



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 norte

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2022



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2021
Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Pelágicas de la zona norte
de Chile, entre la Región Arica y Parinacota a la Región de Coquimbo, año 2021.
Pesquería anchoveta y sardina española, zona 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

Eduardo Díaz Ramos

MONITOREO RECLUTAMIENTO

Graciela Pérez Mora

CAPTURA INCIDENTAL y FAUNA ACOMPAÑANTE

Raúl Ojeda Araya

ESTUDIO DE EDAD

Francisco Cerna Troncoso
Mackarena Gómez Beltrán

OCEANOGRAFÍA

Milena Pizarro Revello
Cristian Henríquez Pastene

DATA MANAGER

Ramón Aravena González

GESTIÓN MUESTREO

Gonzalo Muñoz Herrera
Carlos Gaspar Solís

COLABORADOR:

M. Carolina García Ossandón



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Agosto 2022

PERSONAL PARTICIPANTE

E N T E R R A	Nombre	Cargo	Puerto
	Luis García Madariaga	Observador Científico Senior	Arica
	Juan Ríos Bordonos	Observador Científico	Arica
	Carlos Gaspar Solís	Coordinador de Campo	Iquique
	Marjorie Montecinos Quenaya	Observador Científico	Iquique
	Antonio Yovich Manzo	Observador Científico	Iquique
	Diego Rojas Ahumada	Observador Científico	Iquique
	Alejandro Heraldo Fernández	Observador Científico	Iquique
	Juan Almazábal García	Observador Científico	Mejillones
	Camilo Arancibia Ardiles	Observador Científico	Mejillones
A B O R D O	Felipe Orellana Meza	Observador Científico	Arica
	Patricio Muñoz Ortiz	Observador Científico	Arica
	Domingo Cerda Nieto	Observador Científico	Iquique
	Osvaldo Villanueva Castro	Observador Científico	Iquique
	Pablo Salazar Donoso	Observador Científico	Iquique
	Pablo Sanhueza Durán	Observador Científico Semi-Senior	Iquique
	Rodolfo Zamorano Argandoña	Observador Científico	Iquique

**Pesquería anchoveta y sardina española,
zona norte (Arica-Antofagasta)**



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
1. OBJETIVOS	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos	1
2. ANTECEDENTES DE LA PESQUERÍA	2
3. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Área de estudio	4
3.2. Recursos objetivos	5
3.3 Carta Gantt y principales actividades realizadas en el 2021	7
4. RESULTADOS	8
4.1 Objetivo específico 3.2.1. <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>	8
4.1.1 Gestión de muestreo	8
4.1.2 Principales características de la flota cerquera de la zona norte	15
4.1.3 Desembarques de recursos pelágicos de la zona norte	21
4.2 Objetivo específico 3.2.2. <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>	25
4.2.1 Condiciones ambientales en el Pacífico ecuatorial	25
4.2.2 La pesquería pelágica del Perú con énfasis en la Región Sur	38
4.2.3 Indicadores del desempeño de la pesquería	43
4.2.4 Recurso anchoveta	46
4.2.5 Recurso sardina española	85
4.2.6 Integración de resultados	92
4.3 Objetivos específico 3.2.3. <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>	97
4.4 Objetivos específico 3.2.4. <i>Implementar un Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría (PMCCA) del programa de Seguimiento de las Pesquerías.</i>	110
5. DISCUSIÓN	114
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119



ANEXOS (Se entregan en archivo digital junto al texto)

- 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.
- Anexo 4. Aspectos reproductivos de anchoveta (Índices macroscópicos y microscópicos).
- Anexo 5. Pesca de Investigación reproductiva.
- Anexo 6. Pesca de Investigación reclutamiento.
- Anexo 7. Base Datos Pesquería Pelágica Norte, año 2021.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Principales puertos de desembarque de la pesquería pelágica ejercida entre la zona de Arica y Antofagasta, identificando los puntos notables.....	5
Figura 2.	Principales recursos pelágicos considerados en el estudio con un resumen de la cuota de captura.....	6
Figura 3.	Anchoveta, zona norte (Arica-Antofagasta), 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.	13
Figura 4.	Número de embarcaciones industriales y artesanales (a) y capacidad de bodega promedio (b) por flota y año en la zona norte, entre 1980 y 2021.	15
Figura 5.	Capacidad de bodega desplazada y número de embarcaciones por rango para la flota industrial de la zona norte entre 1980 y 2021.	16
Figura 6.	Capacidad de bodega desplazada y número de embarcaciones por rango para la flota artesanal de la zona norte entre 1980 y 2021.	16
Figura 7.	A) Equipos de pesca utilizados en las embarcaciones industriales en la zona norte y B) embarcaciones industriales en faena de pesca con la operación de la embarcación auxiliar (panga).	18
Figura 8.	Embarcación industrial “acarreadora” Duqueco que opero en la zona norte.....	19
Figura 9.	Serie histórica de los desembarques de las principales especies pelágicas en la zona norte, 1980-2021, por puerto.	22
Figura 10.	Desembarques de las principales especies pelágicas en la zona de estudio, año 2021. Por puerto y especie (panel derecho) y acumulado por especie (panel izquierdo).....	23
Figura 11.	Desembarques semanales de anchoveta extraída por la flota cerquera total, por puerto. Año, 2021.	24
Figura 12.	Desembarques semanales de sardina española extraída por la flota cerquera total, por puerto. Año, 2021.....	25
Figura 13.	Series 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).	26
Figura 14.	Series de tiempo para el período enero 2015-marzo 2022 de a) Índice Ecuatorial ENOS (MEI.v2) y las ATSM (°C) de las regiones Niño ₁₊₂ (verde) y Niño _{3,4} (negro), b) ATSM promedio en las subáreas: norte (18°-23°S) y sur (23°-26°S), en los sectores: b) costero y c) oceánico. Diagrama Hovmöller de ATSM del área total (18°-26°S), en los sectores: d) costero y e) oceánico.	27
Figura 15.	Series de tiempo para el período enero 2015 – marzo 2022: a) Promedio de las concentraciones de clorofila-a (mg/m ³) en las subáreas: costeras norte (18°-23°S) y sur (23°-26°S), b) Diagrama Hovmöller de las concentraciones de clorofila-a (mg/m ³) en el sector costero (18°-26°S).	28
Figura 16.	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 diciembre 2020: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.	29
Figura 17.	Distribución superficial de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad superficial, d) anomalía de salinidad y e) porcentajes de participación de las masas de agua con PPMA >50%: Agua Subtropical (AST), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y Agua Subantártica (ASAA); PPMA <50% corresponden a procesos de mezcla de las masas de agua. Crucero diciembre 2020.....	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 de los meses de enero a marzo 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.....	31
Figura 19.	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 abril a junio 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.....	33
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 julio y agosto 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.....	34
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 septiembre y octubre 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.	35
Figura 22.	Distribución superficial de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad, d) anomalía de salinidad y e) porcentajes de participación de las masas de agua con PPMA >50%: Agua Subtropical (AST), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y Agua Subantártica (ASAA); PPMA <50% corresponden a procesos de mezcla de las masas de agua. Crucero septiembre-octubre 2021.....	36
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 noviembre y diciembre 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.	37
Figura 24.	Serie histórica de los desembarques anuales de anchoveta en la región sur del Perú y norte de Chile. Entre 1986-2021. (Fuente: Datos de Perú proporcionados por IMARPE).	40
Figura 25.	Serie desembarque mensual de anchoveta (promedio 2006-2014 y 2015-2018), años 2019, 2020 y 2021 en la A): región sur del Perú y B): norte de Chile.	40
Figura 26.	Desembarque mensual de anchoveta en la Región Sur del Perú entre el 2012 y 2021, por puerto. (Fuente: IMARPE).....	42
Figura 27.	Evolución de las capturas por especies en la zona norte y su relación con El Niño (panel superior) y la proporción de especies, 1955-2021.....	44
Figura 28.	Principales indicadores operacionales de la pesquería en la zona norte por flota y total entre 1980 y 2021. a) captura; b) viajes con pesca; c) capacidad de bodega desplazada y d) rendimiento de pesca.	45



Figura 29.	Principales indicadores operacionales de la pesquería de anchoveta en la zona Arica-Antofagasta entre 1980 y 2021. Flota industrial y flota artesanal. Las líneas verticales marcan los cambios de productividad del sistema.	47
Figura 30.	Evolución de las áreas de perforación industrial situadas en la zona exclusiva artesanal en la zona norte entre 1985 y 2021.	48
Figura 31.	Evolución de las capturas de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta) en el período 2010-2021. a) Capturas mensuales por flota. b) capturas anuales de la flota industrial y c) capturas anuales de la flota artesanal.	49
Figura 32.	Distribución de las capturas de anchoveta por viaje de pesca en la zona norte, años 2000 a 2021.	50
Figura 33.	Indicadores espaciales para la anchoveta en la zona 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.....	51
Figura 34.	Evolución en la proporción de captura de anchoveta en la zona norte, por distancia de la costa. Años 1986 a 2021.	52
Figura 35.	Evolución mensual de las capturas de anchoveta en la Zona de Arica-Antofagasta, años 2007 a 2013.....	54
Figura 36.	Distribución mensual de las capturas por viaje de pesca de anchoveta en la zona norte, años 2013 a 2021.....	55
Figura 37.	Proporción mensual de la anchoveta extraída en la zona norte, por grupo de tamaño entre 1988 y 2021. Grupo de longitud $\leq 11,5$ cm LT (gris), grupo 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).	56
Figura 38.	Talla media para anchoveta en la zona 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.....	56
Figura 39.	Captura en número de anchoveta en la zona norte, por tallas. Flota total, año 2021.	57
Figura 40.	Distribución de frecuencias de longitudes en las capturas de anchoveta en la zona norte. Flota total, años 2020 y 2021.	58
Figura 41.	Serie histórica de la estructura de talla anual de anchoveta en la zona norte. Años 2003 a 2021.	59
Figura 42.	Variación mensual del índice gonadosomático de la anchoveta en la zona norte, entre 2010 y 2021, y series 2000-2009 y 2010-2020. La línea en IGS 5% representa el valor referencial de actividad reproductiva.	60
Figura 43.	Variación semanal del índice gonadosomático de la anchoveta en la zona norte, para el año 2021 y para las series 2000-2009 y 2010-2020 (con intervalo confianza 95%). La línea en IGS 5% representa el valor referencial de actividad reproductiva.	61
Figura 44.	Mes de inicio y término del periodo reproductivo, según IGS = 5%, como referencial de la actividad ovárica, y de valor máximo (IGS), entre 2000 y 2021 (a). Duración del periodo reproductivo, según criterio IGS 5% (b).	62



Figura 45.	Variación mensual del índice gonadosomático de la anchoveta en la zona norte y por zonas, para hembras mayores e iguales a 12,0 cm y por grupos de tamaños. La línea en IGS 5% representa el valor referencial de actividad reproductiva.	63
•	Análisis microscópico zona norte.....	63
Figura 46.	Variación semanal del índice de hembras sexualmente activas de anchoveta en la zona norte, para el año 2021 y para las series: 2001-2009 y 2010-2020 (con desviación estándar).	64
Figura 47.	Variación semanal del Índice de Actividad de Desove de anchoveta en la zona norte, para el año 2021 y las series 1999-2009 y 2010-2020 (con desviación estándar). La línea horizontal de IAD 25% representa el valor referencial del periodo de mayores desoves.	65
Figura 48.	Rango de temperatura superficial del mar (a) y de profundidad media (b) de lances con incidencia de hembras desovantes de menos 24 h (hidratadas y con folículos postovulatorios I a IV).	66
Figura 49.	Variación mensual del Índice de Actividad de Desove de anchoveta por zonas (a) y por grupos de tamaños (b). La línea horizontal de IAD 25% representa el valor referencial del periodo de mayores desoves.	67
Figura 50.	Variación mensual del indicador de desove de anchoveta en la zona norte, entre 2010 y 2021, y para las series 2000-2009 y 2010-2020. La línea horizontal de IAD 25% representa el valor referencial del periodo de mayores desoves.	68
Figura 51.	Variación semanal del Índice de Atrésia Ovárica de anchoveta en la zona norte, para el año 2021 y las series 1999-2009 y 2010-2020 (con desviación estándar).	69
Figura 52.	Anomalía semanal del IAD para las series 1999-2009 y 2010-2020, y para el año 2021 (triángulos) y del IGS para el año 2021 (línea) de anchoveta en la zona norte, respecto al criterio de máxima intensidad de desove ($IAD \geq 25\%$) y de máxima actividad ovárica ($IGS \geq 6\%$).	70
Figura 53.	Tendencia semanal de indicadores de actividad ovárica (IGS e IHA) y de desove (IAD) de anchoveta en la zona norte (las líneas verticales acotan el periodo de muestreo para la ojiva de madurez).	71
Figura 54.	Proporción de inmaduros y maduros a la talla de hembras de anchoveta de la zona norte, año 2021	72
Figura 55.	Estimados de madurez a la talla ($L_{50\%}$) de hembras de anchoveta en la zona norte.....	72
Figura 56.	Ojiva de maduras en edad de hembras de anchoveta de la macrozona Arica-Antofagasta. La línea entrecortada indica la posición de la edad media de madurez.	73
Figura 57.	Captura acumulada durante noviembre 2021 – abril 2022, por flota y región	76
Figura 58.	Estructura de talla de anchoveta de la flota comercial por región a) flota artesanal, b) flota industrial y c) flota total.	77
Figura 59.	Porcentaje de incidencia de la fracción juvenil de anchoveta ponderadas (número) a la captura noviembre 2021 - abril 2022, a) Porcentaje flota total, b) porcentaje flota industrial, c) porcentaje flota artesanal.	78
Figura 60.	Posición geográfica de los viajes muestreados (flota Industrial y artesanal) en la zona norte.	80



Figura 61.	Incendencia (%) semanal de la fracción juvenil de anchoveta ponderadas a la captura, regiones de Arica y Parinacota a Antofagasta, monitoreo a) noviembre 2021- abril 2022 y b) octubre 2020 - al 20 de abril 2021.....	82
Figura 62.	Serie histórica semanal del porcentaje de incidencia de la fracción juvenil de anchovetas, zona norte, años 1997- abril 2022. La línea punteada marca el 30% de incidencia de ejemplares $\leq 11,5$ cm LT.....	83
Figura 63.	Evolución de la condición corporal (FC) para anchoveta entre 1989 y 2021, puntos de interrupción obtenidos por la función BFAST (línea de puntos negros) y la tendencia (línea roja).....	84
Figura 64.	Evolución del peso medio en gramos (PM) para anchoveta entre 1989 y 2021, puntos de interrupción obtenidos por la función BFAST (línea de puntos negros) y la tendencia (línea roja).....	84
Figura 65.	Evolución de las capturas de sardina española en la zona 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.....	86
Figura 66.	Evolución anual de las capturas de sardina española en la zona norte, años 2000 a 2021.	87
Figura 67.	Evolución en la proporción de captura de sardina española en la zona norte, por distancia a la costa. Años 1986 a 2021.....	88
Figura 68.	Proporción mensual de sardina española en la zona norte, por grupo de tamaño entre 1988 y 2021. Grupo de longitud ≤ 20 cm LT (gris), grupo entre 20 a 25 cm LT (rojo), grupo 25 a 30 cm LT (verde) y el grupo >30 cm LT (azul).	89
Figura 69.	Talla media para sardina española en la zona norte entre 1988 y 2021. Las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo de longitud anual.	89
Figura 70.	Captura en número de sardina española según tallas, zona norte. Flota total, año 2021.	90
Figura 72.	Distribución de frecuencias de longitudes en las capturas de sardina española, zona norte. Flota total, año 2021.....	91
Figura 73.	Evolución de la temperatura satelital (panel superior) y la descomposición de la serie en estacionalidad (panel inferior) y tendencia en el largo plazo (línea roja en panel superior), entre 1988 y 2017. La línea punteada marca los puntos de quiebre para la serie por función Bfast.....	92
Figura 74.	Evolución de la temperatura estacional (línea entera) e IGS (línea punteada) para los periodos estimados por función Bfast para la temperatura.	93
Figura 75.	Evolución de los reclutas ponderados y el índice gonadosomático de la anchoveta entre los años 2000 y 2021.	95
Figura 76.	Ciclo anual del índice gonadosomatico (IGS) (a) y de los reclutas ponderados de anchoveta en la zona norte (b y c) entre 2000 y 2021.....	96
Figura 77.	Correlaciones entre los reclutas ponderados y el índice gonadosomático de la anchoveta en la zona norte para las series a) 2000-2009; b) 2010-2014; c) 2015-2021 y d) 2016-2021.	97
Figura 78.	Distribución espacial de los lances con registros de captura (azul) y mortalidad incidental (rojo) realizados por la flota artesanal sobre el recurso anchoveta. A)	



	Mamíferos marinos, B) Aves marinas costeras, C) Procelariformes, D) Tortugas marinas	100
Figura 79.	Distribución espacial de los lances con registros de captura (azul) y mortalidad incