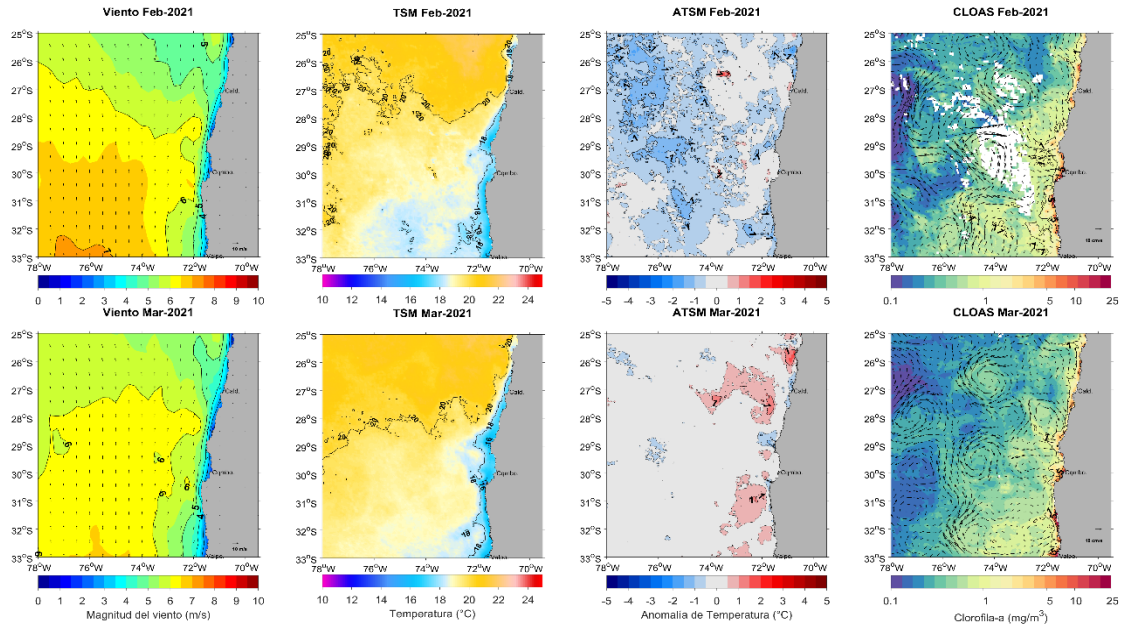


Figura 16. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de febrero y marzo 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

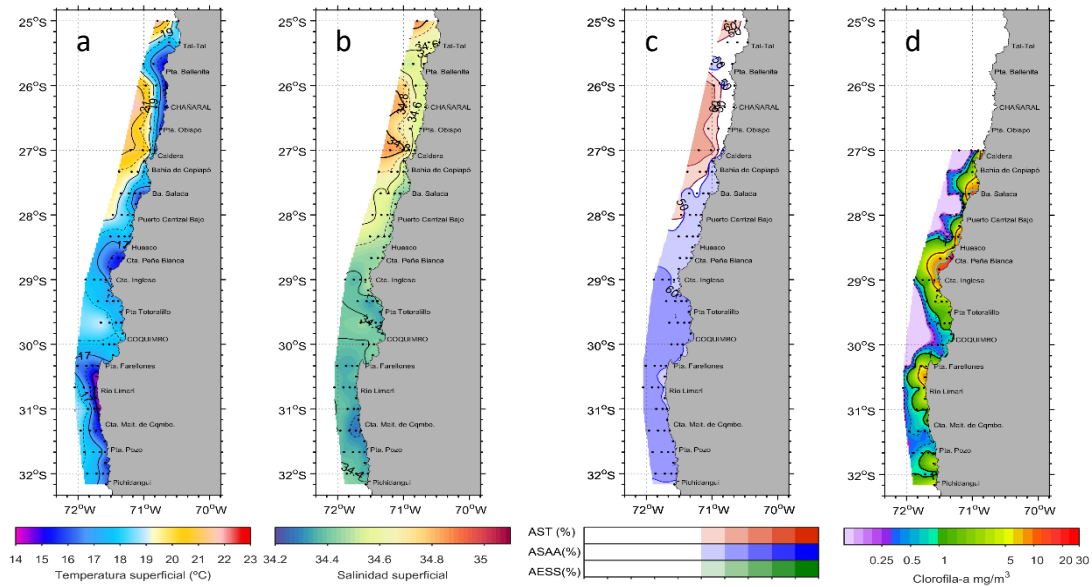


Figura 17. Distribución superficial de: a) temperatura (°C), b) salinidad, e) porcentaje de participación de masa de agua (PPMA) superiores al 50% del tipo de agua: Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y d) clorofila-a (CLOAS, µg/L). Crucero febrero-marzo 2021.

El crucero de abril 2021 se realizó, durante condiciones neutrales en la región ecuatorial. A nivel local (**Figura 18**), dominaron focos de ATSM positivas ($>0,5^{\circ}\text{C}$), en la costa desde 27°S al sur, por tanto, la zona estuvo bajo una condición oceánica neutral, con tendencia cálida en la costa. Los vientos moderados ($\leq 6\text{ m/s}$) fueron favorables a la surgencia y los datos de crucero fueron consistentes con procesos de surgencia en la zona costera, con baja temperatura ($<17^{\circ}\text{C}$) y mayor densidad, y un ascenso de las isolíneas de las distintas variables en todas las transectas, lo que fue más intenso en el área del sistema de bahías de Coquimbo y en Valparaíso con predominio de Agua Subantártica (ASAA) en el agua surgente (**Figura 19**).

En cuanto a la concentración promedio de clorofila-a, la información satelital del área de estudio de 25°S a 29°S , señala que en abril tuvo el mayor valor, en relación a igual mes de años anteriores, y mayor que el registrado en el área sur entre 28°S a 33°S . En el área sur, previo al crucero, se destacó la primavera-verano 2020-21 como la más productiva de la serie 2015-20, quedando de ésta un remanente en el área de Valparaíso al momento de crucero (**Figura 18**). Por otra parte, la actividad de mesoescala contribuyó al secuestro del pigmento hacia el sector oceánico, principalmente al sur de los 25°S , expandiendo concentraciones $\sim 0,5\text{ mg/m}^3$ incluso fuera de los 75°W .

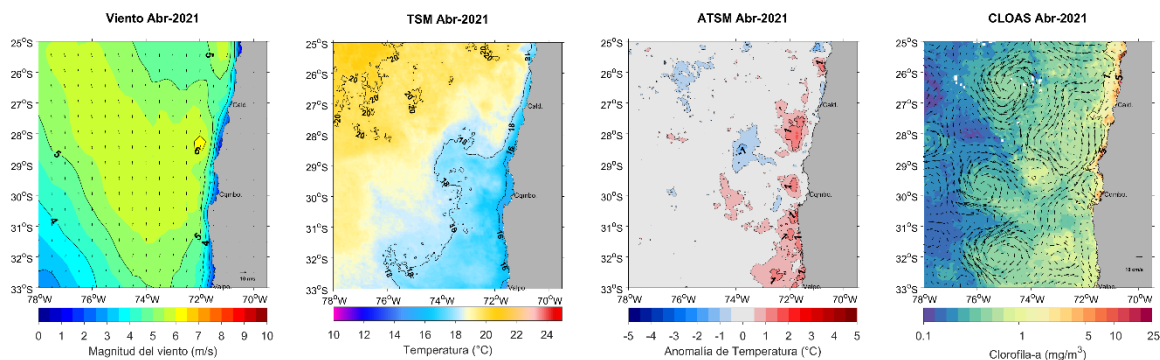


Figura 18. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta del mes de abril 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

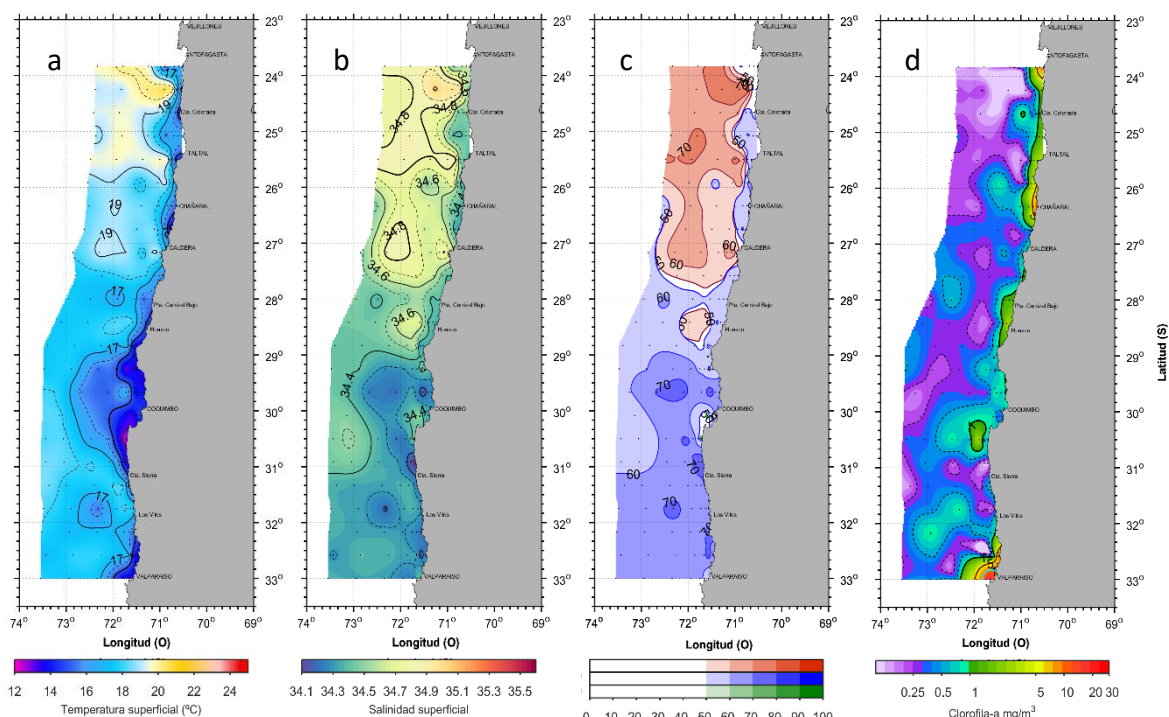


Figura 19. Distribución superficial de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) porcentajes de participación (PPMA >50%) de las masas de agua: Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial subsuperficial (AEES) y d) clorofila-a ($\mu\text{g/L}$). Crucero abril 2021.

Entre los meses de mayo y julio de 2021, en el Pacífico ecuatorial las condiciones ENOS permanecieron neutrales. A nivel local el campo de vientos mostró una dirección predominante desde el sur con intensidades débiles principalmente en junio (**Figura 20**), en julio fuera de la costa los vientos se intensificaron a moderados con máximos de 7 m/s. La TSM disminuyó $\sim 1^{\circ}\text{C}$ por mes con un predominio de ATSM positivas en el sector costero al norte de Coquimbo en mayo, condición cálida con focos de $+1^{\circ}\text{C}$, en tanto que, en el sector oceánico y en los dos meses siguientes predominaron ATSM cercanas a cero, lo que reflejó una condición neutral. Las concentraciones de clorofila-a fueron bajas, manteniendo focos $>5 \text{ mg/m}^3$ dentro de las 5 mn en el área del sistema de bahías de Coquimbo, principalmente en julio. Las corrientes geostróficas mostraron numerosas estructuras de mesoescala con velocidades $>20 \text{ cm/s}$ fuera de 74°W , en la costa destacó un giro anticiclónico al interior del sistema de bahías de Coquimbo en mayo y junio.

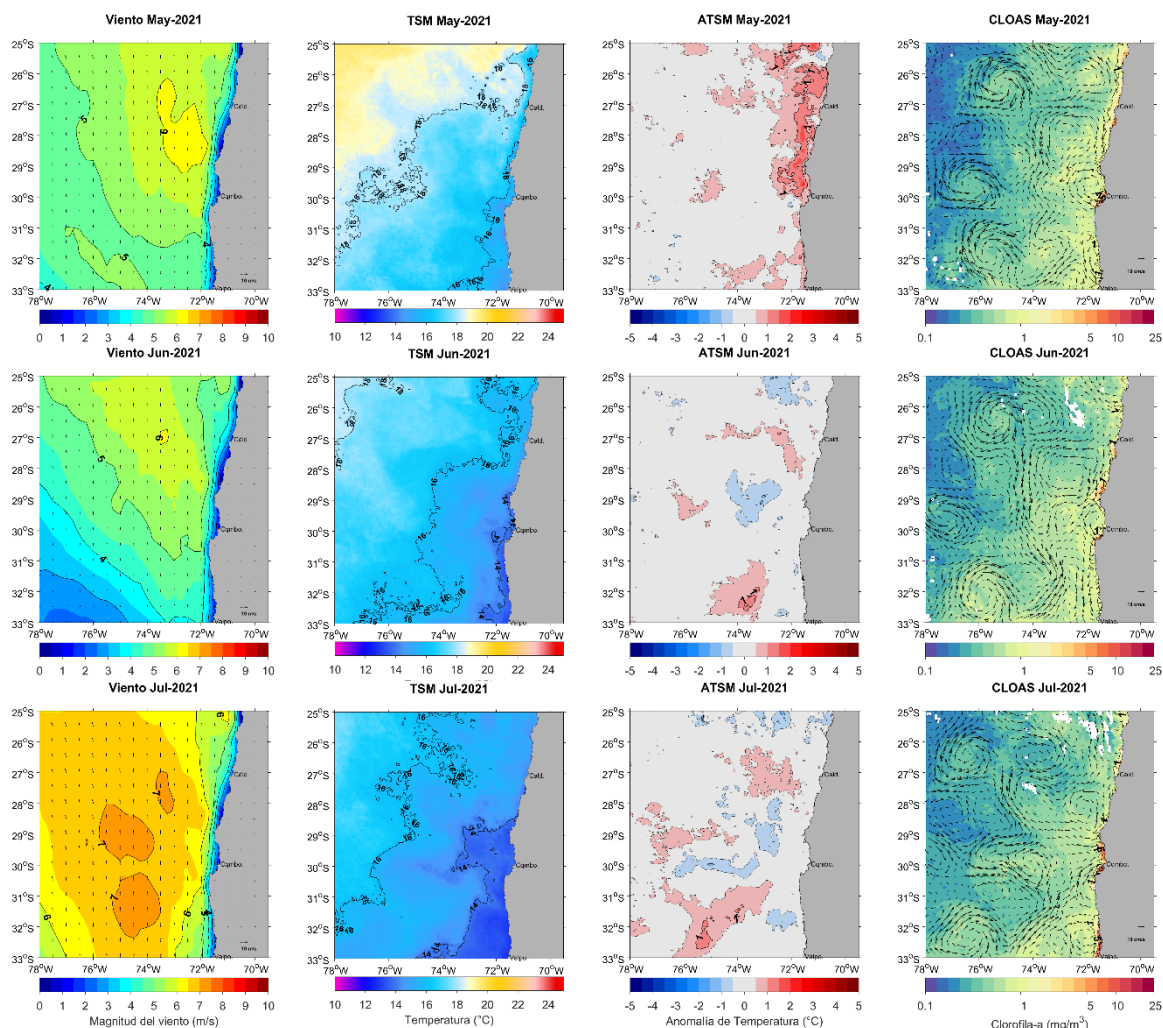


Figura 20. Distribuci3n superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomala de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulaci3n geostr3fica superpuesta de los meses de mayo, junio y julio de 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

En el mes de agosto de 2021 la zona ecuatorial el sistema oceano-atm3sfera reflej3 un ENSO-neutral, pero tendiendo hacia La Niña, mientras que, a nivel local, la zona se mantuvo una condici3n neutra (ATSM cercanas a cero) con TSM costeras $\pm 14^{\circ}\text{C}$ (**Figura 21**). En septiembre en tanto, se decret3 el inicio de una condici3n fría La Niña en la zona ecuatorial (**Figura 12**) y a nivel local, aunque predominaron las anomalías neutrales, aument3 la presencia de focos negativos en el sector costero al norte de Caldera, $>0,5^{\circ}\text{C}$ (absoluto) (**Figura 21**). El viento se debilit3 de julio a agosto con m3nimos $<4\text{ m/s}$ al sur de 31°S y m3ximos $>6\text{ m/s}$ al norte de 29°S , mientras que en septiembre aument3 la magnitud entre 1 y 2 m/s, con un m3ximo $>8\text{ m/s}$ entre 26°S - 29°S en torno a 73°W . Las concentraciones mensuales de clorofila-a mostraron en agosto, un aumento en relaci3n al trimestre previo al interior del sistema de bahías de Coquimbo, con focos de $>10\text{ mg/m}^3$, los que en el mes de



septiembre ampliaron su distribución meridional hacia el norte. En septiembre, toda la costa mostró una banda $>1 \text{ mg/m}^3$, con extensiones hacia el oeste de 60 mn en ambos extremos de la bahía y entre 32°S y 33°S asociadas a corrientes geostróficas $\geq 10 \text{ cm/s}$ y giros ciclónicos y anticiclónicos cercanos a la zona costera.

El crucero de agosto-septiembre de 2021 se realizó, luego de una condición neutra breve e inicio de una condición fría La Niña en la zona ecuatorial. A nivel local, aunque hubo un debilitamiento de los vientos en agosto, la surgencia estuvo presente en gran parte de la zona, con un predominio de la masa de agua tipo ASAA en el agua surgente (**Figura 22**). Esta masa tuvo una mayor presencia en relación a los tres años anteriores, en desmedro del AESS, sin embargo, la concentración de clorofila-a dio cuenta de altas concentraciones durante la primavera 2020-21, con máximos en el sistema de bahías de Coquimbo, similar a lo visto en el crucero de 2020, siendo estos dos años, los más productivos del período 2014-21. De acuerdo a lo anterior este año, en relación a los tres años anteriores, el agua estuvo menos salina, entre 0,1 y 0,3 con una reducida presencia del núcleo asociado a la masa de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) (salinidades de $\sim 34,8$) a nivel subsuperficial, lo que influyó en que las aguas estuvieran menos densas (entre 0,1 y $0,4 \text{ kg/m}^3$). Sin embargo, la temperatura de la capa de los primeros 100 m estuvo similar al muestreo del año 2020, y estos dos años han mostrado un aumento de $0,1^\circ\text{C}$ en relación a los años 2018 y 2019.

Adicionalmente, la información complementaria, en cuanto al oxígeno disuelto (variable no mostrada), indicó para este año, que las aguas de los primeros 30 m estuvieron más oxigenadas, lo que estuvo asociado a una profundización de la zona de mínimo oxígeno, en relación a los tres años anteriores (2018, 2019 y 2020) (figura no mostrada), lo que sería positivo para la sobrevivencia de los primeros estadíos de la anchoveta (Claramunt *et al.*, 2022).

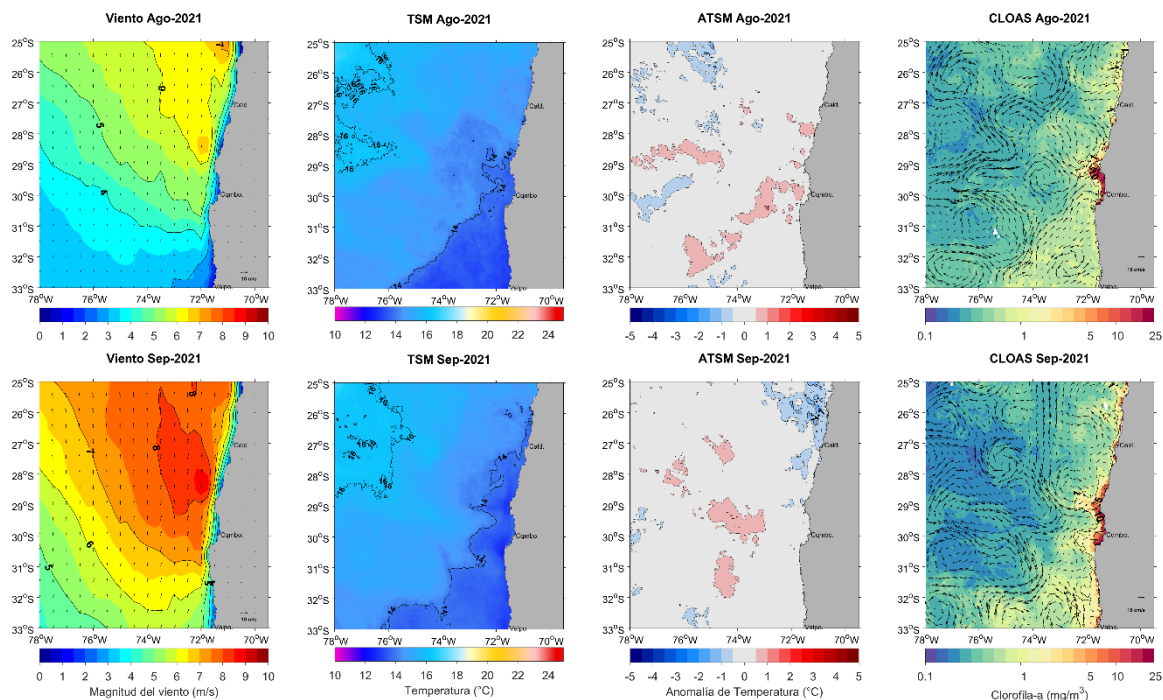


Figura 21. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de agosto y septiembre de 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

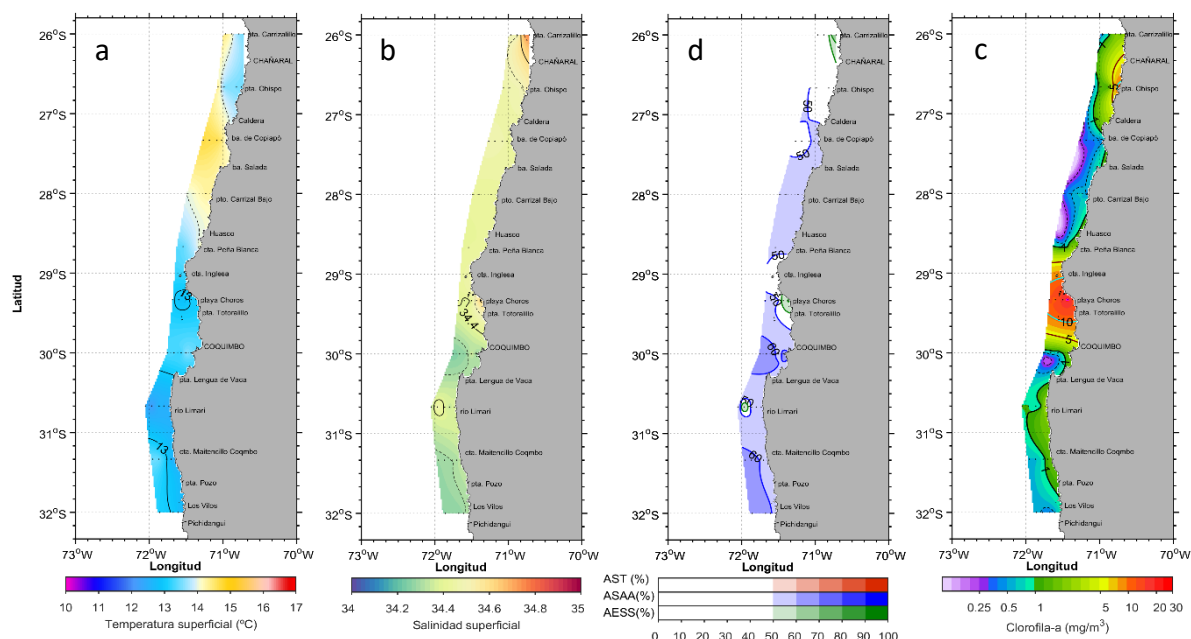


Figura 22. Distribución superficial de: a) temperatura (°C), b) salinidad, c) porcentaje de participación de masa de agua (PPMA) superiores al 50% de agua: Subtropical (AST), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y d) clorofila-a ($\mu\text{g/L}$). Crucero septiembre-octubre 2021.

Entre los meses de octubre a diciembre de 2021, en el Pacífico ecuatorial continuó la condición de ENOS-fría La Niña. A nivel local, al inicio de este trimestre se fortaleció la cobertura de vientos 6-8 m/s, para debilitarse hacia noviembre y diciembre a intensidades ≤ 5 m/s entre la costa y 73°W (Figura 23). De octubre a diciembre la TSM aumentó 2°C , apareciendo al final del período un foco $>18^\circ\text{C}$ al norte de 28°S . En cuanto a las ATSM, aumentó la cobertura de valores negativos $>0,5^\circ\text{C}$ (absoluto), principalmente en el sector oceánico con máximos de 1°C (absoluto) en noviembre y diciembre. En la costa, por el contrario, en noviembre focos de ATSM positivas $>0,5^\circ\text{C}$ estuvieron presentes al norte de 26°S , los que aumentaron su cobertura en diciembre, abarcando gran parte de la zona costera, lo que se tradujo en promedios positivos para el sector oceánico y para la costa al sur de 29°S . En cuanto a la distribución de las concentraciones de clorofila-a en octubre aumentó la frecuencia de focos $>10 \text{ mg/m}^3$, correspondiendo al máximo de primavera, en noviembre y diciembre disminuyó la frecuencia y las concentraciones de los focos productivos a 5 mg/m^3 en diciembre. En noviembre reapareció un giro anticiclónico al interior de la bahía de Coquimbo, el que intensificó su corriente a $>20 \text{ cm/s}$ en diciembre.

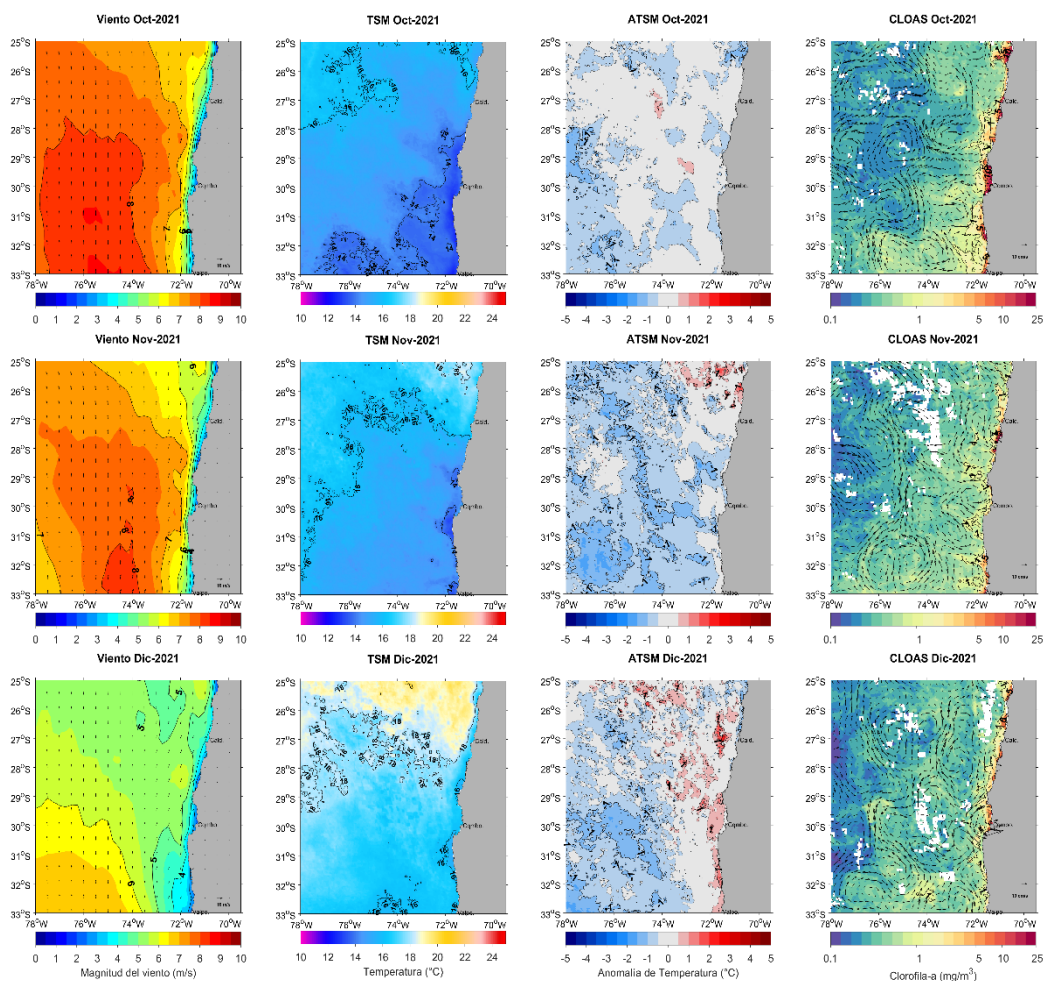


Figura 23. Distribuci3n superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomala de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulaci3n geostr3fica superpuesta de los meses de octubre, noviembre y diciembre 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

4.2.2 Indicadores del desempe1o de la pesquería centro norte

Para la zona centro norte de Chile, la pesquería se centra principalmente sobre anchoveta, jurel, caballa y sardina española. Se identifican tres períodos: i) 1980-1992, con predominio de sardina destacando una mayor participaci3n de jurel los últimos cinco años de este periodo, alcanzando una captura total de 377 mil t en 1990 siendo el valor más alto en este período ii) 1993-2001 se observó una captura máxima total de 440 mil t coincidiendo con el registro histórico de anchoveta de 275 mil t en 1995, especie que mostr3 un repunte a partir de 1986 y iii) 2002-2021 las capturas disminuyen sin superar las 140 mil t, sustentadas principalmente por anchoveta y jurel (**Figura 24**, panel superior). Se destaca una leve tendencia a aumentar en las capturas desde el 2017 asociado con una mayor presencia y disponibilidad de anchoveta y jurel-caballa los últimos tres años Esta pesquería presenta

variaciones operacionales con cambios en la participación de la flota, entre 1980 y 2000 mostró predominio de la flota industrial, 2001-2012 la actividad se desarrolló principalmente por la flota artesanal, en tanto entre 2013-2021, la actividad es netamente artesanal (**Figura 25**). No obstante, es importante señalar que los rendimientos altos que se observan de la flota industrial en el período 2002-2021 se asocia con el desplazamiento de embarcaciones industriales que ingresan desde la región del Bio Bio a pescar en la zona de Coquimbo, principalmente jurel.

En la zona centro norte la proporción de anchoveta es menor en comparación con la zona norte. La contribución representa en el último período (2002-2021) en promedio un 45%, con mayor relevancia de jurel-caballa en algunos años (**Figura 24**, panel inferior).

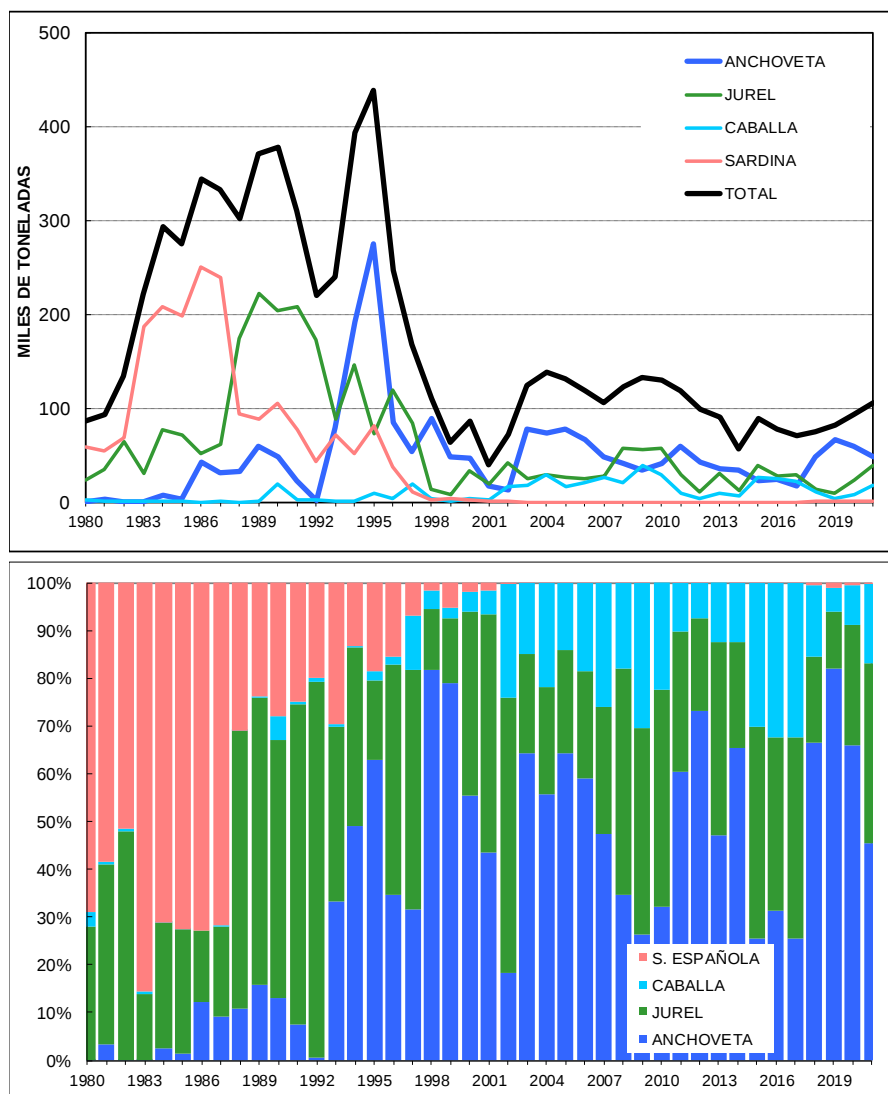


Figura 24. Evolución de las capturas por especies en la zona centro norte (panel superior) y la proporción de especies (panel inferior), 1980-2021.

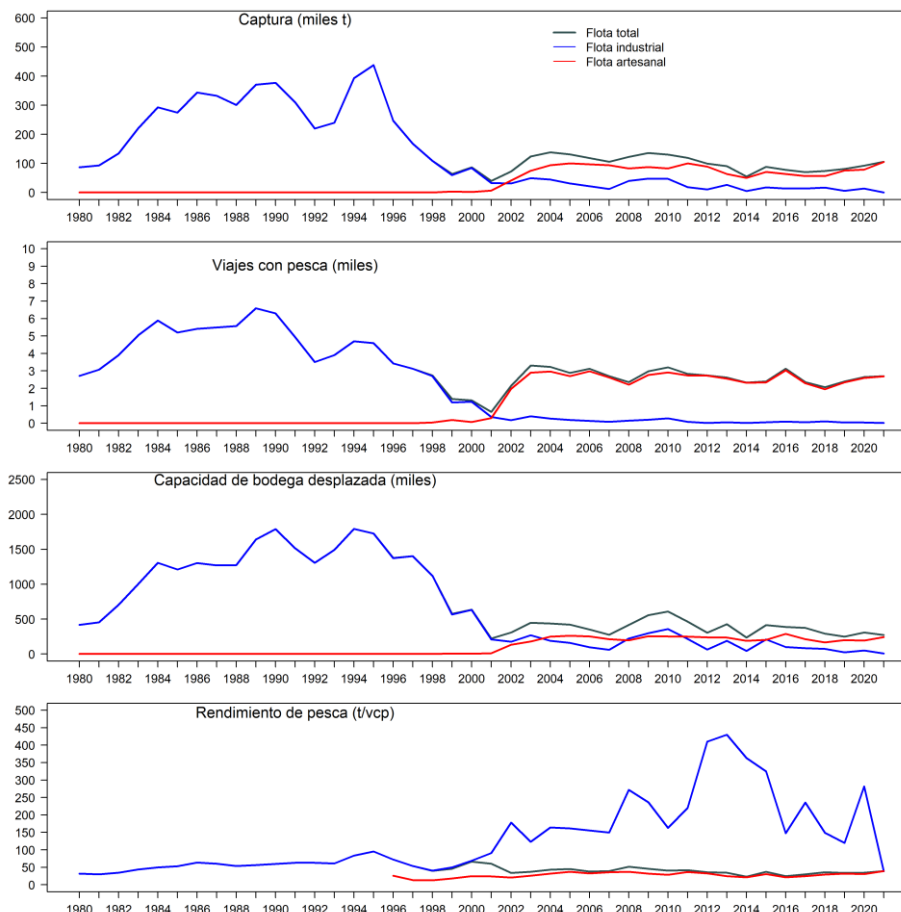


Figura 25. Principales indicadores operacionales de la pesquería en la zona centro norte por flota y total entre 1980 y 2021.

4.2.3 Recurso anchoveta

1) Capturas

En términos de capturas para la zona centro norte se identifican tres períodos: i) 1980-2000, con un predominio de la flota industrial, destacando un máximo de captura el año 1995 de 275 mil t, cifra más alta observada en el desarrollo de la pesquería; ii) 2001-2012, período en que la actividad se desarrolla principalmente por la flota artesanal y la captura promedio alcanza las 50 mil t y iii) 2013-2021, actividad artesanal con un promedio en torno a las 40 mil t, destacando para el año 2017 una disminución en la captura a 17 mil t, siendo éste el más bajo observado en los últimos quince años (**Figura 26**). Entre 2018 y 2021 la actividad presenta una recuperación relativa asociada con capturas de ejemplares juveniles, alcanzando un promedio de 56 mil t.

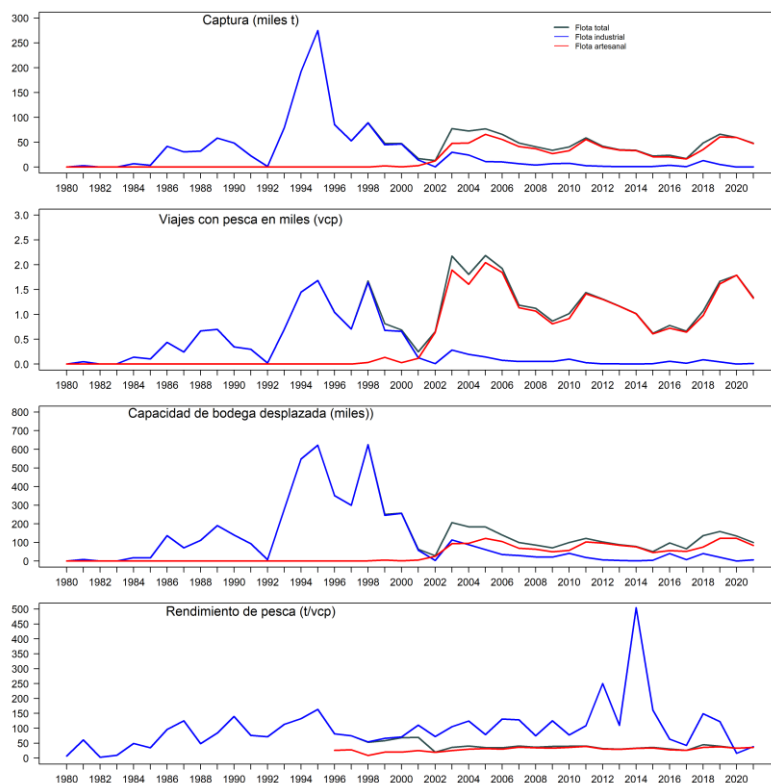


Figura 26. Principales indicadores operacionales de la pesquería de anchoveta en la zona centro norte por flota y total entre 1980 y 2021.

En la zona centro norte (Caldera-Coquimbo) el aporte de la flota industrial es <2% del total registrado en la zona de Arica-Coquimbo. Estas capturas corresponden principalmente al desplazamiento de la flota industrial de la zona norte que opera en el área norte de Caldera. Las capturas industriales en esta zona presentan entre 2001 y 2007 un promedio por sobre 13 mil t, cifra que se reduce sustancialmente del 2008 al 2017 a solo 4 mil t, destacando entre 2018 y 2019 capturas promedio de 9 mil t, en tanto los últimos dos años estas solo alcanzan las 200 t (**Figura 27 a y b**).

Las capturas de la flota artesanal en la zona centro-norte en la serie 2001-2021, registró dos periodos, el primero entre 2001 y 2009 con capturas máximas de 65 mil t el año 2005, un segundo periodo del 2010 al 2017 destacando menores capturas en relación al periodo anterior con un máximo de 56 mil t el 2011. Posteriormente, se observó una baja alcanzando las 17 mil t el año 2017 para aumentar los últimos tres años hasta las 58 mil t (**Figura 27c**).

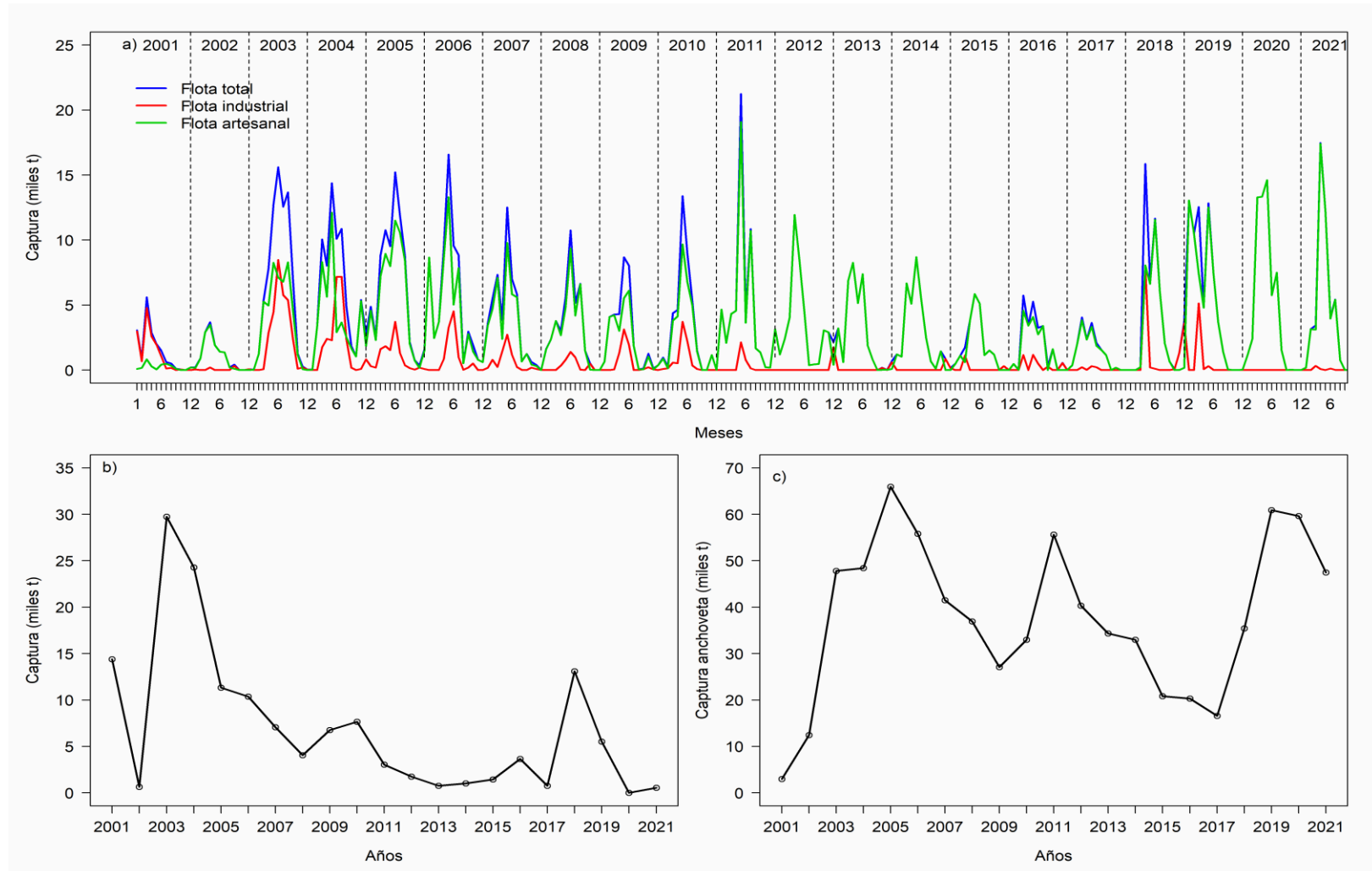


Figura 27. Evolución de las capturas de anchoveta en la zona centro norte en el período 2001-2021. a) Capturas mensuales por flota. b) capturas anuales de la flota industrial y c) capturas anuales de la flota artesanal.

2) Distribución espacial de las capturas

La distribución de las capturas en la zona centro norte entre los años 2000 y 2021, presentó áreas históricas de concentración, como resultado del accionar costero y cercano al puerto base de las embarcaciones del sector artesanal, las que entregan bajos volúmenes mensuales, registrando capturas en la parte norte de Caldera debido al desplazamiento del recurso desde la zona Arica-Antofagasta, como consecuencia de un calentamiento intenso y extenso en la zona ecuatorial y norte de Chile. En la zona norte de Caldera entre 24° y 25° de latitud se registran mayores capturas en algunos períodos como fue el año 2001 y 2002 reportando escasos volúmenes hasta 2015 donde se observa un aumento de las capturas en esta zona en los años 2016 y 2018 con 15 y 26%, respectivamente (**Figura 28 y Tabla 10**). Si bien, los años 2010 y 2021 mostraron un importante número de viajes hacia la parte norte de Caldera, en términos de captura no superan el 4%. En la zona, la anchoveta se distribuye entre la costa y las 20 millas antes del 2000, posteriormente las capturas se concentran en la franja de las primeras 10 millas, destacando la franja entre la costa y las 5 millas con un 50% de las capturas desde 2016 (**Figura 29 y Tabla 10**). En términos generales, la operación extractiva sobre la anchoveta, tanto en la zona de Caldera como en Coquimbo, se focaliza en áreas localizadas al norte de estos puertos, siendo la operación más concentrada en la segunda zona.

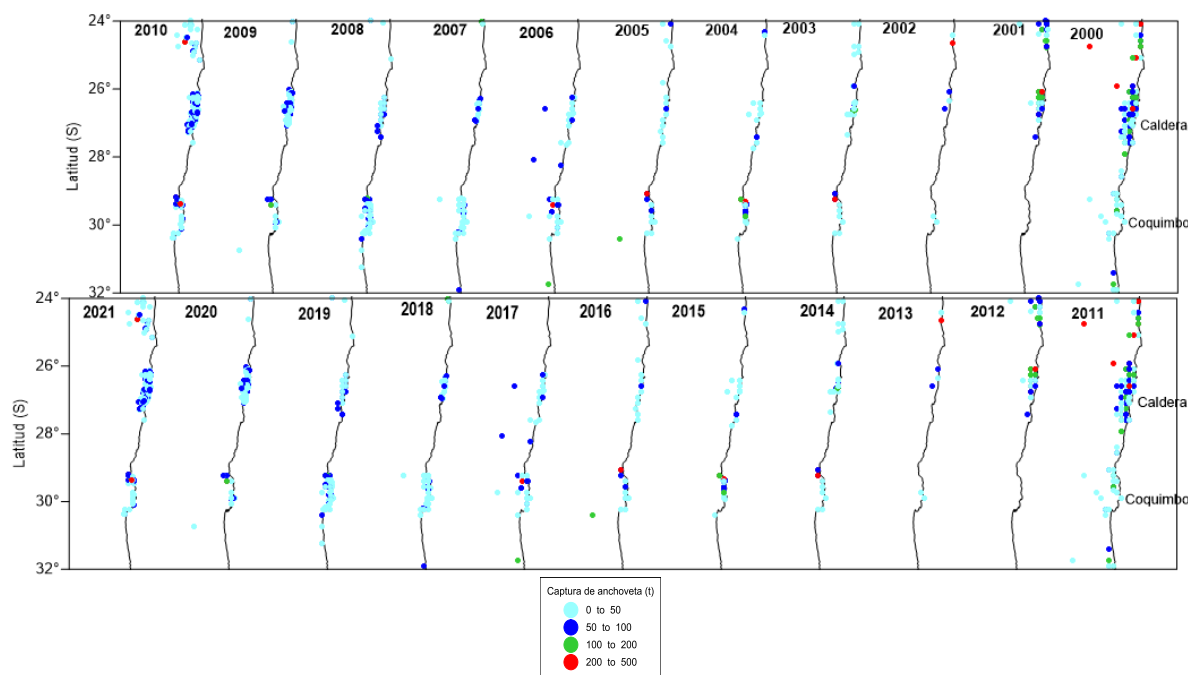


Figura 28. Distribución espacial de las capturas por viaje de anchoveta en la zona centro norte, años 2000 a 2021.

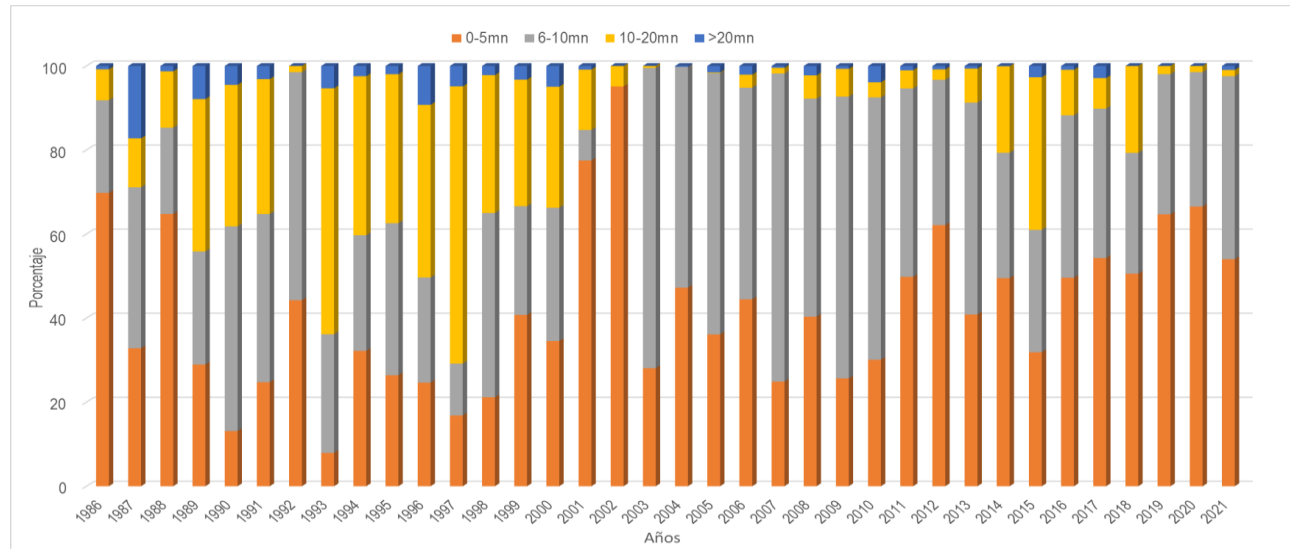


Figura 29. Evoluci3n en la proporci3n de captura de anchoveta en la zona centro norte, por distancia a la costa. Años 1986 a 2021.

Tabla 10. Porcentaje de captura de anchoveta en la zona centro norte, por rango latitudinal. Años 1986 a 2021.

	Zona centro-norte																																			
Rangos latitud	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
24°00' 24°29'	0	6	0	11	2	6	13	23	15	3	4	11	0	1	9	33	3	0	0	1	0	4	2	1	1	1	3	1	0	3	10	1	19	9	0	0
24°30' 24°59'	0	0	0	12	0	1	0	1	9	5	6	1	0	2	6	21	22	1	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	3	5	1	7	0	0	1
25°00' 25°29'	0	0	2	3	3	3	25	3	12	14	9	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	
25°30' 25°59'	3	2	1	2	14	9	0	6	14	5	7	12	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
26°00' 26°29'	1	8	0	13	20	11	0	7	8	8	20	39	16	9	13	30	8	1	4	6	2	3	5	12	35	36	17	16	14	23	39	15	32	19	30	18
26°30' 26°59'	44	15	14	15	33	15	16	20	15	10	10	18	10	6	19	15	5	12	20	7	5	5	5	3	13	22	13	11	9	11	19	8	9	17	12	11
27°00' 27°29'	25	6	9	14	21	15	34	18	12	22	11	10	5	2	7	0	0	0	15	6	0	0	2	1	6	7	17	30	10	8	18	4	8	16	8	5
27°30' 27°59'	18	14	2	4	6	22	9	17	7	14	6	2	6	3	2	0	0	0	6	8	0	0	0	0	0	1	2	8	5	4	4	1	0	4	6	8
28°00' 28°29'	0	25	0	0	1	0	0	0	1	7	6	3	4	1	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28°30' 28°59'	1	7	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29°00' 29°29'	1	3	1	1	0	1	0	2	1	3	13	0	29	25	19	0	0	67	50	56	47	61	21	56	29	13	7	5	4	3	0	3	0	7	4	24
29°30' 29°59'	2	9	46	20	1	6	1	2	2	7	6	0	17	37	13	0	62	18	5	14	16	14	43	17	5	15	15	23	36	25	3	24	11	14	26	25
30°00' 30°29'	6	7	25	5	0	10	1	2	2	1	1	0	3	7	0	0	0	0	0	2	20	12	17	8	7	5	26	6	22	18	2	40	13	14	14	7
30°30' 30°59'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31°00' 31°29'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31°30' 31°59'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	6	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Los índices espaciales muestran cambios de tendencia que podrían estar relacionados con los puntos de quiebre de productividad del sistema. El periodo entre 1986 y 2000 mostró una mayor ocupación del espacio con un índice de cobertura (IC) en torno al 15% (**Figura 30a**) y una mayor concentración con una tendencia positiva en la concentración marcado por el índice de agregación espacial (IAE) con un promedio de 0,33 (**Figura 30b**). Posterior al 2001, se observó un cambio de nivel con un mínimo de 3% en el IC promedio con una tendencia al aumento sin superar el 10%, salvo el 2021 con IC de 15%, en términos de concentración espacial esta se mantuvo en torno a 0.34 (IAE), destacando el 2019 con una baja concentración IAE de 0.24. El centro de gravedad en latitud (Cglat) se registró hasta el 2000 en torno a $27^{\circ}30'S$ y en longitud (Cglon) en torno a los $71^{\circ}W$ (**Figura 30c y d**). El Cglat mostró entre 2002 y 2009 un desplazamiento hacia Coquimbo cercano a los $29^{\circ}00'S$, en tanto entre 2010 y 2014 se registró una tendencia a desplazarse hacia el norte alcanzando los $25^{\circ}30'S$, posteriormente un desplazamiento hacia el sur alcanzando los $28^{\circ}22'S$ (**Figura 30c**). El centro de gravedad en longitud se desplaza hacia áreas más costeras a partir del año 2010 (**Figura 30d**).

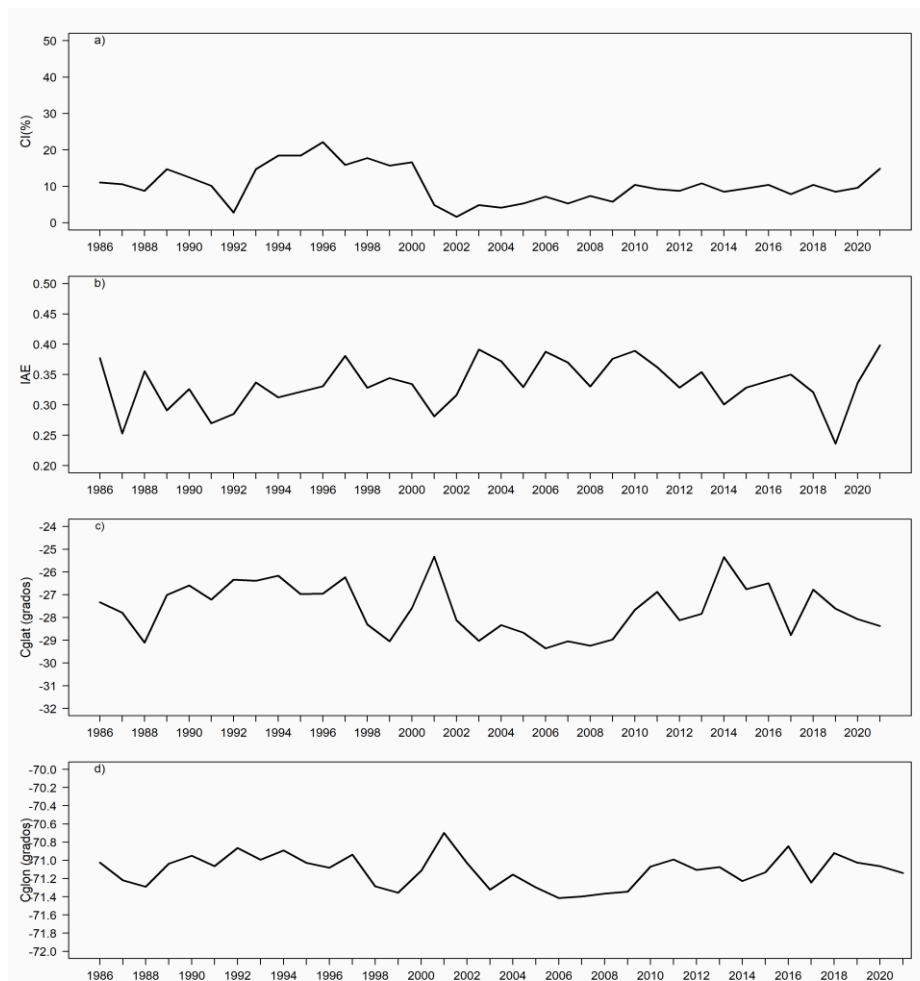


Figura 30. Indicadores espaciales para la anchoveta en la zona centro norte entre 1986 y 2021. a) Índice de cobertura (IC); b) Índice de agregación espacial (IAE); c) Centro de gravedad de las capturas en latitud y d) Centro de gravedad de las capturas en longitud.

3) Estructura de talla (Anexo 2 y 3)

La proporción por grupo de tallas para la zona centro norte muestra una menor participación de ejemplares juveniles posterior al año 2003 y hasta el 2017, destacando los últimos años una mayor incidencia de juveniles. En esta zona domina los grupos entre 12,0 y 13,5 LT y los mayores a 16,0 cm LT, a excepción del año 1998, 2002, 2003 y 2016 asociado con anomalías positivas por El Niño (**Figura 31**). Desde el año 2016 se destaca una tendencia al aumento de los ejemplares de 12,0 a 13,5 cm LT.

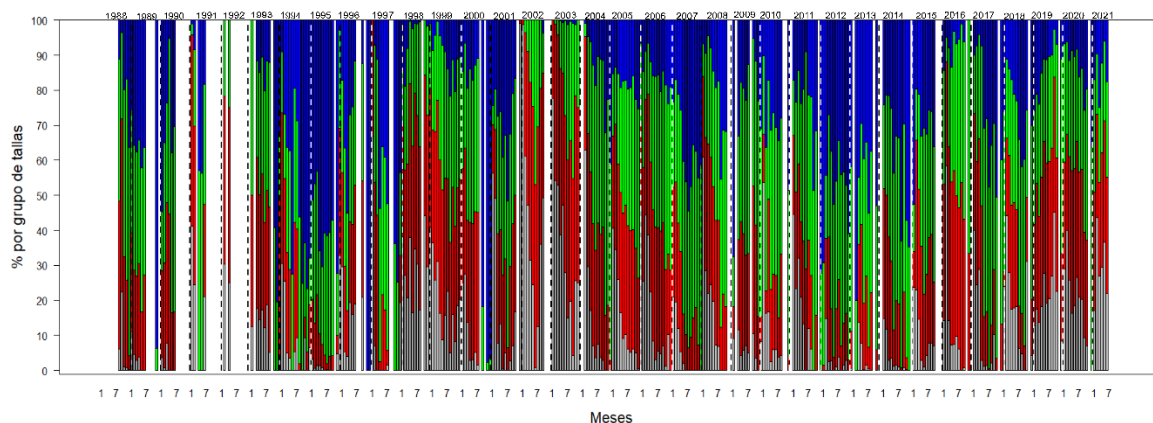


Figura 31. Proporción mensual de anchoveta en la zona centro norte, por grupo de tamaño entre 1988 y 2021. Grupo de longitud $\leq 11,5$ cm LT (gris), grupo entre 12,0 a 13,5 cm LT (rojo), grupo 14,0 a 16,0 cm LT (verde) y el grupo $>16,0$ cm LT (azul).

En la zona centro norte, la talla media presentó una tendencia decreciente desde 1994 hasta el 2002 y posteriormente una creciente hasta el 2012, alcanzando los 15,5 cm LT. Entre los años 2013 y 2021 se registró una disminución de la talla promedio alcanzando en los últimos dos años 13,0 cm LT. Se destaca un rango de talla amplio en el último periodo, con ejemplares entre 5,0 y 19,5 cm LT, registrándose la presencia de anchovetas de 5 cm LT (**Figura 32**).

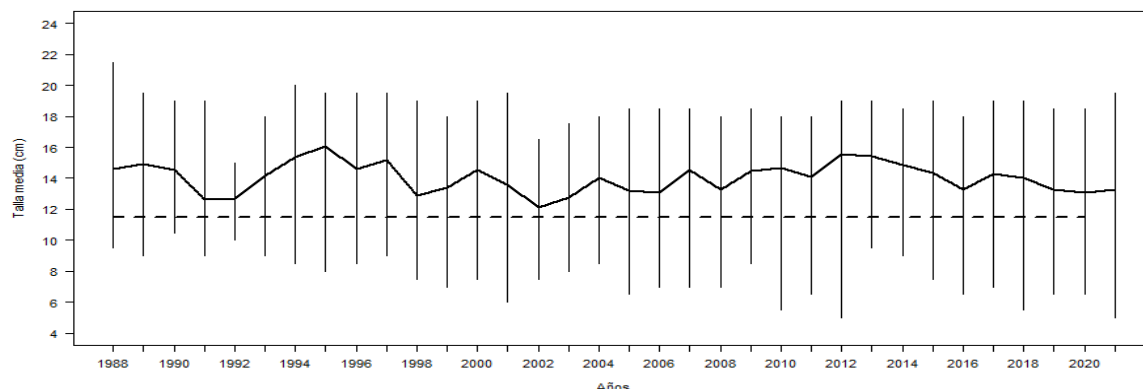
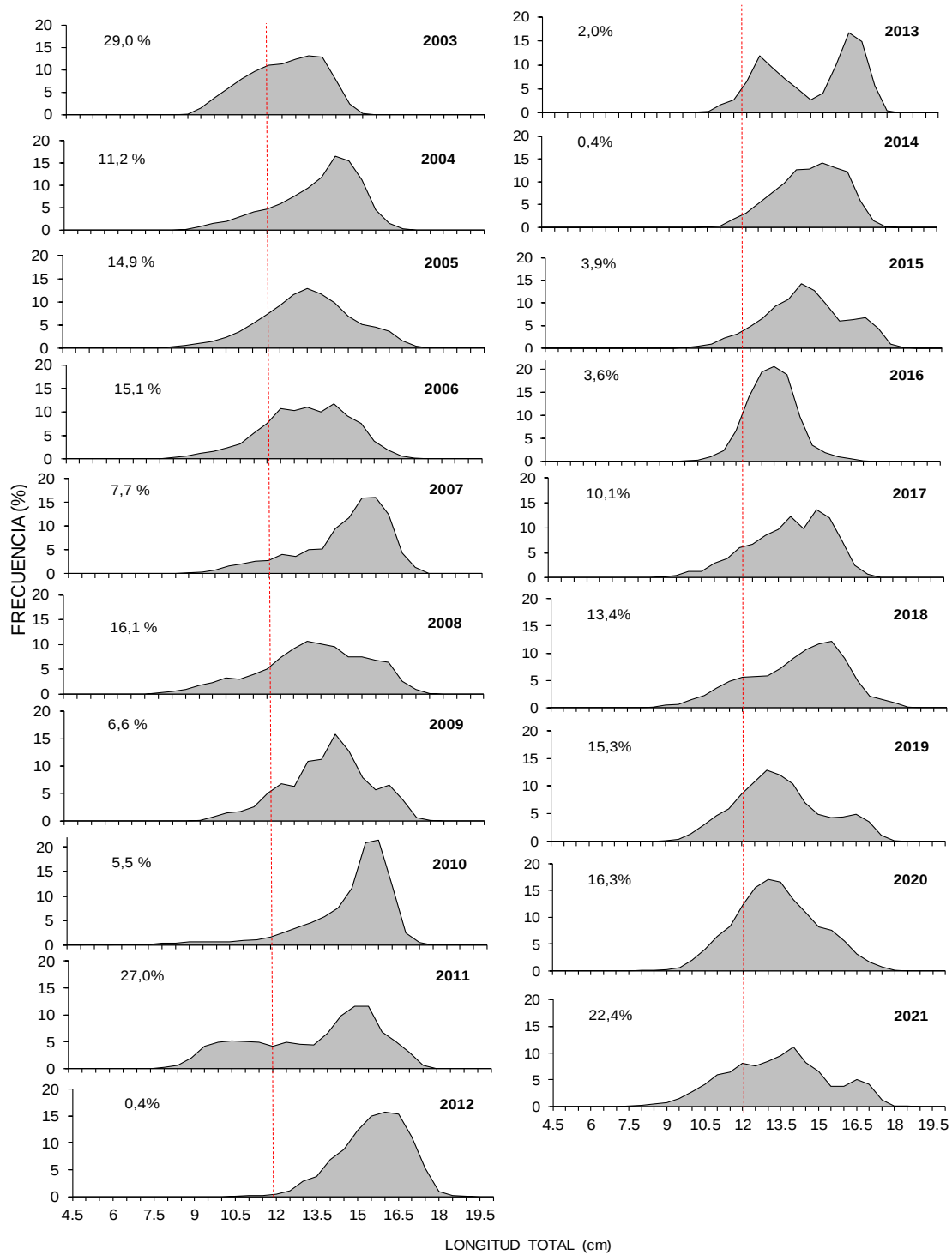


Figura 32. Talla media de anchoveta en la zona centro norte entre 1988 y 2021. Las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo de longitud anual. La línea punteada horizontal corresponde a la talla de madurez sexual.



En la zona centro norte, la serie 2003-2021 de la estructura de talla de la anchoveta presenta, en general, una distribución unimodal, conformada por ejemplares de 5,5 a 19,5 cm LT con modas que varían entre 13,0 y 16,5 cm LT (**Figura 33**). Al respecto, se observa que el rango de anchovetas de 14,0-16,5 cm LT contribuye con el mayor aporte en términos de abundancia en las capturas, con valores que fluctúan de un mínimo de 23% (año 2003) a un máximo de 79% (2010) (**Figura 31**). En el 2003, 2016, 2019, 2020 y 2021 se registró una mayor incidencia de anchovetas de 12,0 a 13,5 cm LT, rango que predominó en las capturas. Desde el 2017, se observa un aumento en el porcentaje de juveniles en las estructuras de tallas, evidenciando un desplazamiento de éstas hacia la izquierda. La moda en el último año estuvo centrada en ejemplares de 14,0 y 16,5 m LT (**Figura 31 y Figura 33**).

La anchoveta de la zona de Caldera presentó una estructura de tallas bimodal conformada por ejemplares entre 7,0 y 17,5 cm LT, con moda en 12,0 y 14,0 cm y 13% de incidencia de juveniles, en tanto en Coquimbo la estructura de tallas (rango entre 5,0 y 19,5 cm LT) fue multimodal con moda principal en 16,5, 11,0 y 13,5 cm LT, con 29,5% de juveniles (**Figura 34**). Los dos últimos años 2020 y 2021, ambas zonas mostraron ingresos de ejemplares con tallas modales menores a 11,5 cm LT evidenciando una progresión modal, la primera en enero y otra entre junio y julio, sin embargo, en la zona de Caldera no es clara la progresión modal (**Figura 34 y Figura 35**). La zona centro norte presentó una estructura multimodal con un rango entre 5,0 y 19,5 cm, con modas principal en los 14,0 cm (11%), en 12,0 cm (8%), y 16,5 cm (5%) con un 22 % de incidencia de juveniles (**Figura 34**).



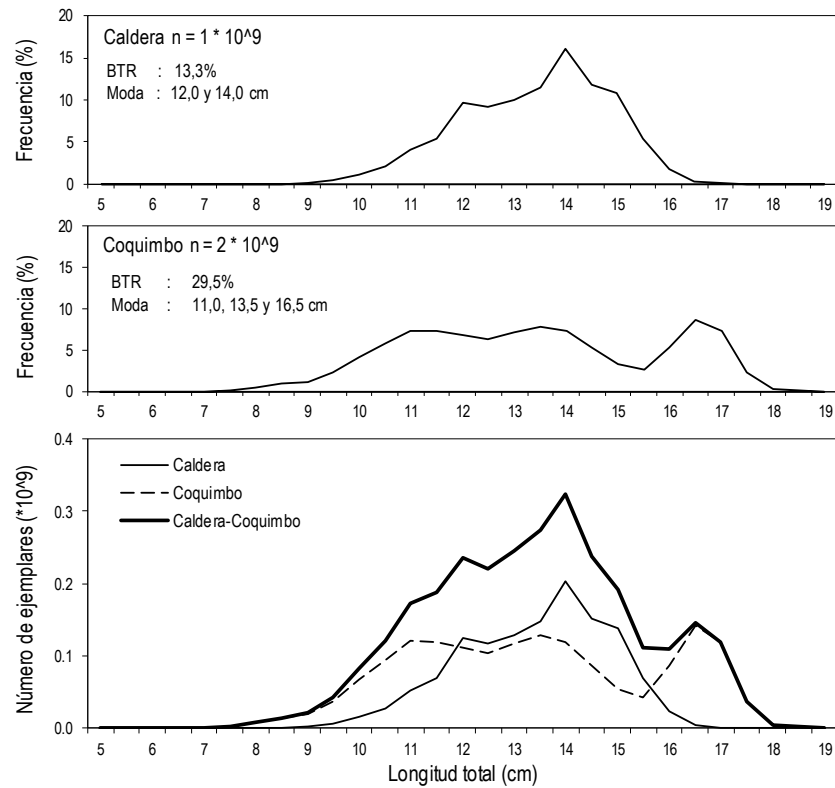


Figura 34. Captura en número de anchoveta en la zona centro norte, por tallas. Flota total, año 2021.

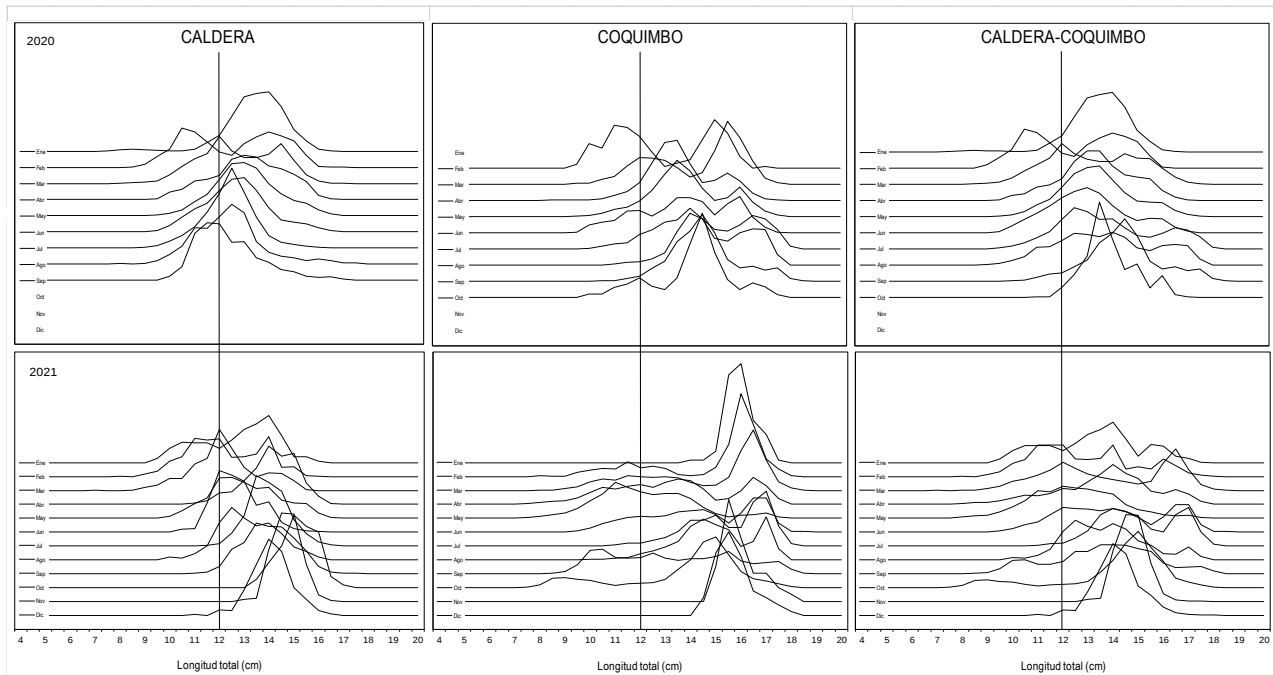


Figura 35. Distribución de frecuencias de longitudes en las capturas de anchoveta en la zona centro norte. Flota total, años 2020 y 2021.

4) Estructura de edad

Para estimar las claves edad-talla del año biológico 2020-2021 se analizaron 1231 otolitos provenientes de las zonas ubicadas entre Caldera y Coquimbo. De este total para la zona de Caldera se analizaron 538 (44%) y para Coquimbo 693 (56%). El tercer y cuarto trimestre de 2021 para la zona Caldera-Coquimbo se analizó un total de 748 otolitos (**Anexo 4A**).

La estructura de edad de Caldera presentó una distribución del GE 0 al IV, siendo el GE I el que concentró la mayor captura en número con un 70%, seguido del GE II con un 21%. Este año la fracción del GE 0 (10%) debido a que la estructura corresponde a la asignación biológica (en que la fecha de cumpleaños es el 1 de julio) y no calendario como en años anteriores. En este caso el GE 0 podría ser considerado como la fracción recluta equivalente a 129 millones de ejemplares. De este total de reclutas el mayor número se registró el primer trimestre 2021 con 73 millones de ejemplares. Caldera presentó con respecto al año anterior una disminución de 284 millones de reclutas (**Anexo 5**). En Coquimbo, se aprecia una amplitud del GE 0 al IV, siendo el GE I el de mayor captura con un 42%, seguido del GE II con un 24%. La captura de reclutas (GE 0) correspondió a 478 millones de ejemplares, de los cuales 442 millones (92%) se capturaron el segundo trimestre de 2021. En relación con el año anterior, la captura de reclutas en Coquimbo aumento en 335 millones de ejemplares (**Anexo 5**).



La Macrozona Caldera–Coquimbo present3 una amplitud de grupos de edad entre el GE 0 y IV. En esta distribuci3n el GE I sostiene las capturas con un 54%, seguido del GE II con 23%. El reclutamiento total (GE 0) correspondi3 a 607 millones de ejemplares (**Anexo 5**). Esta Macrozona estuvo sustentada por los peces nacidos en a3o anterior (GE I), aunque present3 un aumento del reclutamiento en 107 millones de ejemplares, respecto de lo registrado el a3o anterior (**Figura 36**).

La Macrozona Caldera–Coquimbo durante el tercer trimestre del 2021 present3 una distribuci3n de grupos de edad entre el GE I y IV, donde el GE I fue predominante con 51%. El cuarto trimestre la captura se distribuy3 entre el GE 0 y III, con una mayor concentraci3n en el GE II (82%) (**Anexo 5**).

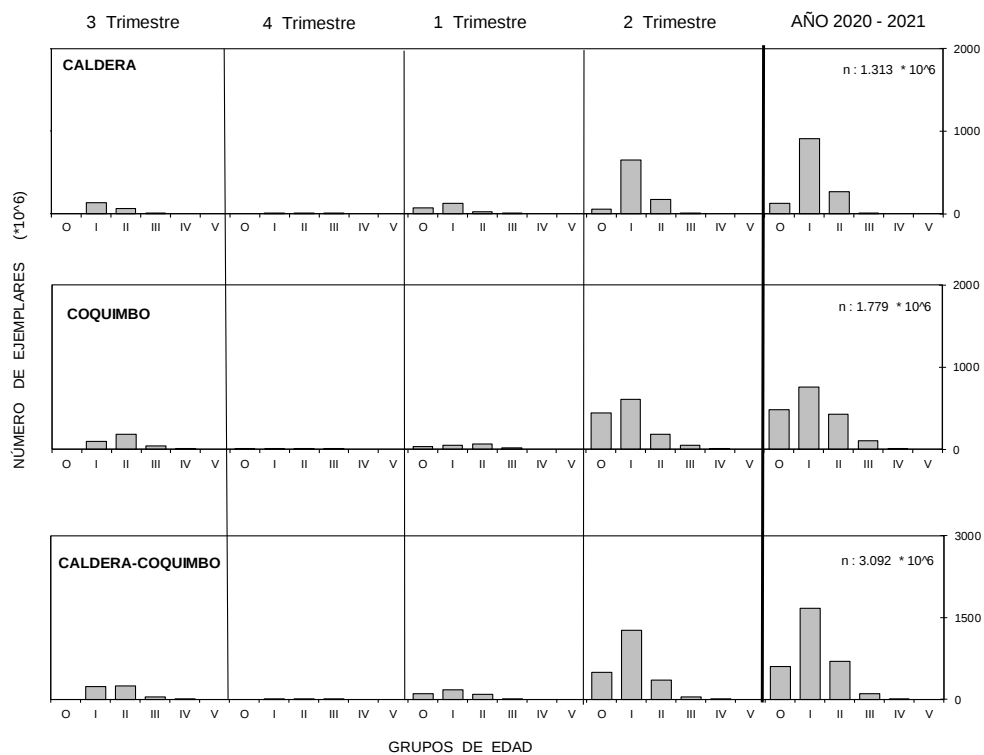


Figura 36. Número de ejemplares, por grupo de edad biológica, en las capturas trimestrales y anuales de anchoveta en la zona centro norte, año biológico 2020-2021.

5) Aspectos reproductivos

Para el seguimiento del proceso reproductivo en la zona de Caldera y Coquimbo se analizaron 6.695 hembras, de las cuales se examinaron histológicamente 4.001 ovarios.

Durante el año 2021, el comportamiento del IGS en Caldera mostró un descenso en la actividad reproductiva durante las primeras semanas de enero con valores inferiores a 6%, finalizando con ello el evento reproductivo del año 2020, y dando inicio a la fase de reposo o menor actividad reproductiva durante el periodo estival hasta fines de otoño, acorde a la tendencia de la serie promedio (2002-2020). En el periodo invernal y según la serie promedio el inicio de la actividad reproductiva durante el 2021 fue abrupto durante la semana 30 (julio) cuando el indicador alcanzó un valor sobre el 6% de IGS, contrario a lo reportado en los eventos de los años 2018 y 2020 cuando el inicio se registro en agosto. Los valores máximos de IGS (9%) se registraron en septiembre (semana 35) y concordante con la serie promedio del indicador, cuando la mayor actividad reproductiva de la anchoveta en la zona se produce en el periodo de fines de invierno y primavera. No se registran datos durante las semanas 45 a la 49 debido principalmente debido a mal tiempo, bajo ambiente de pesca y cambio de red para el recurso jurel. Sin embargo, se logró recopilar datos durante la semana 50 observando una tendecia a disminuir en la intensidad reproductiva (IGS) hacia el periodo estival (**Figura 37** y **Figura 38**) (**Anexo 6**).

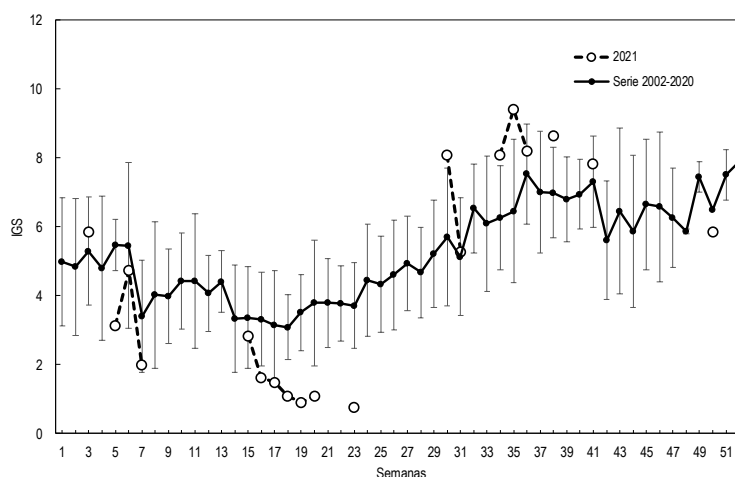


Figura 37. Variación semanal del índice gonadosomático de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

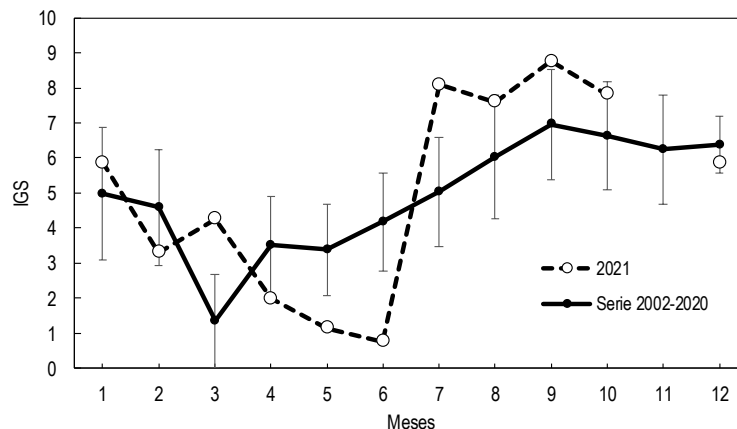


Figura 38. Variación mensual del índice gonadosomático de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

En la zona de Coquimbo el comportamiento del IGS durante el año 2021 presentó valores inferiores a 6% durante la temporada de verano, salvo la semana 5 que registro la ultima alza del indicador, finalizando el evento reproductivo del año 2020, los valores continuaron bajos hasta la segunda semana de julio, periodo cuando la actividad reproductiva es de menor intensidad. Los valores de $IGS \geq 6\%$ se registraron a partir de la semana 28 (julio) cinco semanas antes que lo observado el año 2020. Los valores máximos de IGS sobre 8% se observaron durante los meses de agosto y septiembre, acorde al periodo de mayor intensidad reproductiva de la especie. Los últimos registros de IGS fueron de la pesca comercial durante las semanas 47 y 51, registrando valores altos durante el periodo de verano (Figura 39 y Figura 40).

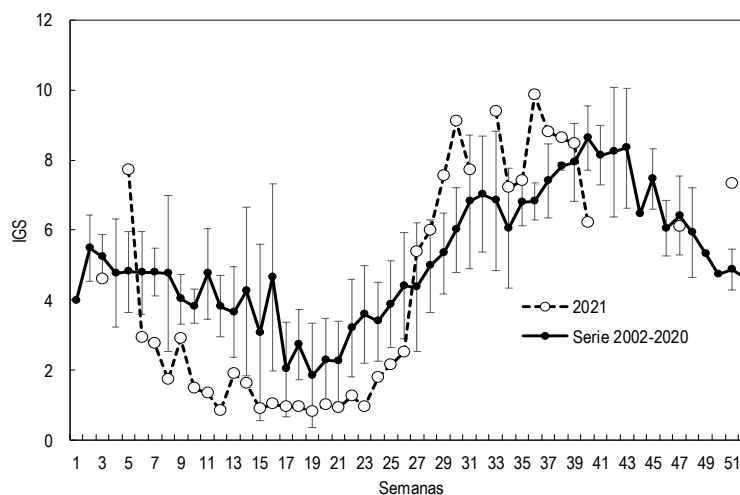


Figura 39. Variación semanal del índice gonadosomático de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

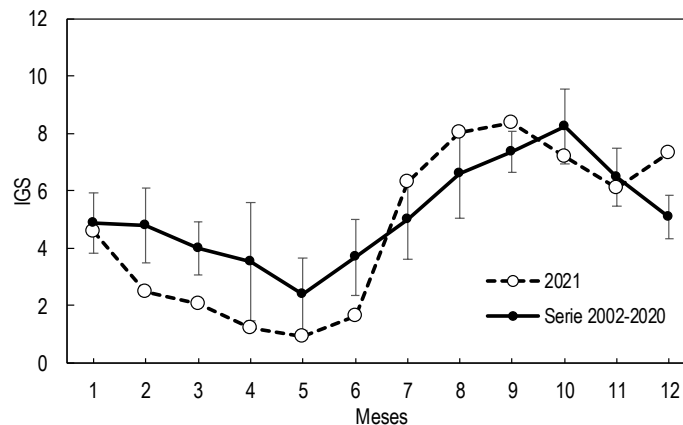


Figura 40. Variación mensual del índice gonadosomático de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

Proporción de Hembras Activas (PHA)

En la zona de Caldera el comportamiento del indicador PHA durante el año 2021 presentó una mayor actividad reproductiva desde mediados de enero hasta febrero con valores sobre el 50%. El periodo de menor actividad de las hembras por debajo del 50% de actividad reproductiva, se observó en los meses de otoño, acorde a la serie promedio (2002-2020). El inicio del evento reproductivo del año 2021 se detectó a partir la semana 30 (julio) cuando el indicador alcanzó valores sobre el 50% de PHA con registros máximos (>90%) entre fines de julio y diciembre donde se dispuso de información. Comparando la actividad reproductiva de las hembras en esta zona en los últimos años (2018 a 2020) esta presentó un retraso de al menos 4 semanas en el inicio del evento reproductivo (**Figura 41** y **Figura 42**).

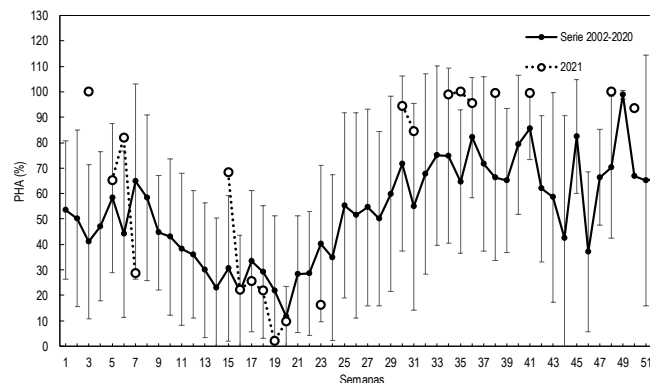


Figura 41. Variación semanal de la proporción de hembras activas de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

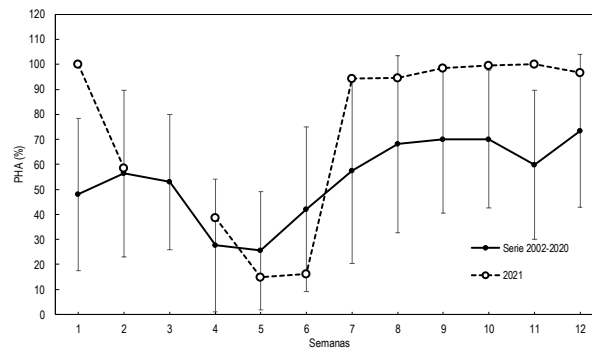


Figura 42. Variación mensual de la proporción de hembras activas de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

Durante el año 2021 la tendencia del indicador PHA en Coquimbo se observó con valores sobre el 50% hasta la semana 7. El evento reproductivo del año 2020 concluyó la semana 8 con valores inferiores al 50%, los meses de reposo o menor actividad reproductiva, se reportó en los meses de otoño y acorde a la serie promedio (2002-2020). Los valores sobre el 50% de PHA y el alza de la actividad en las hembras se detectó a partir de la semana 27 (julio) comenzando el evento reproductivo del año 2021. Los valores máximos del indicador (> 90%) se registraron entre julio y octubre. La actividad se mantuvo alta durante el mes de diciembre sin evidencias del término del evento reproductivo. El inicio del evento reproductivo del año 2021 y comparado se produjo entre 1 y 4 semana antes con respecto a los años 2020 y 2019, mostrando valores sobre 50% de PHA (Figura 43 y Figura 44).

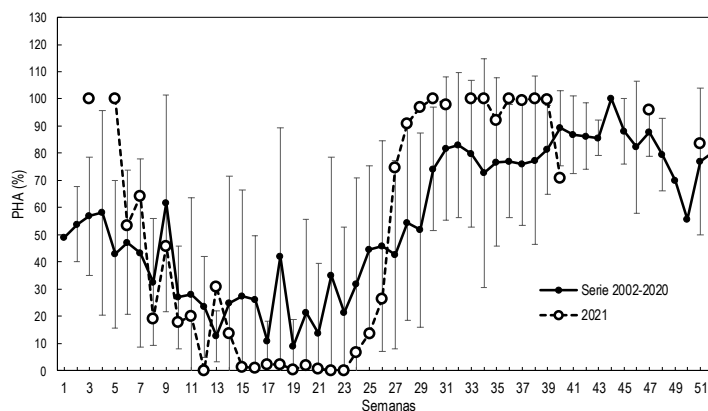


Figura 43. Variación semanal de la proporción de hembras activas de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

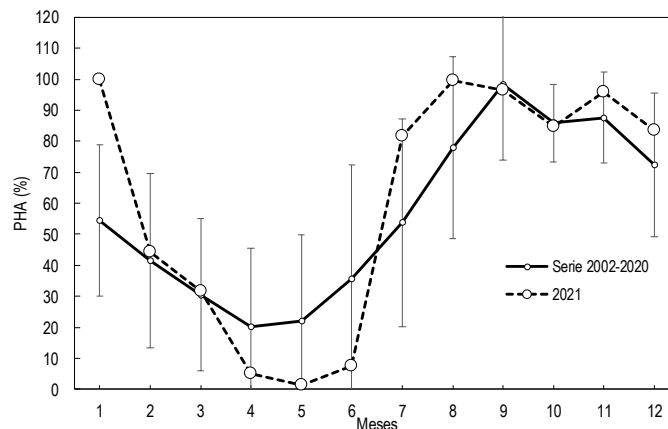


Figura 44. Variación mensual e la proporción de hembras activas de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2002-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

Monitoreo del proceso de desove

Incidencia de fases histológicas de madurez

El monitoreo reproductivo del ciclo anual, se intensifica a partir de la segunda quincena de julio hasta la primera quincena de febrero. Durante el 2021 el análisis de incidencia de fases de madurez microscópica en los ovarios de anchoveta en la zona de Caldera, mostró que la actividad ovárica fue acorde a la tendencia estacional, donde las fases de reposo (II) o menor actividad se observaron marcadamente durante los meses de otoño. La fase de maduración tardía (IV) es constante durante todo el año, acorde al proceso reproductivo de la anchoveta que es un desovador parcial durante todo el año, con estaciones o periodos de mayor intensidad reproductiva en invierno y primavera. Las fases de desove se intensificaron los meses de julio y octubre (fines de invierno y primavera) (**Anexo 6B**).

En la zona de Coquimbo la incidencia de estados de madurez microscópicos durante el año 2021, se observó que la fase de reposo (II) o menor actividad, estuvo presente en los meses de enero a junio. La fase de maduración tardía (IV) se apreció durante todo el año, pero con mayor incidencia de julio a octubre, periodo que coincide con la mayor actividad reproductiva del año. Las fases de maduración avanzada (V; VI y VIII (FPO)) se intensificaron entre agosto y octubre (fines de invierno y primavera) (**Anexo 6B**).

Índice de Hembras Activas (IHA)

El comportamiento del indicador IHA en la zona de Caldera durante el año 2021 presentó valores inferiores al 50% hacia mediado periodo estival (febrero) confirmando el término del evento reproductivo del 2020. El periodo de menor incidencia de la actividad de los ovarios en las hembras de anchoveta, se registró entre los meses de fines de verano y otoño. El indicador alcanzó valores sobre el 90% desde la semana 30 (fines de julio) hasta fines de diciembre (semana 50) último registro del año y siguiendo la tendencia de la serie promedio (2005-2020). El inicio de la actividad reproductiva

del año 2021 según la actividad de los ovarios fue igual al observado en el año 2020, y desfasado una y cuatro semanas respecto a los años 2019 y 2018, respectivamente de acuerdo a la serie promedio del indicador (**Figura 45**).

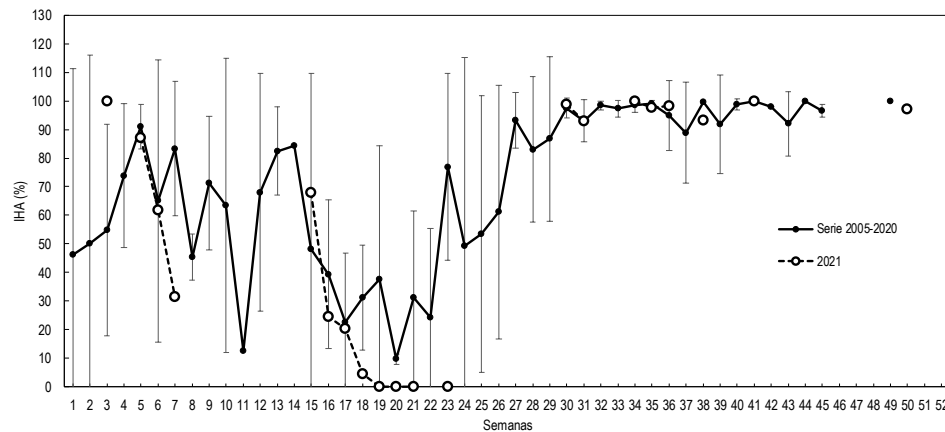


Figura 45. Registro semanal de la incidencia de hembras activas sexualmente en la zona de Caldera, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

Durante el año 2021 la incidencia de hembras sexualmente maduras a nivel del ovario en Coquimbo, presentó valores superiores al 50% al inicio del año asociado con el desove de verano, los valores descendieron la semana 6 marcando el termino del evento reproductivo del año 2020. La actividad menor ovárica, se observó durante el otoño acorde con la tendencia de la serie promedio (2005-2020). El inicio del periodo de mayor actividad reproductiva se produjo en la semana 27 (julio) con IHA sobre el 90%, extendiéndose durante los meses de julio a octubre, que cubre el periodo de máxima intensidad reproductiva de la especie. El inicio de la mayor actividad reproductiva durante el 2021 se observó cuatro semanas antes comparada con los años 2020 y 2019 (**Figura 46**).

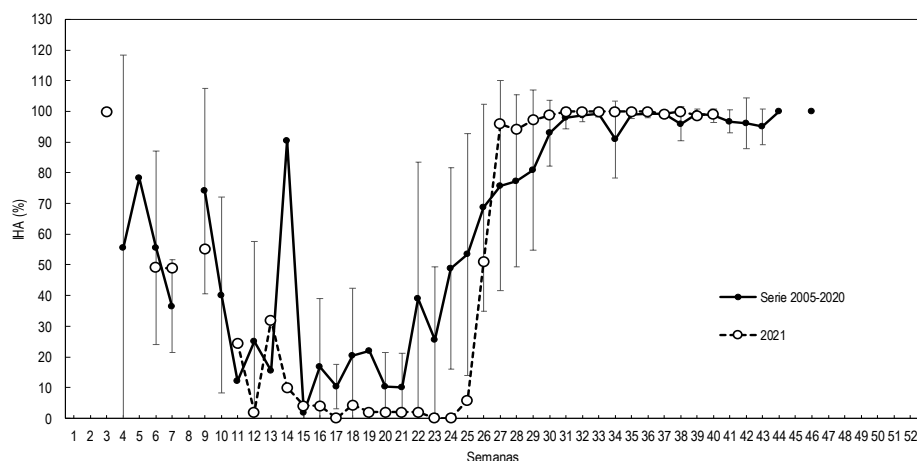


Figura 46. Incidencia de hembras activas sexualmente semanal de la en la zona de Coquimbo, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

Índice de Actividad de Desove (IAD)

Durante el año 2021, los desoves en Caldera se presentaron con valores bajo el 25% en el periodo estival, finalizando el evento reproductivo del año 2020, los que se mantuvieron bajos en los meses de otoño acorde a la tendencia de la serie promedio (2005-2020). El inicio de los desoves (IAD > 25%) del año 2021 se observó en la semana 30 (fines julio-agosto) dando inicio al periodo de mayor actividad reproductiva. Los desoves masivos se registraron desde inicios de agosto hasta octubre (semana 41) con información obtenida durante la pesca de investigación. Durante la semana 50, último registro de pesca comercial se observó una baja en los desoves, sin embargo, no es posible afirmar el término del evento reproductivo en diciembre, debido a la falta de información posterior a la semana 50, debido a que flota comercial dedicó sus esfuerzos al recurso jurel. El periodo de desoves masivos presentó un adelanto de una y cuatro semanas en comparación los años 2020 y 2019, respectivamente (**Figura 47**) (**Anexo 6B**).

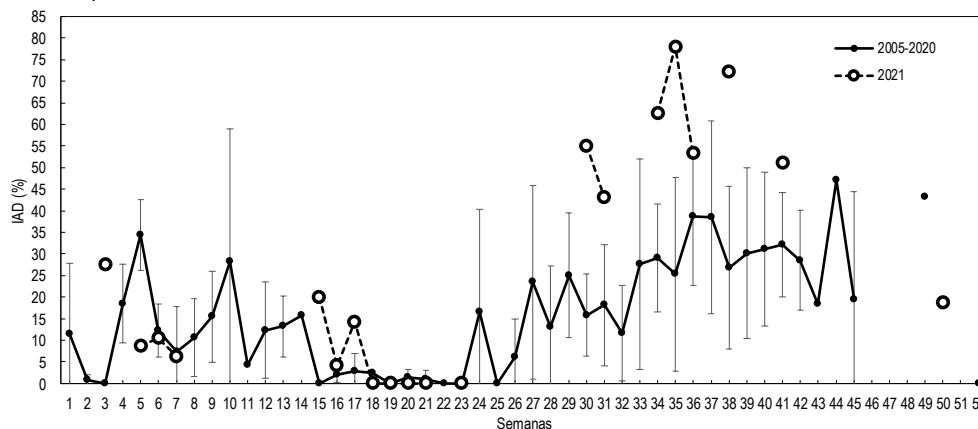


Figura 47. Variación semanal del índice de actividad de desove de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

En Coquimbo, los desoves en el periodo estival durante el año 2021, se observaron altos hasta el mes de enero (semana 3) con valores sobre un 25% de incidencia. Los valores descienden a mediados de los meses de verano y otoño, acorde con el termino del evento reproductivo del año 2020 según la serie promedio (2005-2020). El inicio del periodo de desove del año 2021 se produjo en la semana 27 (julio) con valores máximos sobre el 50% de IAD y se mantuvo alto hasta la semana 40 (octubre) (**Figura 48**) (**Anexo 6B**). El periodo de desoves masivos se presentó entre cinco y ocho semanas antes en comparación a los años 2020 y 2019. La mayor presencia de FPO (folículos post ovulatorios) menores de 24 hrs, se observaron en las muestras entre las semanas 34 y 38 con valores de incidencia sobre un 30% de IAD.

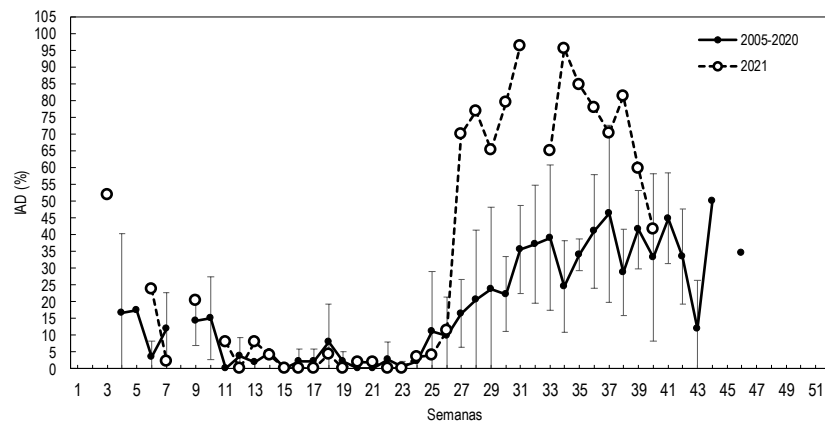


Figura 48. Variación semanal del índice de actividad de desove de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

Índice de Atrésia Ovárica (IAO)

En la zona de Caldera la atrésia ovárica durante el 2021 mantuvo valores inferiores a su serie promedio (2005-2020). Los mayores valores de atrésia, se observaron en el período estival principalmente entre las semanas 5 y 6, marcando termino del evento reproductivo 2020. Los valores de este indicador alcanzan valores cercanos a 0% cuando la actividad reproductiva y desoves son altos (fines de invierno-primavera). (**Figura 49**).

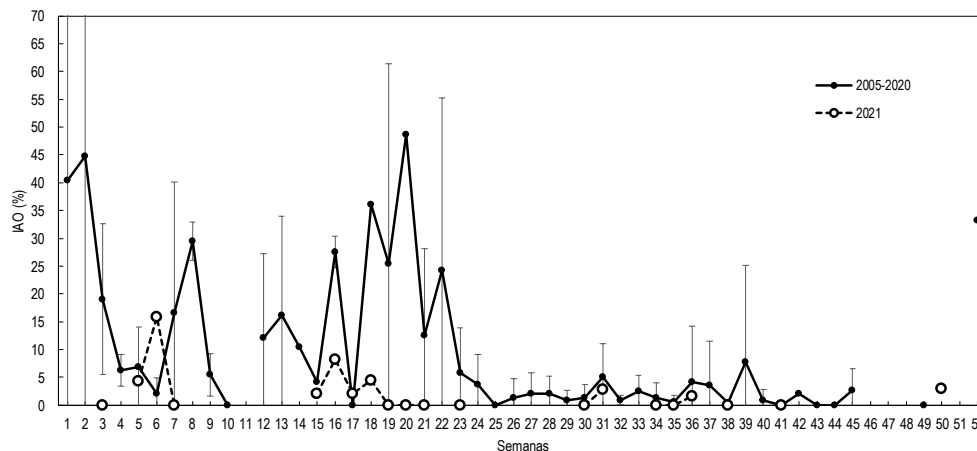


Figura 49. Variación semanal del índice de atrésia ovárica de anchoveta en la zona de Caldera, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

Durante el 2021 la presencia de atrésia ovárica en la zona de Coquimbo se observó con valores altos del período estival al otoño (entre semana 6 y 13), acorde a la tendencia de la serie promedio (2005-2020), correspondiente al término del evento reproductivo del año 2020. Los valores bajos de atrésia ovárica cercanos al 0% se observaron entre mayo y octubre. Durante el evento reproductivo que

abarcó desde fines de invierno y primavera no hubo presencia de atresia en los tejidos ováricos de la anchoveta de la zona, acorde a la tendencia de la serie promedio del indicador (**Figura 50**).

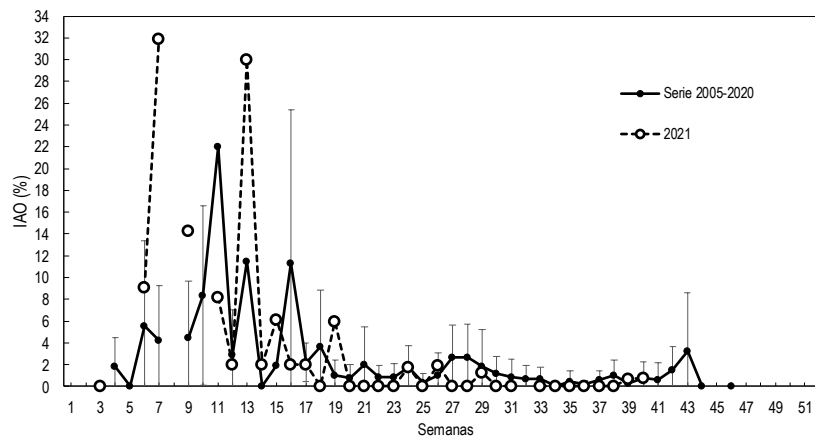


Figura 50. Variación semanal del índice de atresia ovárica de anchoveta en la zona de Coquimbo, serie promedio 2005-2020 (línea negra y las líneas verticales muestran la desviación estándar) y año 2021 (línea punteada).

Tallas y estados microscópicos de madurez sexual

Durante el año 2021, en la zona de Caldera la estructura de tallas osciló entre 9,5 y 17,0 cm LT, con una mayor frecuencia en las tallas de 12,5 a 15,0 cm LT que participaron en la actividad reproductiva, con predominio en los estados de maduración tardía (IV), hidratadas (VI) y en desove con folículos post ovulatorios (VIII). En Coquimbo el estrato de tallas osciló de 8,0 a 18,5 cm LT con una mayor participación de la actividad reproductiva del rango de tallas entre 12,5 y 15,0 cm LT con predominio de los estados de madurez (IV, V, VI y VIII) (**Anexo 6B**). El estadio de reposo o inactivo (II) presentó mayor incidencia en ambas regiones debido a mayores muestreos durante el periodo de verano y otoño.

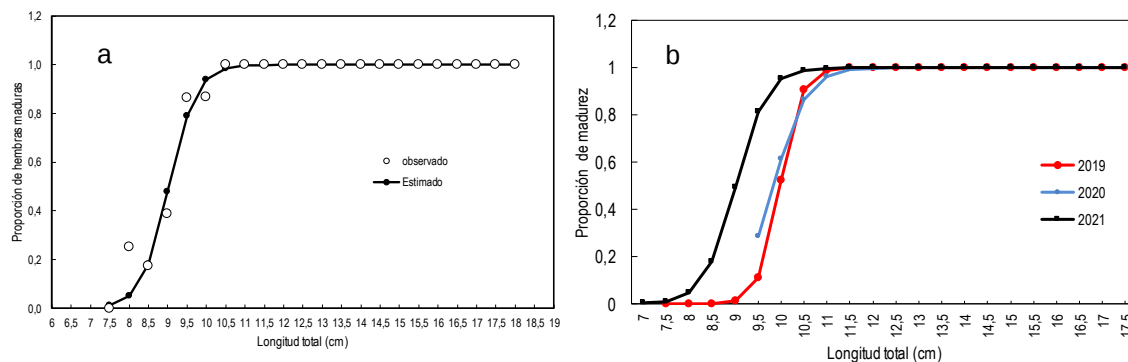
Ajuste de la ojiva de madurez a la talla y edad

La talla de madurez obtenida del ajuste de la ojiva ($L_{50\%}$) de las hembras del año 2021 se estimó en 9,0 cm LT para la zona centro norte. Los ovarios seleccionados histológicamente corresponden a ejemplares de un rango de tallas entre 7,5 y 18,5 cm LT muestreados en el periodo de mayor actividad reproductiva (agosto-octubre) en el marco del monitoreo de la Pesca de Investigación en ambas zonas. El $L_{50\%}$ para el año 2021, confirma los resultados obtenidos durante los años 2020 y 2019 para la zona centro norte, destacando una leve disminución de 0,8 cm (**Tabla 11** y **Figura 51**).

Tabla 11. Resumen del ajuste de ojiva de madurez en talla ($L_{50\%}$) de la anchoveta en la zona centro norte.

año	n° hembras	rango de tallas	b_0	b_1	p valor	L_{50}
2019	1346	7,5 a 17,5	43,229	4,330	0,000	9,979
2020	529	9,5 a 17,5	27,118	2,758	0,000	9,803
2021	817	7,5 a 18,0	25,705	2,846	0,000	9,031

b_0 y b_1 (parámetros posición y pendiente en el modelo logístico binomial), p valor (valor de significancia) y $L_{50\%}$ (valor ajuste al 50%).


Figura 51. Ajuste de la ojiva de madurez en talla de las hembras de anchoveta en la zona centro norte, a) año 2021 y b) estimación de los últimos tres años.

Para la estimación de la edad media al 50% de madurez ($E_{50\%}$), a los peces cuya gónada fue analizada histológicamente, se les extrajeron también los otolitos para hacer la determinación de edad. Los criterios de madurez son los establecidos por el Laboratorio de Histología de IFOP, que consideran ejemplares maduros a todos aquellos en fase II y superior de acuerdo con la escala microscópica definida por (Sepúlveda *et al.* 1999).

La determinación de la edad de madurez de la anchoveta se realizó a partir de la lectura de macroanillos. Para este efecto se leyeron 160 ejemplares a los que previamente se les había estimado su madurez histológica para análisis de la longitud media de madurez ($L_{50\%}$).

El proceso de determinación de edad consistió en la identificación de marcas anuales presentes en los otolitos y la asignación del grupo de edad biológico, el cual se calcula considerando el número de macroanillos de crecimiento, la época de captura y la fecha de nacimiento arbitraria o de referencia, que en anchoveta es el 1° de julio.

En la macrozona Caldera-Coquimbo la edad en años de las hembras analizadas fluctuó entre 0 y 3 años. No fue posible hacer un ajuste de los datos, estos no convergen, probablemente debido a que en la muestra no existen ejemplares 100% inmaduros y a que la edad cero registró el 47% de ejemplares maduros. Además, desde de los 0,5 años de edad (6 meses) todos los ejemplares están maduros (**Tabla 12**).



Tabla 12. Porcentaje de anchoveta maduras por edad para la zona Caldera-Coquimbo durante el periodo de desove de invierno de 2021. Numero ejemplares inmaduros (I), maduros (M) y porcentaje de ejemplares maduros (%M)

Edad	I	M	%M
0.0	39	34	0,47
0.5	0	40	1,00
1,0	0	14	1,00
1,5	0	13	1,00
2,0	0	7	1,00
2.5	0	4	1,00
3,0	0	7	1,00
3.5	0	2	1,00

Evaluación de la Pesca de Investigación

El monitoreo reproductivo en el marco de la Pesca de Investigación en la zona centro norte se extendió durante 8 semanas (33 a la 41), donde se recolectaron muestras a bordo de dos naves artesanales, Don Atilio en Caldera y Garota IV en Coquimbo. Estas embarcaciones operaron bajo un esquema semanal y adaptativo con el objetivo de recolectar muestras de anchoveta para analizar su condición reproductiva. Además, en las semanas sin operación de las embarcaciones del monitoreo se contó con el apoyo de muestras provenientes del proyecto Método de Producción de Huevos, con el propósito de cubrir temporalmente el periodo de mayor actividad reproductiva del recurso (**Anexo 7A**).

Con el análisis realizado a las hembras disponibles se corroboró que la anchoveta se encuentra en su mayor intensidad reproductiva durante el periodo de julio-octubre, cuando los indicadores macroscópicos (IGS, PHA) y microscópicos (IAD, IHA) se mantuvieron altos y en máximas durante la mayoría de las semanas analizadas. El indicador de atresia ovárica estuvo prácticamente ausente en ambas zonas, comportamiento acorde al periodo de mayor actividad reproductiva. El inicio de la actividad reproductiva en la zona de Caldera fue con dos semanas de anticipación (semana 30) respecto al año 2020, mientras que en la zona de Coquimbo se produjo cinco semanas antes comparado con el año 2020.

Se estableció una veda biológica reproductiva en la semana 31 (agosto) durante 45 días a través de la R. Ex. N°67 de la Subpesca (marzo 2020), con altos valores de los indicadores de IGS y PHA. La veda a diferencia de otros años presentó una gran extensión de semanas debido a los altos valores de los indicadores reproductivos. Es por esta razón que Subpesca mantuvo el resguardo del evento reproductivo hasta la semana 44 (5 nov).

Las condiciones ambientales imperantes durante el monitoreo presentaron, en ambas zonas, fuertes ráfagas de viento y marea gruesa que impidieron, en algunos días, realizar lances y en otras se tuvo que regresar a puerto. La temperatura superficial del mar en ambas zonas presentó una condición fría tal como lo reporta el CIIFEN (2021) en los meses de julio a octubre en sus pronósticos para el hemisferio sur.

6) Monitoreo del reclutamiento

Se entregan los resultados obtenidos en el monitoreo de reclutamiento que se realizó entre noviembre 2021 y abril 2022, para la estimación del porcentaje de ejemplares juveniles que fueron removidos por la actividad de la flota cerquera artesanal que opera en esta área, se consideran las muestras obtenidas en las plantas de proceso de los puertos de Caldera y Coquimbo (muestreos en tierra) y las recopiladas a bordo de las embarcaciones. De cada muestreo se registraron los antecedentes biológicos pesqueros, peso (g), longitud total (cm), captura-desembarque (t), zona de pesca (Lat-long), cuya distribución de frecuencias se ponderan (en número) a la captura total (t) de la embarcación muestreada y a la captura total semanal (información del desembarque entregada por cada empresa).

a) Captura

En la zona centro norte la pesquería pelágica es sostenida por la flota artesanal, la cual durante el presente monitoreo extrajo un total de 27 mil t (**Tabla 13**). Las capturas fueron extraídas principalmente entre los meses de marzo - abril de 2022, concentradas en la región de ATCMA representando el 71% de la captura total (**Figura 52**). Es importante mencionar que las capturas registradas entre noviembre - diciembre de 2021 fueron extraídas en la región de ATCMA, ya que la región de COQ registro escasa actividad para anchoveta, cesando en enero 2022 la actividad en ambas regiones sobre la anchoveta. El cese de la actividad en ATCMA fue debido al mantenimiento de la planta pesquera y en COQ por el escaso ambiente de pesca para anchoveta dirigiendo su foco hacia jurel y la caballa, estrategia pesquera que se extiende a la región de ATCMA durante febrero 2022, reanudando su actividad sobre anchoveta a inicio de marzo de 2022 (28 feb – 6 mar; semana 9).

Tabla 13. Resumen de la actividad de la flota comercial durante el monitoreo en la zona centro norte.

REGIÓN	CAPTURA (t)	N° VIAJES MUESTREADOS	N° EJEMPLARES MUESTREADOS	CAPTURA DEL MUESTREO (t)	AMPLITUD TALLA (cm)	MODA (cm)	% JUVENILES ⁽¹⁾
ATCMA	19.784	46	4.643	2.125	8,5-17,0	13,0	18
COQ	7.961	34	3.059	1.347	8,0-18,5	14,0	6
ZONA CENTRO NORTE	27.745	80	7.702	3.472	8,0-18,5	13,5	15

(1): Proporción de ejemplares juveniles ($\leq 11,5$ cm)

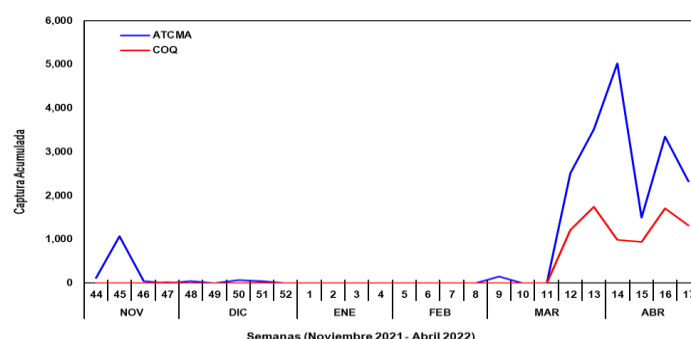


Figura 52. Captura de anchoveta de la flota comercial, por zona, monitoreo noviembre 2021 - abril 2022.

b) Estructura de talla

El monitoreo en la zona centro norte, registró una estructura de talla unimodal, con una amplitud de talla entre los 8,0 – 18,5 cm de longitud total (LT) y moda en los 13,5 cm (13%). La región de ATCMA registró una estructura de talla entre los 8,5 – 17,0 cm LT y moda en los 13,0 cm y la región de COQ tallas entre los 8,0 – 18,5 cm de LT, con moda en los 14,5 cm, si bien las estructuras de tallas de ambas regiones son unimodales, la registrada en la región de COQ presenta una mayor participación de ejemplares mayores, con predominio del grupo tallas entre los 13,5 y 17,5 cm de LT (**Figura 53 y Tabla 13**).

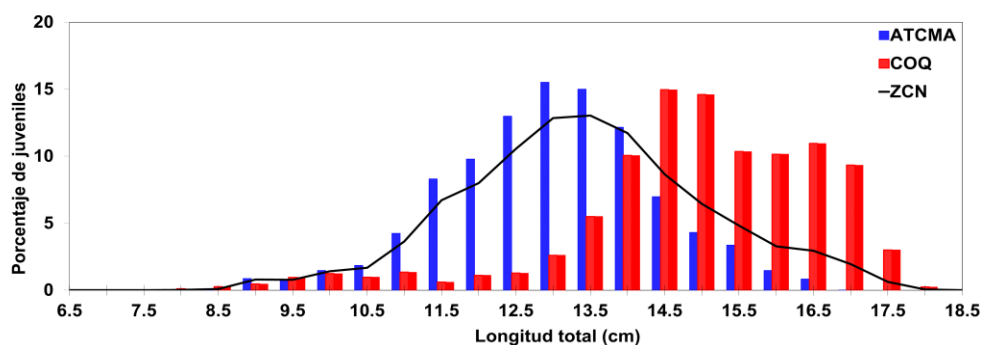


Figura 53. Estructura de talla de anchoveta de la flota artesanal en la zona centro norte, monitoreo noviembre 2021 - abril 2022.

c) Incidencia de ejemplares $\leq 11,5$ cm LT

Durante el monitoreo, el porcentaje la incidencia de ejemplares de la fracción juvenil ($\leq 11,5$ cm), ponderado en número a la captura estimado fue de 15%. Menor a lo estimado en monitoreos anteriores, 24% (2019-2020) y 26% (2020-2021). Es importante indicar que el porcentaje estimado se centro principalmente en el aporte de ejemplares juveniles capturados en la región de ATCMA (18%), en tanto el estimado para la región de Coquimbo solo alcanza un 6% (**Figura 54**).

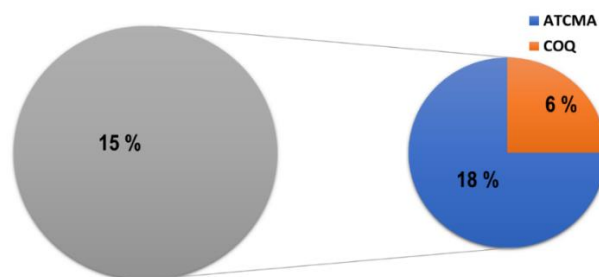


Figura 54. Porcentaje de incidencia de la fracción juvenil de anchoveta ponderadas (número) a la captura noviembre 2021 - abril 2022.

d) Pesca de Investigación (PIN)

La Pesca de Investigación (PIN) del "Monitoreo del proceso de reclutamiento de anchoveta en las regiones de Atacama y Coquimbo, 2021-2022", autorizada mediante la R. EX. N° E-2021-0695, fue ejecutada entre el 19 de enero y el 09 de marzo de 2022 y se realizó en conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del Programa de seguimiento de las principales pesquerías pelágicas de la zona norte de Chile, entre la Región de Arica y Parinacota a la región de Coquimbo, año 2021. Esta actividad se realizó con la participación de dos embarcaciones artesanales que operaron con régimen de salida quincenal, completando un total de 4 días por región (8 salidas en total) y cumpliendo con un mínimo de 3 lances de pesca efectivos en cada salida distribuidos espacialmente dentro de la región asignada. Durante la ejecución de la PIN se realizaron un total 23 lances, de los cuales 17 (74%) fueron efectivos para anchoveta. La estructura de talla de 1.791 ejemplares de anchoveta muestreados, presento una distribución multimodal, conformada por anchovetas entre 7,0 y 18,5 cm de longitud total (LT), con moda principal en 9,0 cm (8%) y secundaria en 15,0 cm (7%). Para la zona centro norte se estimó un 45% de ejemplares juveniles ($\leq 11,5$ cm) (**Figura 55**) (Para mayores antecedentes revisar Reporte Final de la PIN, **Anexo 7B**).

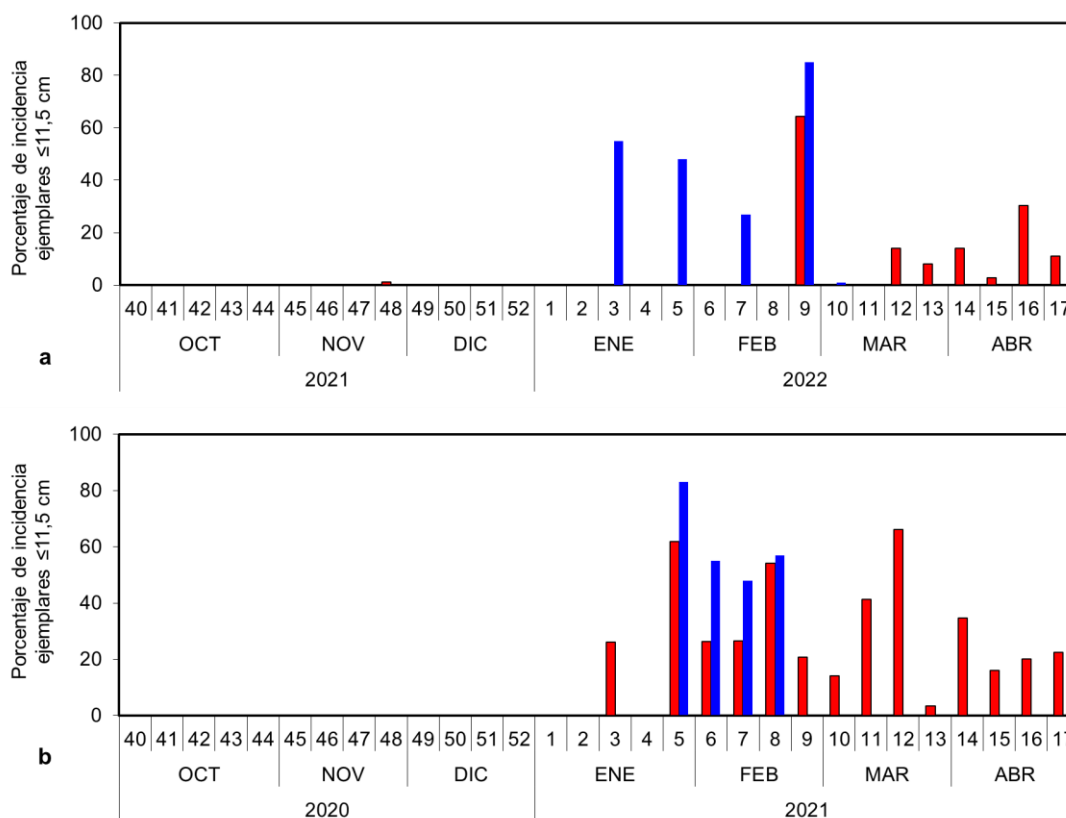


Figura 55. Incidencia (%) semanal de la fracción juvenil de anchoveta ponderada a la captura, zona centro norte, monitoreos a) octubre 2020 - abril 2021 y b) noviembre 2021- abril 2022.



d) Distribución espacial

En la (Figura 56), se presenta la posición geográfica de los viajes con captura de anchoveta muestreados durante el monitoreo entre noviembre - diciembre de 2021. Durante los meses de marzo – abril de 2022, solo se registraron viajes al norte de la región de ATCMA, donde se evidencio una mayor actividad pesquera asociado con un buen ambiente de pesca para anchoveta, viajes distribuidos principalmente desde pta. Carrizalillo ($23^{\circ}03'S$) hasta los $27^{\circ}50'S$, dentro de la franja costera entre 0 y 10 millas náuticas. Para la región de COQ la distribución de los viajes se localizó en el área centro-sur de la bahía, principalmente entre pta. Teatinos ($29^{\circ}49'S$) y bahía Tongoy ($30^{\circ}15'S$), entre la costa y 7 millas náuticas.

En la (Figura 57) se presenta la serie histórica semanal (1997- abril 2022) del porcentaje de incidencia de la fracción juvenil de anchoveta de la zona centro norte. Se observa que la incidencia semanal presentó una alta variabilidad intra e interanual, registrando porcentajes por sobre el 30% principalmente a inicios de cada año. La escasa actividad extractiva en el último trimestre no permite contar con un mayor análisis respecto al proceso de reclutamiento (ingreso de juveniles).

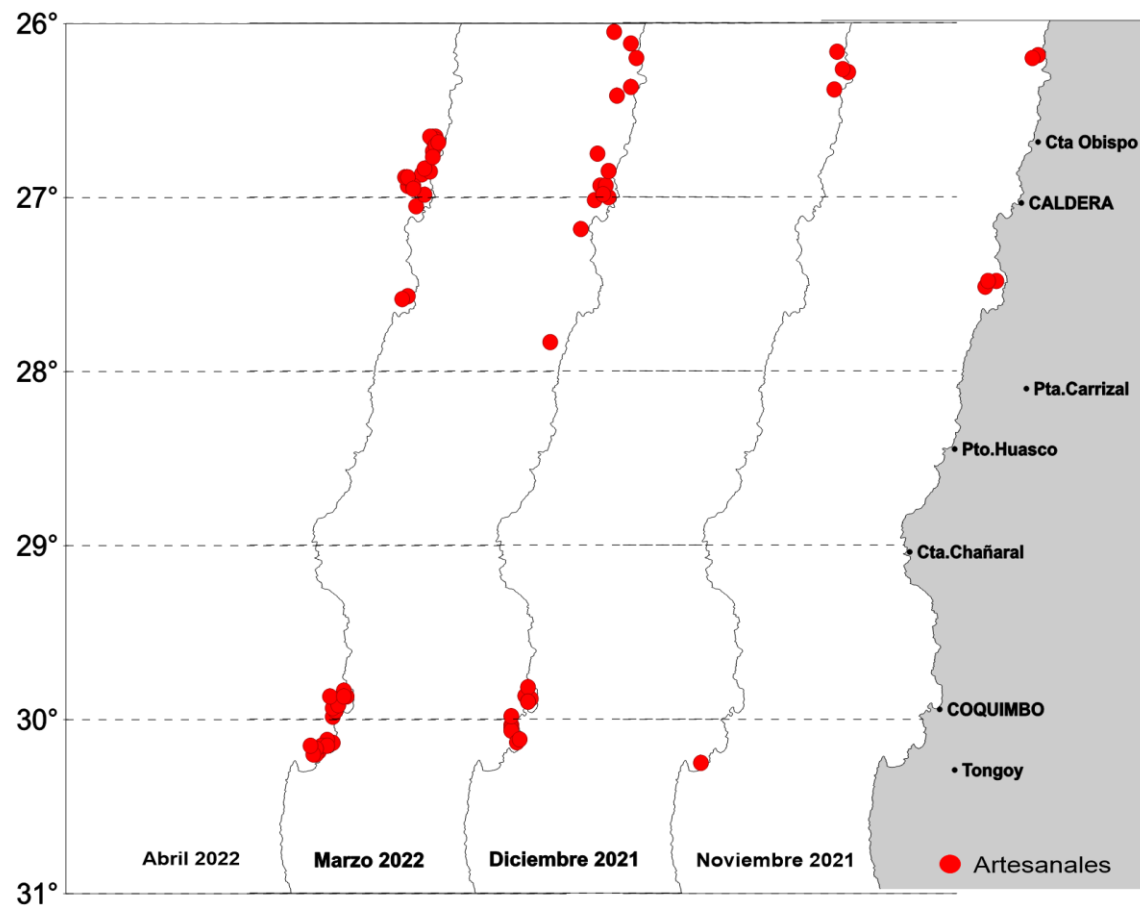


Figura 56. Posición geográfica de los viajes muestreados (flota artesanal) en la zona centro norte, monitoreo noviembre 2021- abril 2022.

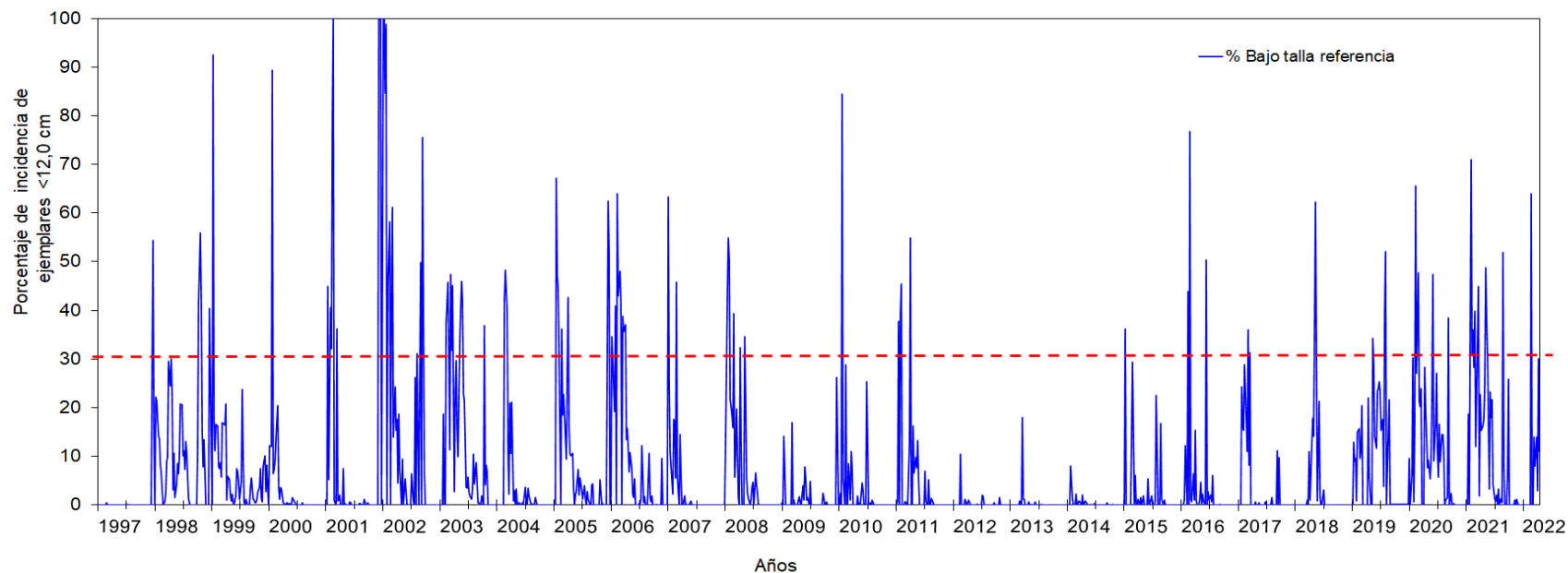


Figura 57. Serie hist3rica semanal del porcentaje de incidencia de la fracci3n juvenil de anchovetas, zona centro norte, aros 1997- abril 2022. La lnea punteada marca el 30% de incidencia de ejemplares $\leq 11,5$ cm LT).

7) Tendencia de los indicadores biológicos

En la zona centro norte el Índice Gonadosomático (IGS) de la anchoveta registró dos puntos de quiebre en los años 2001 y 2008, periodos marcados por un cambio de nivel de la actividad reproductiva y una tendencia positiva, salvo el periodo posterior a 2008 que muestra una tendencia leve a disminuir la actividad reproductiva (**Figura 58a**). El peso medio de anchoveta registró tres puntos de quiebre los años 2001, 2007 y 2015, mostrando una tendencia positiva hasta el 2014, luego una tendencia negativa hasta el año 2021 alcanzando cerca de 22 gramos (**Figura 58b**). El factor de condición en la zona centro norte presenta dos puntos de quiebre 2001 y 2007, mostrando una leve tendencia positiva el primer periodo la cual se intensifica el segundo periodo. El último periodo entre 2007 a 2021 se observó una leve tendencia positiva en la condición de la anchoveta (**Figura 58c**).

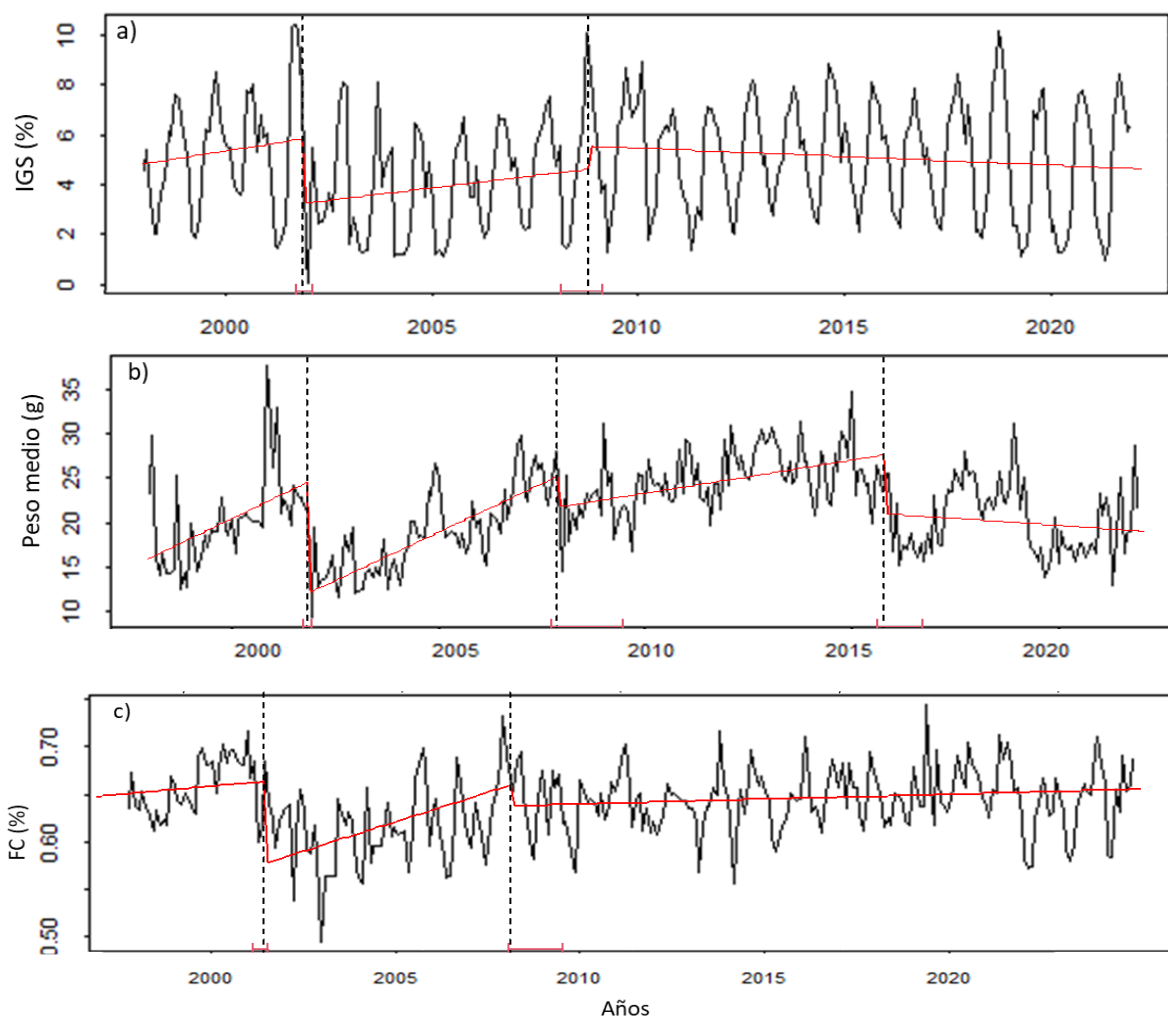


Figura 58. Serie de los indicadores biológicos de la anchoveta para la zona centro norte. a) Índice gonadosomático b) peso medio (g) c) factor de condición. Años 1997-2021. Los puntos de interrupción obtenidos por la función BFAST (línea de puntos negros) y la tendencia (línea roja).



4.2.4 Recurso sardina española

1) Capturas

A partir del 2001 las escasas capturas de sardina española se concentraron en la zona norte y son extraídas principalmente por la flota industrial, en tanto en la zona centro norte se extraen principalmente por la flota artesanal (**Figura 59**). Las escasas capturas de sardina española no permiten distinguir un patrón estacional (**Figura 60**). Sin embargo, destaca que las capturas de sardina española presentan a partir del 2016 un leve incremento de éstas alcanzando en los últimos tres años las 573 t en promedio.

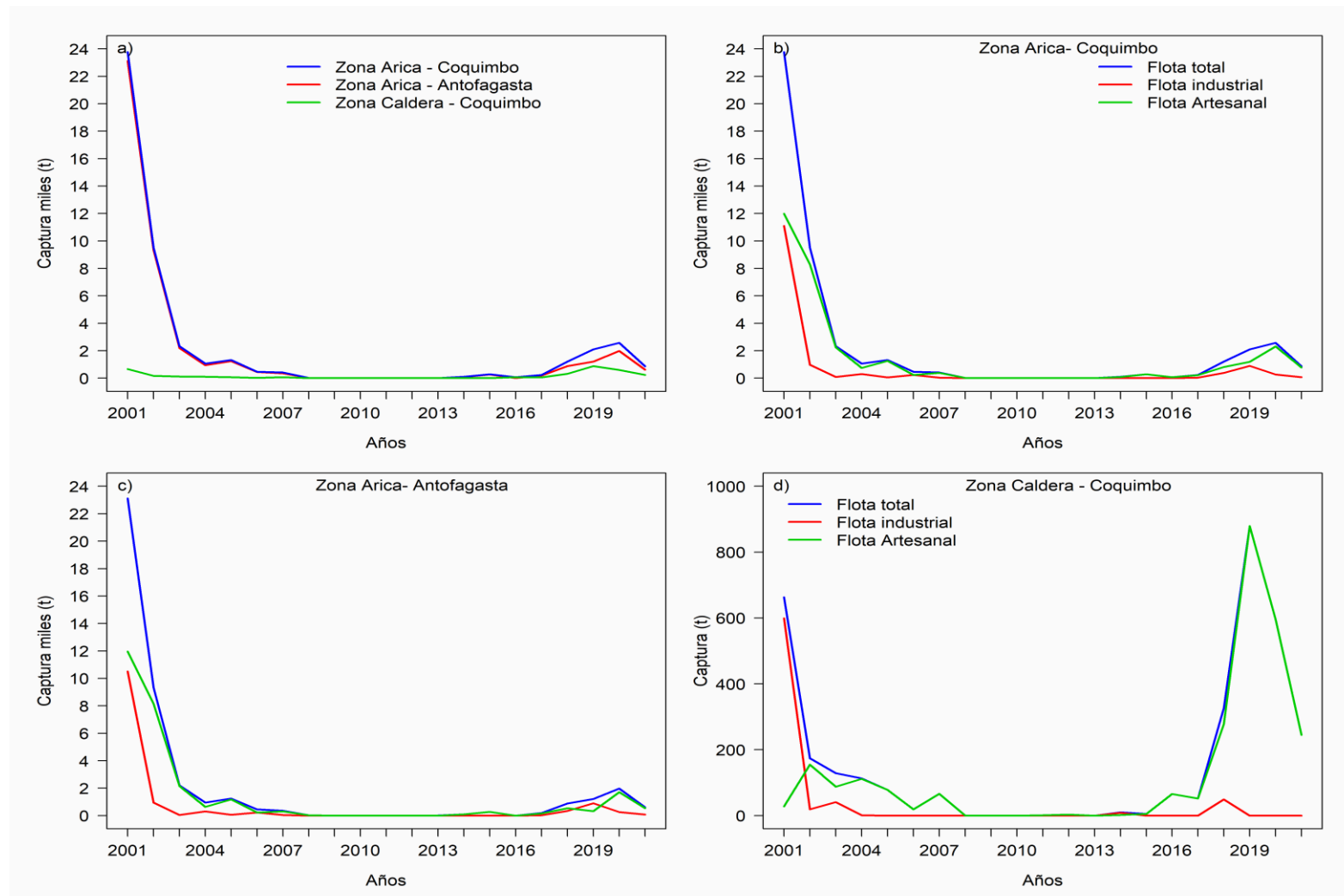


Figura 59. Evolución de las capturas anuales de sardina española en el período 2001-2021 en el área de estudio. a) Capturas por zona; b) capturas por flota; c) captura por flota, zona Arica-Antofagasta y d) captura por flota, zona Caldera-Coquimbo.

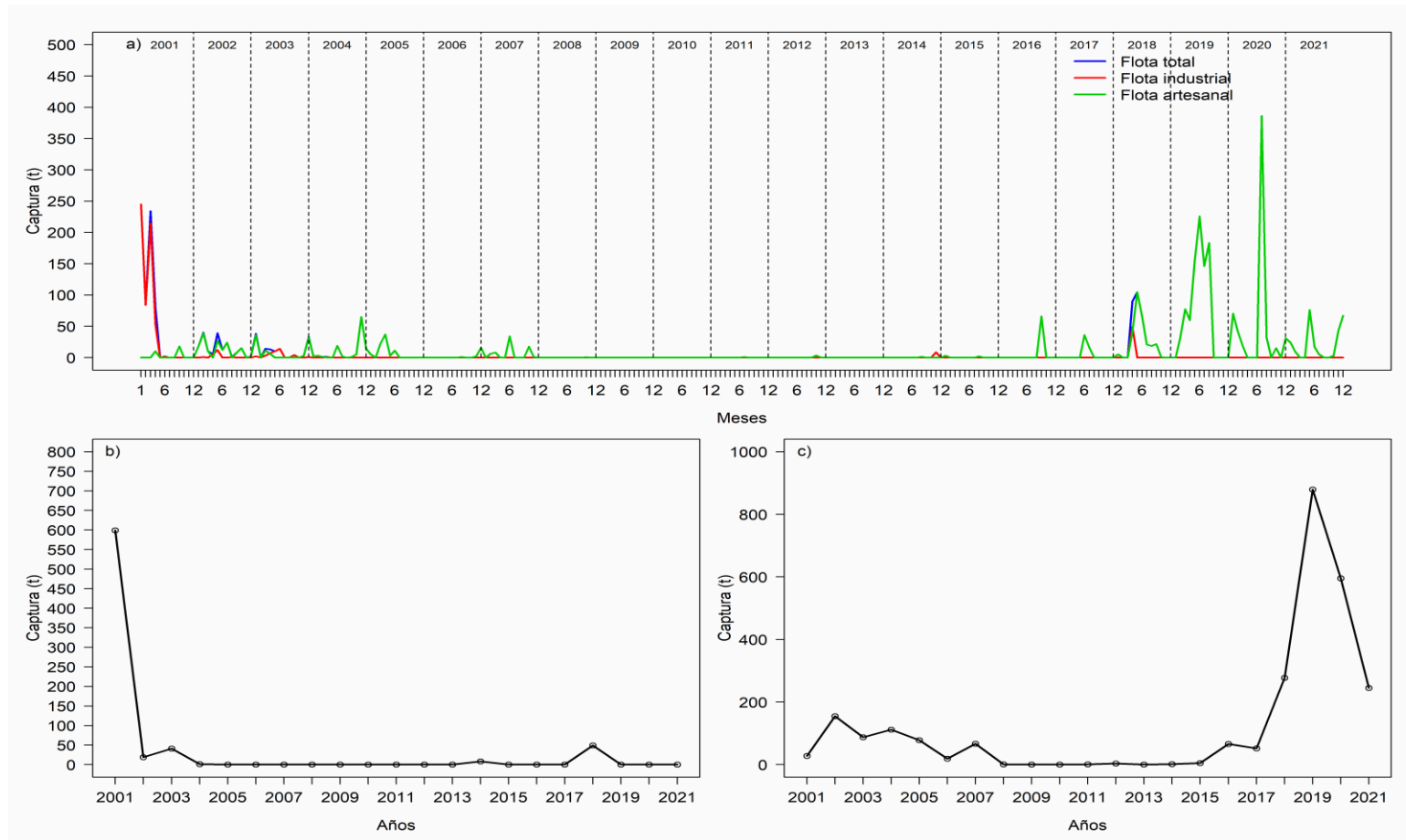


Figura 60. Evolución de las capturas de sardina española en la zona centro norte en el período 2001-2021. a) Capturas mensuales por flota; b) capturas anuales de la flota industrial y c) capturas anuales de la flota artesanal.

2) Distribución espacial de las capturas

La distribución espacial de la sardina española en la zona centro norte, muestra dos focos de abundancia el primero entre 25° y 27°30'S en la zona de Caldera y de 29° a 30°30'S en la zona de Coquimbo hasta el año 1995. Posteriormente se observa una distribución más costera y un desplazamiento hacia el sur principalmente evidenciado en la zona de Caldera (**Tabla 14 y Figura 61**).

Con respecto a distribución costa océano, entre 1986 y 1993 se destaca una distribución fuera de las 10 millas, posteriormente la sardina española comienza a desplazarse hasta áreas más costeras mostrando una concentración principalmente costera entre 2001 y 2007. Las escasas capturas reportadas entre 2015 y 2021 se registran principalmente en las primeras 10 millas (**Figura 62**).

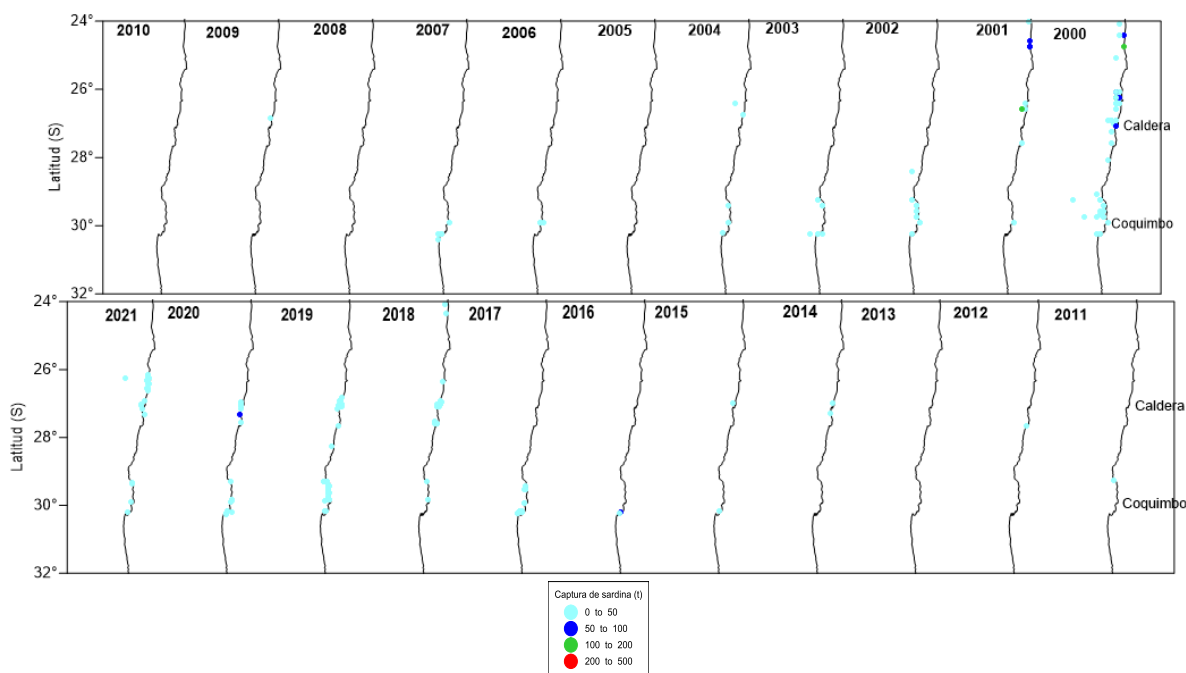


Figura 61. Distribución espacial de las capturas por viaje de sardina española en la zona centro norte, años 2000 a 2021.

Los indicadores pesqueros de la zona centro norte para la sardina española, muestran un periodo con altas capturas entre los años 1980 y 1993, operación realizada principalmente por la flota industrial. Al término de la fase cálida en el año 2000 las capturas declinan de 1.687 t a menos de 48 t el 2007 (**Figura 24**). Entre el 2008 y 2013 solo se registraron capturas de 1 y 3 t los años 2011 y 2012 respectivamente, posterior al 2014 las capturas fluctuaron entre 2 t a 879 t.

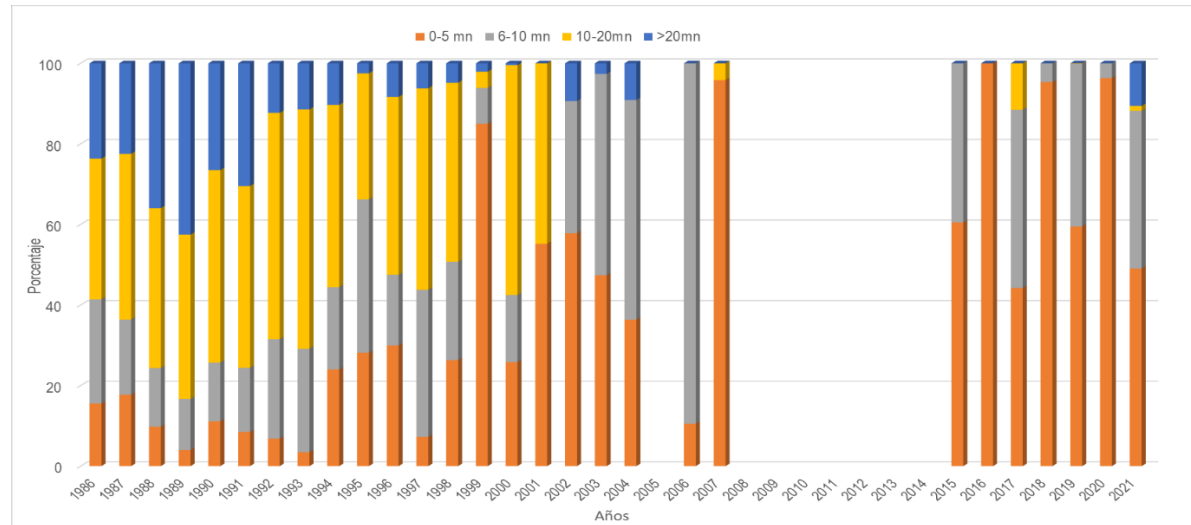


Figura 62. Evoluci3n en la proporci3n de captura de sardina espa1ola en la zona centro norte, por distancia a la costa. A1os 1986 a 2021.

Tabla 14. Porcentaje de captura de sardina espa1ola en la zona centro norte, por rango latitudinal. A1os 1980 a 2021.

	Zona centro norte																																			
Rangos latitud	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
24°00' 24°29'	5	15	13	20	11	3	14	1	4	5	1	0	0	40	7	2	0	0	0		0	0							0	0	0	0	15	0	0	0
24°30' 24°59'	1	1	5	3	7	1	2	1	5	1	6	2	0	42	9	46	0	0	0		0	0							0	0	0	0	0	0	0	0
25°00' 25°29'	4	3	9	13	6	4	13	12	5	10	10	6	2	0	0	0	0	0	0		0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	
25°30' 25°59'	2	2	8	6	3	1	3	8	4	10	18	6	7	0	0	0	0	0	0		0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	
26°00' 26°29'	6	12	17	7	11	12	6	13	12	3	19	22	27	1	56	0	0	0	9		0	0						0	0	0	0	0	0	0	79	
26°30' 26°59'	6	12	10	4	12	6	10	12	7	7	10	13	12	1	3	48	0	0	18		0	0						0	40	0	0	14	10	4	2	
27°00' 27°29'	24	16	10	19	10	23	29	33	24	15	19	16	4	3	5	0	0	0	0		0	0						100	0	0	0	56	49	56	9	
27°30' 27°59'	8	4	1	6	3	8	11	8	8	19	10	3	1	0	0	1	0	0	0		0	0						0	0	0	0	13	1	0	0	
28°00' 28°29'	2	3	2	2	2	18	1	0	9	6	3	4	3	0	2	0	9	0	0		0	0						0	0	0	0	0	1	0	0	
28°30' 28°59'	0	0	0	0	0	2	2	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	
29°00' 29°29'	24	20	14	9	17	11	5	5	4	7	2	26	30	6	10	0	27	50	9		0	0						0	0	0	10	0	18	0	1	
29°30' 29°59'	10	4	4	8	9	8	3	2	5	11	1	2	8	3	5	2	63	0	45		100	69						0	0	0	35	2	19	20	0	
30°00' 30°29'	8	7	6	2	8	2	1	5	12	2	1	1	3	1	1	0	1	50	18		0	31						0	60	100	56	0	3	19	10	
30°30' 30°59'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	
31°00' 31°29'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	
31°30' 31°59'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0		0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	
captura (miles t)	250	239	93	88	106	77	44	71	52	81	38	11	2	3	2	1	0.1	0.08	0.01		0	0.02	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.60	0.60

3) Estructura de talla

La sardina española en esta área registra una talla media mayor en comparación con la zona norte manteniéndose entre los 28,0 y 29,0 cm LT hasta 1998, mostrando una reducción hasta 2004 alcanzando los 22,0 cm LT destacando una alta variabilidad. A partir del año 2018 se observa un disminución en la talla media de 27,9 a 17,6 cm LT, en tanto el rango osciló entre 10,0 y 39,5 cm LT (Figura 63).

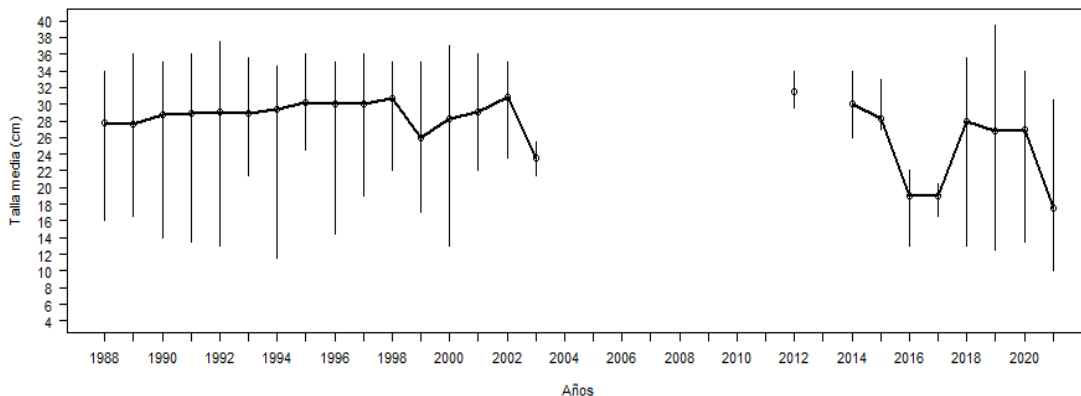


Figura 63. Talla media de sardina española en la zona centro norte entre 1988 y 2021. Las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo de longitud anual. La línea punteada horizontal corresponde a la talla de madurez sexual.

La distribución de tallas en el 2021 en la zona centro norte presentó una distribución multimodal conformada por ejemplares entre 10,0 y 30,5 cm LT, concentrando el 71% de las sardinas españolas entre 15,5 y 22,0 cm LT. La mayoría de los ejemplares de menor talla (15,0-27,0 cm LT) se observan en la zona de Caldera, en cambio en Coquimbo se concentraron las de mayor talla, comportamiento distinto a lo registrado los últimos dos años (Figura 64 y Figura 65).

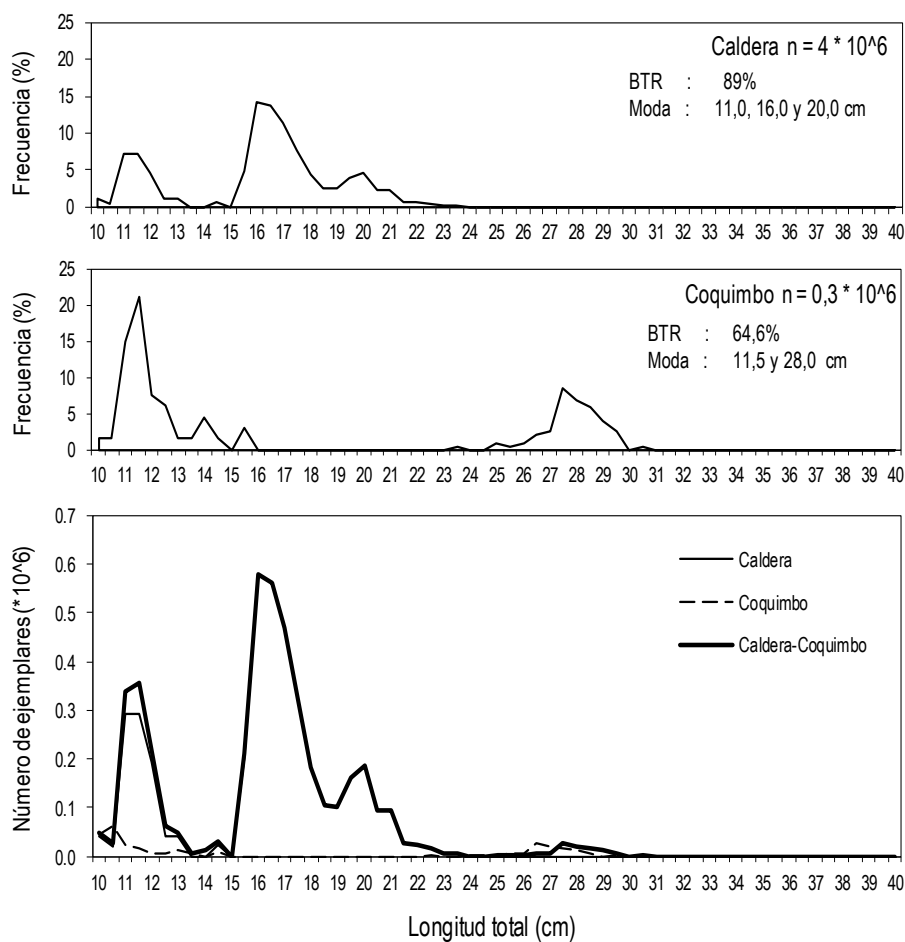


Figura 64. Captura en número de sardina española en la zona centro norte, por tallas. Flota total, año 2021.

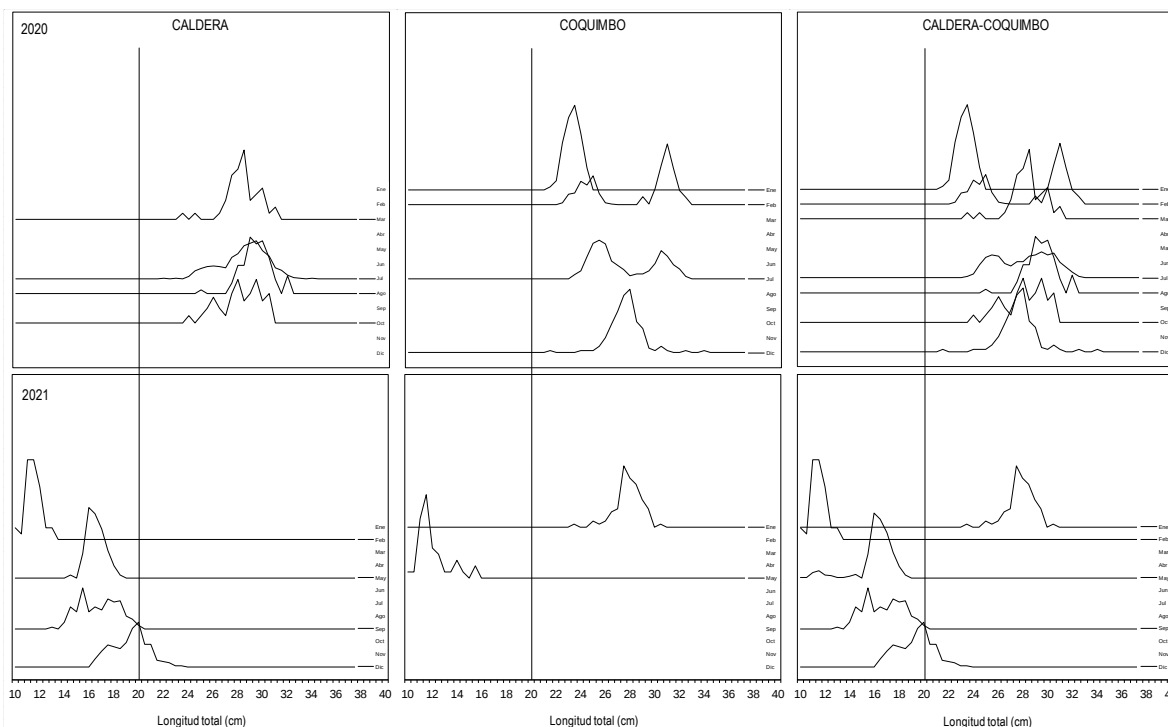


Figura 65. Distribución de frecuencias de longitudes en las capturas de sardina española en la zona centro norte. Flota total, años 2020 y 2021.

4.2.5 Integración de resultados

En la zona centro norte el Índice Gonadosomático (IGS) de la anchoveta registró dos puntos de quiebre en los años 2001 y 2008, periodos marcados por un cambio de nivel de la actividad reproductiva y una tendencia positiva. Posterior al 2008 muestra una tendencia a disminuir la actividad reproductiva. Se analizaron cuatro periodos 2002-2005, 2006-2013, 2014-2017 y 2018-2021. Se observa para el periodo entre 2002-2005 el inicio de la actividad reproductiva en agosto, los periodos siguientes muestran un adelantamiento de dos meses marcando el inicio en junio para el periodo entre 2014-2017 (**Figura 66a**). Los últimos tres años muestran un retraso de la actividad de un mes iniciando la actividad en julio, retraso que fue evidenciado el año 2018 (**Figura 66b**). Estos desfases registran un efecto en la estacionalidad del proceso de reclutamiento. El patrón estacional del reclutamiento muestra para la serie 2002-2005 dos pulsos de reclutas, el principal de diciembre-abril y uno secundario entre septiembre-octubre (**Figura 66c**) con un desfase de 6 meses con el periodo principal/secundario de desove y correlación máxima de 0,42 (**Figura 67a**). Para los dos periodos siguientes 2006-2013, 2014-2017 se registra un pulso de reclutas entre diciembre-abril, se destaca para mayo y junio porcentajes de reclutas cercanos al 10% principalmente para la serie 2006-2013. (**Figura 66b**). Se reporta un desfase entre el pulso principal de reclutas y el desove de 7 y 6 meses con correlaciones máximas de 0,35 y 0,42, respectivamente para las series 2006-2013, 2014-2017 (**Figura 67b y c**).

La serie 2018-2021 registra un cambio de patrón evidenciando dos pulsos de reclutamiento, el principal de diciembre a junio y un pulso secundario de julio a octubre (**Figura 66c**). El pulso principal de reclutas (diciembre-junio) está correlacionado con el pulso principal de desove (julio-diciembre) y el pulso secundario de reclutas (julio-octubre) con el periodo secundario de desove (enero a marzo), ambos con un desfase de 6 meses y correlaciones cercanas a 0,3 pero no significativas (**Figura 67d**). El desfase registrado en los últimos años, fue de 3 semanas el año 2018 y de 1 mes el año 2019 y 2020, cambio relacionado con una mayor proporción de ejemplares de tallas entre 12,0 y 14,0 cm LT participando en la actividad reproductiva reportado a través del monitoreo de desove principalmente para la zona de Coquimbo. El grupo de ejemplares de 14,5 a 18,0 cm LT está presente, pero en baja proporción en el proceso reproductivo.

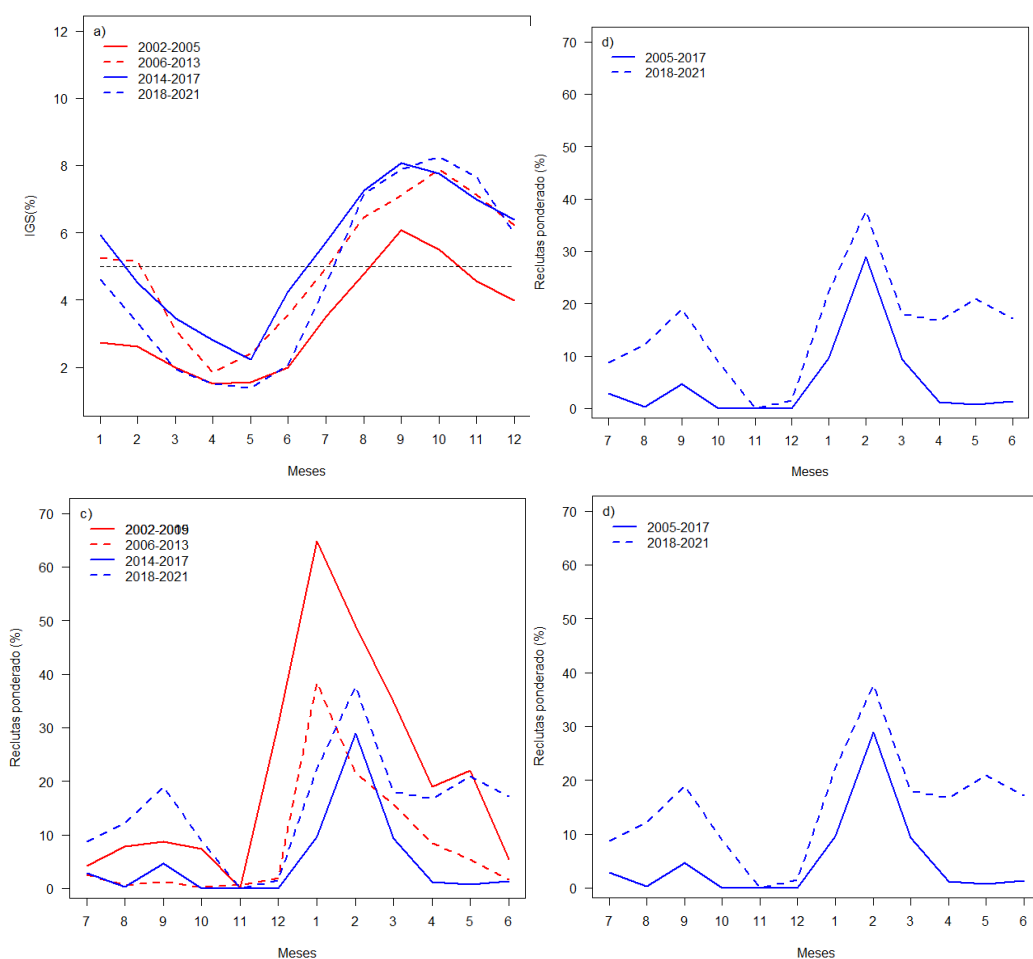


Figura 66. Ciclo anual para el índice gonadosomático entre 2002-2020 (a) y 2014-2021 (b) y para reclutas ponderados entre 2002-2021 (c) y 2005-2021 (d) para la zona centro norte.

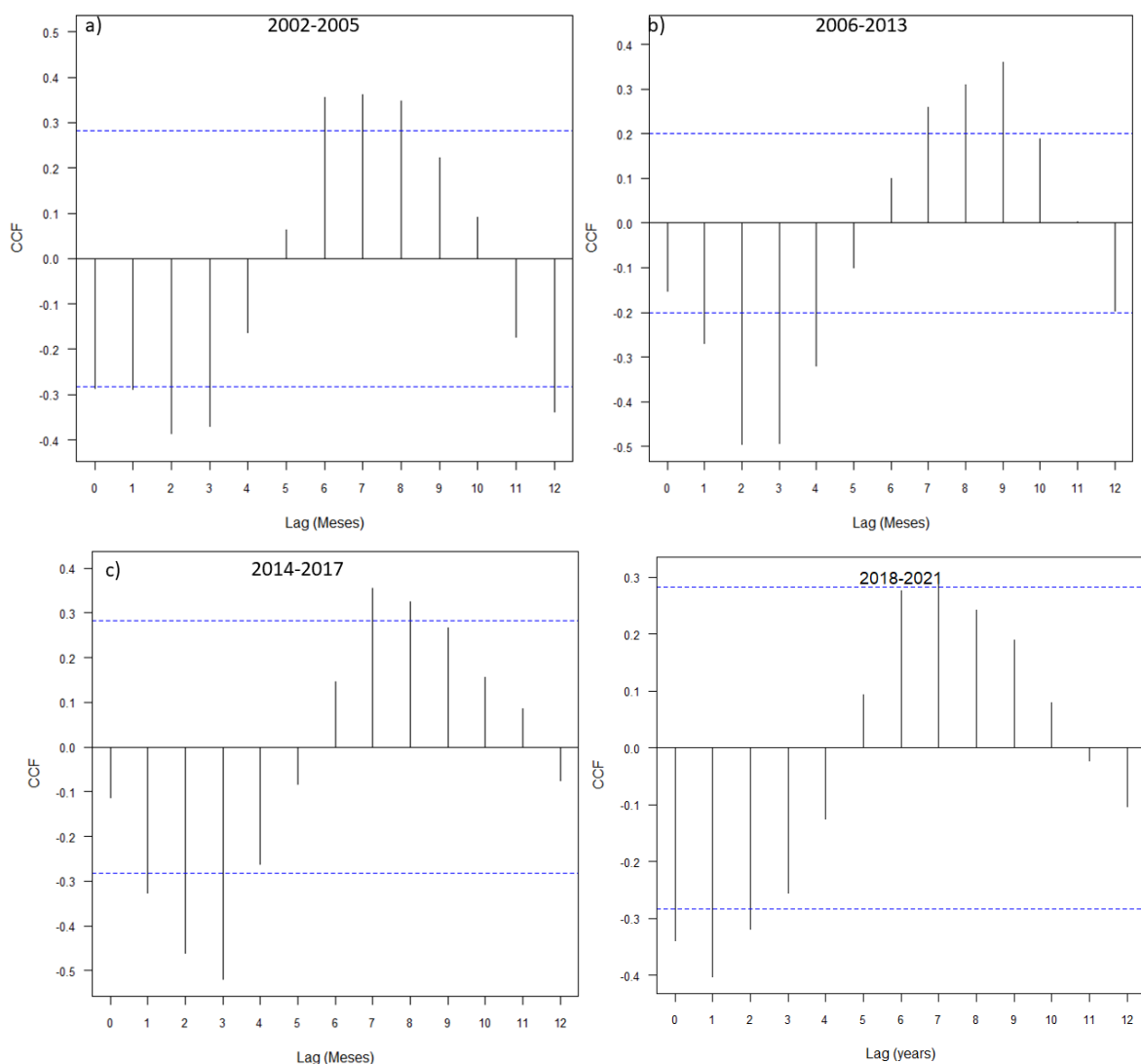


Figura 67. Correlaciones entre los reclutas ponderados y el índice gonadosomático, a) 2002-2005; b) 2006-2013, c) 2014-2017 y d) 2018-2021.

4.3 Objetivos específico 2.2.3. Caracterizar y analizar la fauna acompañante, captura incidental y sus aspectos ambientales y oceanográficos asociados a estas pesquerías, a través de la estimación de indicadores y sus variaciones espacio-temporales.

A nivel mundial se ha visto que a medida que la actividad pesquera aumenta, también lo hace la interacción con grupos de animales como mamíferos marinos (Szteren & Paez 2002), en pesquerías como las localizadas en Norteamérica, Japón, Noruega y Gran Bretaña y Chile. En Chile se reporta que el lobo común es la única especie que causa daños durante las operaciones de pesca (Oliva *et al.*, 2003) y al igual que otros pinnípedos, ha aprendido a seguir a las embarcaciones (Hückstädt & Antezana, 2003; Northridge & Hofman, 1999). Otros estudios como el realizado por Wickens (1995)



indican que las interacciones entre mamíferos y la pesquería pueden ser de dos tipos: (1) biológicas, en la que tanto pescadores como mamíferos compiten por un mismo recurso, y (2) operacionales, en la que los mamíferos son considerados perjudiciales para las actividades pesqueras, tales como enmalle en redes, rotura de paños de redes, lentitud en el virado de la red o incluso ataques a los pescadores.

Las aves marinas por su parte, son un grupo que suele alimentarse de crustáceos, moluscos y peces, lo que les permite ubicarse, junto con los mamíferos marinos, en los niveles superiores de las cadenas tróficas en el ambiente marino. Esto las convierte en un componente clave de los ecosistemas pelágicos como indicadores del estado de conservación tanto de los ecosistemas marinos como de las poblaciones de las presas que consumen (Munilla, 2014, Furness, 1978).

Es así que la evaluación del impacto de una pesquería sobre las poblaciones de mamíferos, aves o tortugas marinas presenta algunos problemas como la dificultad en la evaluación del tamaño poblacional las consecuencias de una tasa de captura incidental relativamente baja e impredecible. Sin embargo, la incapacidad de las poblaciones de delfines de recuperarse puede indicar que existen mortalidades adicionales indirectas causadas por la pesca y los efectos de otros factores que aún no son bien comprendidos (Kelleher, 2008).

Los registros de captura incidental a bordo de la flota cerquera artesanal en la zona centro norte comenzaron a registrarse parcialmente a partir del año 2017 con las pescas de investigación y a partir de mediados del 2018 con el embarque esporádico de Observadores Científicos en algunas naves que facilitaron el acceso y que disponían de habitabilidad. Es importante señalar que en el año 2020 la recopilación de información a bordo se vio afectada a partir de marzo por el tema de pandemia lo que impidió en algunas semanas embarcar observadores hasta que se evaluara la situación y se adoptarán las medidas preventivas para proteger al personal.

- **Flota artesanal anchoveta**

En la flota artesanal que operó en la zona centro norte se reportó captura incidental de 450 animales donde el 83% estuvieron constituidas por mamíferos marinos (lobo marino común) y el 17% restante a aves marinas costeras, representadas por 7 especies (**Tabla 15**). La captura de mamíferos abarcó entre el puerto de Punta Achurra (26°13'S) hasta Punta Salada (27°34'S) en la región de Atacama y en la región de Coquimbo entre Punta Choros (29°16'S) hasta Bahía Tongoy (30°16'S), reportándose solo un evento de mortalidad frente a Pta Achurra (**Figura 68A**).

La distribución espacial de captura de aves marinas presentó el mismo patrón observado en mamíferos (**Figura 68B**) y con una mortalidad de un 66%, donde los piqueros y yuncos fueron los que presentaron los mayores índices de captura y mortalidad.

Tabla 15. Captura y mortalidad incidental por especie en la flota cerquera artesanal que operó sobre el recurso anchoveta, en la zona centro norte. Datos provenientes del registro de observadores científicos sobre 261 lances de pesca comerciales durante el periodo 2018-2021.

Nombre común	Nombre Científico	Captura	Muertos	Mort (%)	CIP	CV _{CIP}	MIP	CV _{MIP}
Lobo Marino Común	<i>Otaria flavescens</i>	376	1	0,3	1,441	264	0,004	1615
Piqueros	<i>Sula variegata</i>	15	15	100	0,057	764	0,057	764
Pelicano peruano	<i>Pelecanus thagus</i>	16	1	6,25	0,061	736	0,004	1615
Yunco	<i>Pelecanoides garnotii</i>	31	25	80,65	0,119	1221	0,096	1491
Guanay	<i>Phalacrocorax bouganvilli</i>	5	3	60	0,019	1162	0,011	1202
Yeco	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	3	3	100	0,011	1615	0,011	1615
Pingüino de Humboldt	<i>Spheniscus humboldti</i>	3	1	33	0,011	1202	0,004	1615
Gaviota dominicana	<i>Larus dominicanus</i>	1	1	100	0,004	1615	0,004	1615

Mort (%) = Mortalidad = Número de animales muertos/Número de animales capturados.

Captura Incidental Promedio (CIP) = Número de animales capturados/Número de lances observados.

Coefficiente de Variación Captura Incidental Promedio (CV_{CIP}).

Mortalidad Incidental Promedio (MIP) = Número de animales muertos/Número de lances observados.

Coefficiente de Variación Mortalidad Incidental Promedio (CV_{MIP}).

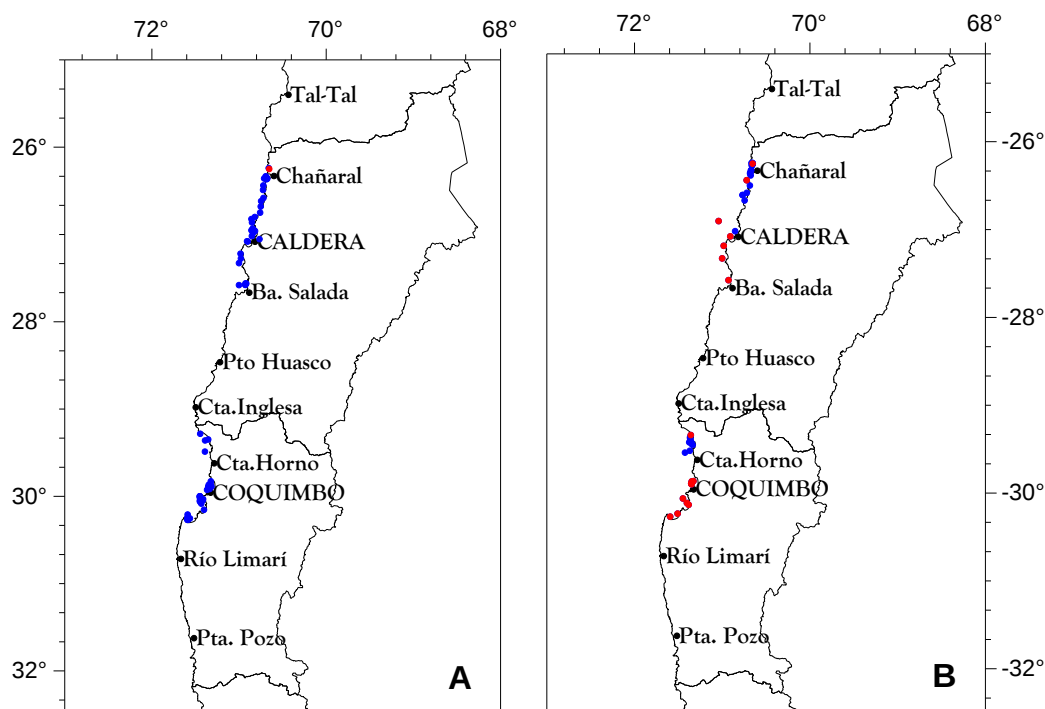


Figura 68. Distribución espacial de los lances realizados por la flota artesanal dirigidos a la captura de anchoveta, en la zona centro norte, durante el periodo 2018-2021. Lances con captura incidental (azul), lances con mortalidad incidental (rojo). A) Mamíferos marinos, B) aves marinas.



Análisis interanual

El análisis interanual de la captura incidental promedio arrojó diferencias significativas solo para el grupo de mamíferos marinos. Las mayores capturas tanto para mamíferos como aves costeras se observaron durante el año 2021. (Tabla 16).

Tabla 16. Captura incidental promedio por grupo de especie y lance ($\pm$ desviación estándar) entre años de estudio, en la flota artesanal que operó sobre el recurso anchoveta, entre la Región de ATCMA y COQ. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2018-2021. Valores P indican resultados de la Prueba de Kruskal - Wallis para comparar las capturas entre los diferentes años.

Grupo de especies	Año				valor P
	2018	2019	2020	2021	
Mamíferos marinos	0,8 $\pm$ (1,3)	1,8 $\pm$ (5,7)	0,8 $\pm$ (1,8)	2,5 $\pm$ (4,1)	0,048*
Aves marinas costeras	0,1 $\pm$ (0,4)	0,3 $\pm$ (0,9)	0,2 $\pm$ (0,8)	0,5 $\pm$ (3,2)	0,784

(*) Diferencias significativas

Análisis estacional

El análisis estacional, arrojó diferencias significativas en la captura incidental promedio tanto para mamíferos como aves costeras, cuyas mayores capturas se registraron durante la primavera y verano respectivamente, sin registros de captura de aves durante la primavera (Tabla 17).

Tabla 17. Captura incidental promedio por grupo de especie con su respectiva desviación estándar, en la flota cerquera artesanal que operó sobre el recurso anchoveta entre la región de ATCMA y COQ. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2018-2021. Valores P son el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis usada para comparar la captura entre estaciones.

Grupo de especies	Estación				Valor P
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	
Mamíferos marinos	0,2 $\pm$ (0,8)	1,6 $\pm$ (3,0)	2,2 $\pm$ (6,6)	3,8 $\pm$ (2,0)	< 2,2E-16*
Aves marinas costeras	0,4 $\pm$ (2,8)	0,2 $\pm$ (0,8)	0,3 $\pm$ (0,8)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,044*

Registro de presencia de fauna acompañante

Pesquería Artesanal de anchoveta centro norte

En el periodo 2018-2021, se reportó la captura de 8 especies y 1 grupo identificado a nivel de clase. Los peces teleósteos agruparon el 67% de las especies y el 72% del total de presencias, donde la



corvina, fue la especie con mayor presencia en este grupo. Los invertebrados estuvieron compuestos por calamares, medusas y jibias, los cuales representaron el 28% del total de registros y se observaron mayoritariamente en la región de Atacama. (Tabla 18, Figura 69 y Figura 70)

Tabla 18. Listado de especies que componen la fauna acompañante registradas como presencia a bordo de la pesquería industrial de jurel centro norte, en el periodo 2018-2021. FI: Frecuencia de Incidencia, FO (%): Frecuencia de ocurrencia. Datos provenientes de 273 lances de pesca.

Pesquería	Grupo	Nombre Científico	Nombre común	FI	FO%
Artesanal anchoveta Centro norte	Teleósteos	<i>Cilus gilberti</i>	Corvina	4	1,47
		<i>Odontesthes regia</i>	Pejerrey de mar	3	1,10
		<i>Scomberesox saurus</i>	Agujilla	2	0,73
		<i>Thyrstites atun</i>	Sierra	2	0,73
		<i>Thunnus albacares</i>	Atún aleta amarilla	1	0,37
		<i>Normanichthys crockeri</i>	Mote	1	0,37
	Invertebrados	<i>Loligo gahi</i>	Calamar	2	0,73
		Scyphozoa	Medusas	2	0,73
		<i>Dosidicus gigas</i>	Jibia	1	0,37

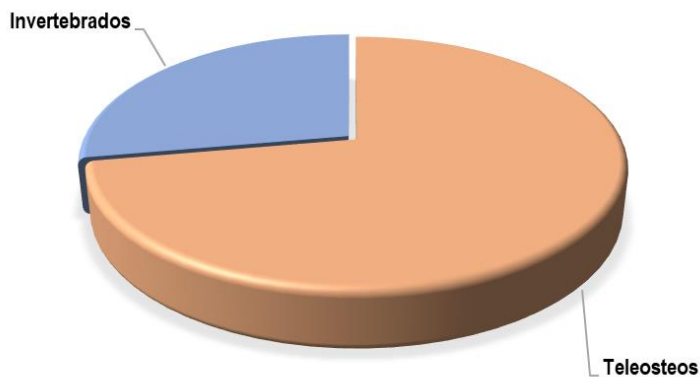


Figura 69. Proporción de la incidencia de los grupos que componen la fauna acompañante en la pesquería artesanal de jurel centro norte durante el periodo 2018-2021

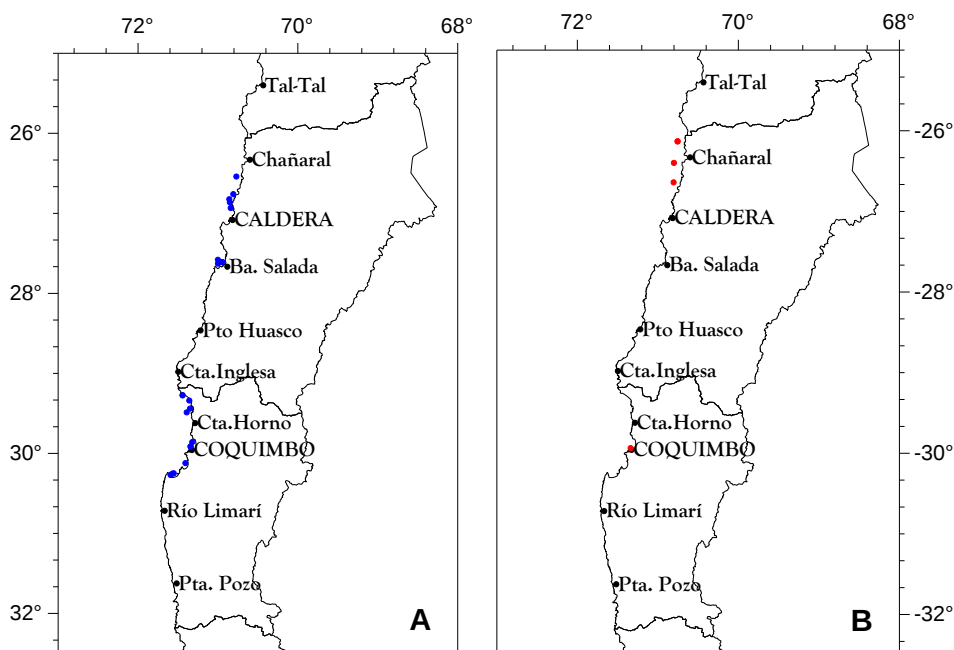


Figura 70. Distribución espacial de los lances con registro de presencia de fauna acompañante a bordo de la pesquería artesanal de jurel centro norte, durante el periodo 2018-2021. A) Teleósteos, B) Invertebrados.

4.4 Objetivos específico 2.2.4. Implementar un Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría (PMCCA) del programa de Seguimiento de las Pesquerías.

Cabe señalar que IFOP lleva a cabo un proceso de mejora continua de la calidad de la recopilación, almacenamiento y validación de los datos, en las pesquerías pelágicas de la zona norte, siguiendo el respectivo manual de muestreo de pesquerías (IT-1/PE-7-2), instructivo de trabajo enmarcado en el Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001/2015, cuya acreditación tiene el IFOP, las que contemplan revisiones constantes de los procedimientos de muestreo. En esta línea y con el propósito de avanzar hacia un análisis con enfoque ecosistémico se ha avanzado en la recopilación de las interacciones entre aves, mamíferos y las faenas de pesca, además el registro de las capturas incidentales de éstas. Esta actividad se ha desarrollado en conjunto con el proyecto Descarte para estandarizar los criterios de levantamiento de datos.

El programa de monitoreo para el manejo conlleva la responsabilidad de mantener las líneas de investigación bajo estándares de calidad actualizados y que aseguren el buen uso de los recursos disponibles. A su vez, la administración pesquera exige el diseño de acciones tendientes a identificar oportunidades de mejoras en el proceso de asesoría científica, mediante un análisis integral del proceso, desde la toma del dato hasta la generación del producto. En este camino, se busca la evaluación de pesquerías con “estándar completo” de datos y análisis, lo que desemboca finalmente en un conocimiento de calidad, confiable y seguro. Por tal motivo, el IFOP deberá mantener un proceso de recopilación de datos bajo criterios de mejoramiento continuo y deberá evaluar las mejoras requeridas en la asesoría científica para el manejo.



a) Calidad en la recopilación de datos

El IFOP lleva a cabo un proceso de mejora continua de la calidad en la recopilación, almacenamiento y validación de los datos, que en este proyecto considera el recurso anchoveta y jurel. Este proceso se encuentra certificado actualmente bajo la Norma de Calidad ISO 9001/2015 por ABS Quality Evaluations Inc, desde el año 2006 y el proyecto Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas de la zona norte ha implementado paulatinamente este formato a todas las pesquerías monitoreadas en este estudio, estrategia que se mantendrá y potenciará durante los próximos años.

b) Calidad en la asesoría

En el corto plazo se continuará revisando las tareas tendientes a identificar y mejorar algunos aspectos, tanto en la recopilación de información como en la asesoría directa. Para la identificación de los aspectos deficitarios se realizarán reuniones con los técnicos de Subpesca y en lo posible, con investigadores de otros estudios (e.g. evaluadores de stock, evaluadores directos e integrantes de los Comités Científicos), en las que se deberá consensuar una visión general sobre las mejoras requeridas, poniendo énfasis en la obtención de datos e información para que cada pesquería avance a un estado de “estándar completo”, teniendo en consideración el avance hacia un enfoque ecosistémico del manejo.

Desde la perspectiva en la mejora en la colecta de datos y su análisis, las capacitaciones a los Observadores Científicos, con el fin de perfeccionar y avanzar en las capacidades de recopilación de información a bordo. Esta capacitación consiste en la realización de cursos que abarcan diferentes ámbitos entre la toma del dato y la digitación en la base de datos, actividad que cuenta con una parte teórica y una segunda parte práctica. Además, se realizaron los cursos básicos requeridos por el Reglamento de Observadores Científicos.

Se continuarán realizando reuniones con la Subpesca, de manera de consensuar una visión sobre las mejoras requeridas, poniendo énfasis en la generación de información para alcanzar un “estándar completo” en cada pesquería, incorporando paulatinamente un enfoque ecosistémico. Uno de los aspectos de mejora identificados, tiene relación con el desarrollo de la Pesca de Investigación del proceso de reproductivo y de reclutamiento de la anchoveta. Además, de estudios que tienen que ver con recopilación de información en cuanto a diseño y tamaño de muestra a una escala temporal (semanal) que se ajuste a los requerimientos actuales para el manejo, principalmente relacionado con los procesos de reproducción y reclutamiento. En la misma línea se incrementará la presencia a bordo de los Observadores Científicos tendientes a mejorar la cobertura y oportunidad de muestreo. Todo ello redundará a mediano plazo en mejoras de la data, resultados, precisión y menor incertidumbre para focalizarlos en los estatus modelo basado de la pesquería.

Se considera revisar los tamaños de muestra para muestreos de longitud a nivel semanal utilizados en los monitoreos de reclutamiento de anchoveta en la zona centro norte.

Durante el año 2022 se analizará la información necesaria y suficiente para analizar los cambios en los procesos de desove y reclutamiento con el propósito de asesorar oportunamente a la Subpesca.



El año 2019 se realizó a solicitud de la Subpesca una reestructuración en la entrega de los resultados del informe final, separando por Unidad de Pesquería: 1) Unidad de Pesquería anchoveta y sardina española de la zona norte (Arica-Antofagasta), 2) Unidad de Pesquería anchoveta y sardina española de la zona centro norte (Caldera-Coquimbo) y 3) Unidad de Pesquería jurel y caballa de la zona norte y centro norte. Además, se incorporó un capítulo de integración de resultados para las dos primeras Unidades de Pesquería. Este formato se mantendrá e irá mejorando para facilitar el análisis de las pesquerías.

Durante el año 2020 se implementó el cálculo de las estructuras mensuales ponderadas a la captura en programación R, para disponer de la serie histórica con el propósito de mejorar los análisis internos y poner a disposición de otros equipos que lo requieran.

A mediados del año 2018 se inició la estandarización metodológica en la recopilación de datos a bordo de las embarcaciones artesanales entre los programas de seguimiento y descarte de la zona norte. A través de talleres se logró implementar que los OC de ambos proyectos realicen las mismas actividades en base a los criterios establecidos. Se contempla continuar con talleres metodológicos para asegurar la estandarización en la recopilación debido a la rotación de los OC. Los talleres se vieron afectados el año 2020 y 2021 por las restricciones de la pandemia para realizar actividades grupales en terreno.

Durante el año 2021 se dio por finalizada la validación y migración de la base de datos histórica a la base institucional.

Se considera continuar con la determinación de la ojiva de madurez a la talla y edad de anchoveta iniciada el 2020, la cual será incorporada como parte del monitoreo.



5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La serie histórica de las capturas de anchoveta en la zona centro norte presentó entre los años 2011 y 2017, una tendencia decreciente de 59 mil t a solo 17 mil t de anchoveta. Esta tendencia fue interrumpida los últimos cuatro años por capturas que promedian las 57 mil t, destacando los años 2019 y 2020 con capturas que promedian las 63 mil t. Esta variabilidad interanual podría estar relacionada con la influencia de las condiciones ambientales debido a El Niño el cual ha fluctuado de fase cálida a fría dentro del año, afectando la disponibilidad y distribución de la anchoveta (Ñiquén & Bochón, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2012; Hernández-Santoro *et al.*, 2019a). En este sentido, se destacó que el aumento en las capturas evidenciado los últimos años, estuvo asociada con ejemplares de tallas menores a 12,0 cm LT las que representaron en promedio el 20%, marcando dos pulsos de abundancia uno principal en verano y otro secundario en invierno. Lo anterior, podría ser explicado por el aumento en los niveles de clorofila en el área, lo que podría estar favoreciendo a la descendencia de las anchovetas desovadas en el verano aumentando el crecimiento asociado con una mayor temperatura y/o disponibilidad de alimento (Cerna *et al.*, 2022).

La anchoveta en la zona centro norte presentó después del año 2000, una tendencia a distribuirse en zonas más costeras, las capturas se concentraron en la franja de las primeras 10 millas, destacando desde el año 2016 la franja entre la costa y las 5 millas con un 50% de las capturas y a partir del año 2014 un desplazamiento hacia el sur tanto en la zona de Caldera como en Coquimbo. Estos cambios de distribución frente a bajas en la abundancia, son concordantes con lo reportado para California donde la sardina (*Sardinops sagax*) se trasladó hacia aguas costeras ubicadas en Baja California cuando su abundancia disminuyó y la anchoveta (*Engraulis mordax*) se desplazó hacia la cuenca sur de California (Marr, 1960; Checkley *et al.*, 2009). Lo anterior podría estar relacionado principalmente a cambios ambientales a nivel decadal e interanual que gatillan desplazamientos de estas poblaciones en busca de mejores condiciones ambientales y de alimento.

La estimación de madurez histológica en el presente estudio mostró para el año 2021 que el 50% de la población de anchoveta está madura a la edad de 4,6 meses y el 100% de la población está madura antes de los 6 meses de edad en la macrozona Arica-Antofagasta. Los datos edad-madurez de la macrozona Caldera-Coquimbo no pudieron ser ajustado a una ojiva de madurez, ya que no existiendo edades con 100% de ejemplares inmaduros y la edad cero, que es la menor, presentó un 47% de maduros. De esto se puede desprender, que se requiere una resolución más fina de la edad, días o meses, para poder saber en forma precisa la edad en que el 50% de la población está madura. Sin embargo, queda en evidencia que este recurso en ambos stocks, toda la población está madura antes de seis meses de vida, lo cual muestra que es una especie que requiere maximizar su crecimiento los primeros cuatro meses de vida para estar en condiciones de desovar.

Aunque no existe información disponible sobre edad media de madurez en enguaulidos, en términos de la talla media de madurez de *Enguaulis encrasicolus* presenta una TMM alta 11,09 cm LT en el stock de la bahía de Cádiz que presenta ejemplares con tallas máximas de 18,5 cm LT (Millan 1999). Sin embargo, esta misma especie muestra una TMM baja de 8,2 LT en el mar Adriático (Croacia), al igual que *Engruaulis japonicus* de 7,4 y 8,5 cm LT en las bahías de Osaka y Wakasa, respectivamente,



cuando en ambas especies la talla máxima de la población no supera los 14,5 cm LT (Sinovcic & Zorica 2006; Funamoto et al. 2004).

El inicio del evento reproductivo el año 2021 presentó un adelanto de 2 y 5 semanas en Caldera y Coquimbo respectivamente en comparación al año 2020, destacando respecto a la serie promedio un retraso de 2 a 3 semanas (fines de junio) en Caldera y Coquimbo respectivamente. Los cambios fenológicos observados en los últimos años, con alternancias entre retrasos y adelantos en el inicio de la actividad reproductiva, marcan una particularidad en el inicio del evento reproductivo 2021, que fue de una mayor intensidad reproductiva en ambas zonas, con valores máximos en los indicadores reproductivos de IGS, PHA, IHA e IAD desde julio a octubre. Lo anterior, gatillo el establecimiento de una veda por 45 días con una extensión de 6 semanas prolongándose hasta noviembre (primera semana) para la protección del desove del recurso, situación distinta al patrón histórico. Lo anterior, podría ser explicado por la mayor incidencia de hembras entre los 12,5 a 17,0 cm LT particularmente en la zona de Coquimbo para el año 2021, hembras de mayor tamaño caracterizadas por una mayor intensidad y duración en la actividad reproductiva, a diferencia de lo observado en los últimos 3 años cuando las hembras que sostuvieron el evento fueron con tallas entre los 12,5 a 15,0 cm LT (Böhm *et al.*, 2020) (Böhm *et al.*, 2019). La talla media de madurez ($L_{50\%}$), mostró una reducción los últimos 3 años de aproximadamente 1 cm con respecto al año 2019, calculándose para la zona centro norte un $L_{50\%}$ 9 cm LT para las hembras de anchoveta.

El peso medio para la anchoveta en la zona centro norte registró tres puntos de quiebre los años 2001, 2007 y 2015, mostrando una tendencia positiva hasta el 2014, luego una tendencia negativa hasta el año 2021 alcanzando cerca de 22 gramos. Esta tendencia negativa podría estar relacionada con una mayor participación de ejemplares de tallas menores a 12,0 cm LT observada desde el año 2016 y una disminución de la proporción de ejemplares mayores a 16,5 cm LT, principalmente en la zona de Coquimbo. Este comportamiento es similar a lo reportado en la zona norte con un aumento de ejemplares juveniles (40 a 50%) y con una escasa participación de ejemplares adultos que no superan el 1%, con impacto claro en el peso medio.

Los lances realizados por la flota artesanal de anchoveta de la zona centro norte se realizaron dentro de las primeras 16 millas de la costa, al igual que lo observado en la flota artesanal de la zona norte. Esto ha permitido la interacción, principalmente con aves marinas costeras (12 especies) y muy pocos registros con procelariiformes (3 especies) y de los cuales no existen reportes de captura incidental. La totalidad de la captura incidental de aves marinas corresponden a especies de hábitat costero y cuya composición es similar a la observada en la zona norte además de presentar una alta mortalidad (66%). Sin embargo, en esta zona destaca la captura de yuncos, los cuales se han reportado solamente entre la región de Atacama y Coquimbo y que actualmente se consideran en peligro según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Además, la mayor captura de aves observada en el periodo estival e invernal estaría asociado a una alta presencia de yuncos y piqueros (Prado, 2008) respectivamente.

La captura de lobos marinos fluctuó en rangos entre 1-45 individuos, rango mayor que el observado en la pesquería artesanal de jurel (1-15 individuos) y registrando un incremento en las interacciones y capturas durante el año 2021, dado por una mayor frecuencia de ocurrencia en sus capturas. Esta



alta probabilidad de interacción y captura se debe a factores como su amplia distribución en la costa chilena, con cerca de 37 loberas y unos 8.000 ejemplares entre la región de Atacama y Coquimbo (Bartheld et al. 2008), a sus hábitos tróficos y al hecho de que históricamente el lobo marino ha estado relacionado con actividades pesqueras (faenas en altamar y caletas de pescadores), ya que para ellos constituye una forma sencilla de conseguir su alimento, coincidiendo además con su dieta principal (Sielfeld, 1999; Arias-Schreiber, 2003). Respecto al análisis estacional de las capturas de otáridos se observa que las mayores capturas ocurren durante la primavera, esto debido a que, a pesar de ser el periodo con menor cobertura, se observó que en la totalidad de lances realizados se registró la captura de al menos un ejemplar.

La pesquería artesanal de la zona centro norte destaca la ausencia de captura de condriictios, debido a su operación más costera y por lo tanto una menor probabilidad de capturar especies de este grupo. Si bien es cierto la corvina es la especie con mayor frecuencia de captura, no existe mucha diferencia en la frecuencia de captura de las otras especies. Sin embargo, la riqueza de especies en la pesquería artesanal de anchoveta es mayor si la comparamos a las especies presentes cuando el recurso objetivo es el jurel (4 especies).

Los estudios de la presencia de fauna acompañante en la pesquería pelágica de anchoveta en complemento con los reportes de captura y desembarques medidos en peso pueden brindar, con el tiempo, información relevante para conocer las especies no objetivo asociadas a cardúmenes de anchoveta en la región de Atacama y Coquimbo y revisar las actuales resoluciones acerca de los porcentajes de captura y desembarque de dichas especies.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alheit, J., and M. Niquen. 2004. Regime shift in the Humboldt Current ecosystem. *Progress in Oceanography*, 60: 201-222.
- Arias-Schreiber, M. 2003. Prey spectrum and feeding behaviour of two sympatric pinnipeds (*Arctocephalus australis* and *Otaria flavescens*) in relation to the 1997-98 ENSO in southern Perú. M.Sc. Thesis, Faculty of Biology and Chemistry, University of Bremen, Bremen, 59 p.
- Bartheld, J., H. Pavés, C. Manque, C. Vera y D. Miranda. 2008. Cuantificación poblacional de lobos marinos en el litoral de la I a IV Región. Informe Final Proyecto FIP 2006-50: 1-124.
- Böhm M.G., C. Hernández, M. Lichtenberg, G. Perez, R. Ojeda, F. Cerna, M. Gómez, C. Machuca, M. Pizarro, T. Berguer, A. Bustamante, R. Aravena, G. Muñoz, O. Yañez. 2020. Informe Final. Convenio de Desempeño. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas de la zona norte de Chile, entre las regiones de Arica-Parinacota y Coquimbo, Pesquería anchoveta y sardina española, zona centro norte. Convenio Subsecretaría de Economía y EMT – IFOP, 289 p + Anexos.
- Böhm M.G., C. Hernández, M. Lichtenberg, G. Perez, R. Ojeda, F. Cerna, C. Machuca, H. Reyes, M. Pizarro, U. Cifuentes, R. Aravena, G. Muñoz, O. Yañez. 2019. Informe Final. Convenio de Desempeño. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas de la zona norte de Chile, entre las regiones de Arica-Parinacota y Coquimbo. Pesquería anchoveta y sardina española, zona centro norte. Convenio Subsecretaría de Economía y EMT – IFOP, 112 p + Anexos.
- Bravo, L., Ramos, M., Astudillo, O., Dewitte, B., & Goubanova, K. 2016. Seasonal variability of the Ekman transport and pumping in the upwelling system off central-northern Chile based on a high-resolution atmospheric regional model (WRF). *Ocean Science*, 12(5), 1049–1065. <https://doi.org/10.5194/os-12-1049-2016>
- Canales, M. y E. Leal. 2009. Parámetros de historia de vida de la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842, en la zona centro norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44: 173–179.
- Castro, L., A. Llanos, J. Blanco, E. Tarifeño, R. Escribano and M. Landaeta. 2001. Influence of latitudinal variations in spawning habitat characteristics on the early life history traits of the anchoveta, *Engraulis ringens*, off northern and central Chile. *GLOBEC Report* 16: 42-45.
- Cerna, F., Gómez, M., Moyano, G., Plaza, G., and Morales-Nin, B. 2022. Spatial and inter-annual changes in the growth patterns of young-of-year anchovy in a high productive ecosystem. *Fisheries Research*, 249, 106236.
- Cifuentes, U., Claramunt, G., Moreno, P., Azócar, C., Herrera, G., Pizarro, M., Bustamante, A., et al. 2022. Evaluación del stock desovante de anchoveta entre las regiones de Atacama y Coquimbo, año 2021 (Informe de Avance. Convenio Desempeño 2021. Subsecretaría



- Economía y EMT). Instituto de Fomento Pesquero. Pizarro, M., y U. Cifuentes. 2021. Condiciones oceanográficas en: Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre las regiones de Atacama y Coquimbo, año 2020. Convenio de Desempeño Subsecretaría de Economía y EMT 2019. Informe de Avance. Marzo 2020.
- Córdova, J., B. Leiva, V. Catasti, C. Valero y L. Muñoz. 2021. Evaluación hidroacústica de jurel entre las Regiones de Arica y Parinacota- Valparaíso, 2021. IT/ASIPA/2021. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile (126 p) +figs. y anexos.
- Checkley, D.M.J., P. Ayon, T. Baumgartner, M. Bernal, J.C. Coetzee, R. Emmett, R. Guevara-Carrasco, L. Hutchings, L. Ibaibariaga, H. Nakata, Y. Oozeki, B. Planque, J. Schweigert, Y. Stratoudakis and C.D. Van der Lingen. 2009. Habitats. In: Checkley D, Alheit J, Oozeki Y, Roy C (eds.), Climate Change and Small Pelagic Fish. Cambridge University Press, Cambridge, UK: 12-44.
- CIIFEN, 2021. Boletín de análisis del Océano (agosto, septiembre y octubre). Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño.
- Claramunt, G., Araya, M., Castro, L., & Herrera, L. (2022). Sobrevivencia de los estadios tempranos de anchoveta y su relación con los factores ambientales entre las regiones de Arica y Parinacota y de Antofagasta (Informe Final, FIPA 2018-34). Disponible en <https://www.subpesca.cl/fipa/613/w3-article-101105.html>
- Cubillos L., M. Canales, D. Bucarey, A. Rojas and R. Alarcón. 1999. Reproductive period and mean size at first maturity for *Strangomera bentincki* and *Engraulis ringens* from 1993 to 1997 off central-southern Chile. Investigaciones marinas, 27: 73-85.
- ENFEN. 2021. Comisión multisectorial encargada del estudio nacional del fenómeno “El Niño”. Comunicado Oficial ENFEN N°02-2021 <https://www.dhn.mil.pe/Archivos/oceanografia/enfen/comunicado-oficial/02-2021.pdf>
- Funamoto, T., I. Aoki and Y. Wada. 2004. Reproductive characteristics of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in two bays of Japan. Fisheries Research, 70(1): 71-81.
- Furness R.W. 1978. Energy requirements of seabird communities: a Bioenergetics model. Journal of Animal Ecology 47: 39-53.
- Gutiérrez M, R. Castillo, M. Segura, S. Peraltilla & M. Flores. 2012. Trends in spatio-temporal distribution of Peruvian anchovy and other small pelagic fish biomass from 1966-2009. Latin american journal of aquatic research, 40(Special Issue), 633-648.
- Hückstädt, L.A. and T. Antezana. 2003. Behaviour of the southern sea lion (*Otaria flavescens*) and consumption of the catch during purse-seining for jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) off central Chile. ICES Journal of Marine Science 60: 1003-1011.



- Hernández-Santoro, C., M. Landaeta and J. Castillo. 2019a. Effect of ENSO on the distribution and concentration of catches and reproductive activity of anchovy *Engraulis ringens* in northern Chile. *Fish Oceanogr.* 28: 241-255.
- Kelleher, K. 2008. Discards in the world's marine fisheries. An update. FAO Fisheries Technical Paper:131. Rome.
- Leiva, F., J. Gutierrez, F. Sánchez, M. Pizarro y U. Cifuentes. 2020. Evaluación hidroacústica del stock de anchoveta entre las Regiones de Atacama y Coquimbo, año 2020. Informe de Avance. Convenio de Desempeño 2019. Inst. Fom. Pesq., Chile, 58 p + figuras, tablas y anexos.
- Mamayev, O. 1975. Temperature - Salinity Analysis of World Ocean Waters. (O. I. Mamayev, Ed.), Elsevier Oceanography Series (Vol. 11). Elsevier.
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0422-9894\(08\)71167-X](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0422-9894(08)71167-X).
- Marr, J.C. 1960. The causes of major variations in the catch of the Pacific sardine, *Sardinops caerulea* (Girard). In: Rosa J, Murphy, G. (eds.). Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and Related Species. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 667-791.
- Millan, M. 1999. Reproductive characteristics and condition status of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. from the Bay of Cadiz (SW Spain). *Fisheries Research*, 41(1): 73-86.
- Munilla, I. 2014. Guía básica de aves marinas del parque nacional de las islas Atlánticas de Galicia y de las rías baixas.
- Northridge, S. P. and R. J. Hofman. 1999. Marine mammal interactions with fisheries. Pages 99–119 in J. R. Twiss Jr. and R. R. Reeves, editors. Conservation and management of marine mammals. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Ñiquen M. & M Bouchon. 2004. Impact of El Niño event on pelagic fisheries in Peruvian waters. *Deep-Sea Res.* II, 51: 563-574.
- Oliva, D., W. Sielfeld, L. Durán, M. Sepúlveda, M. Pérez, L. Rodríguez, W. Stotz y V. Araos. 2003. Interferencia de mamíferos marinos con actividades pesqueras y de acuicultura. Informe Final Proyecto FIP 03-32: 1-216. Subsecretaría de Pesca, Valparaíso.
- Prado, C. 2008. Comportamiento reproductivo de *Sula variegata*, Tschudi 1845, en acantilados de Quirilluca, Horcón, Valparaíso. *Boletín Chileno de Ornitología* 14: 104-111.
- Reyes, H. 2004. Variación espacio-temporal de las masas de agua Subtropical, Subantártica y Ecuatorial Subsuperficial en la zona norte de Chile (18°15'S-24°00'S) en el periodo 1980 – 2001. Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.
- Rutlant, J. & Montecino, V. 2002. Multiscale upwelling forcing cycles and biological response off north-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75(1), 217–231.
<https://doi.org/10.4067/S0716-078X2002000100020>



- Sepúlveda, A., L. Cubillos, S. Núñez, T. Canales, D. Bucarey, A. Rojas, J. Oliva, P. Barría, E. Díaz, V. Baros y H. Miranda. 1999. Antecedentes biológicos del stock desovante de anchoveta y sardina común de la V a IX Regiones. Informe Pre-Final FIP 97-04.
- Serra, R. 1983. Changes in the abundance of pelagic resources along the Chilean coast. In: G.D. Sharp and J. Csirke (Eds.) Proceedings of the Expert Consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18 - 29 April 1983. FAO Fish. Rep. 291 (2): 255 - 284.
- Sielfeld, W. 1999. Estado del conocimiento sobre conservación y preservación de *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) y *Arctocephalus australis* (Zimmermann, 1783) en las costas de Chile. Estudios Oceanológicos (18): 81-96.
- Sinovic, G. and B. Zorica. 2006. Reproductive cycle and minimal length at sexual maturity of *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Zrmanja River estuary (Adriatic Sea, Croatia). Estuarine coastal and shelf science, 69: 439-448.
- Subpesca. 2021. Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura. Consolidado 2020-2021. Departamento de Análisis Sectorial, 19 p.
- Szteren, D. and E. Paez. 2002. Predation by Southern sea lion (*Otaria flavescens*) and artisanal fishing catches in Uruguay. J Mar Freshw Res 53: 1161-1167.
- Wickens, P. 1995. A review of operational interactions between pinnipeds and fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 346: 1-86.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte. Manuel Blanco Encalada 839
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl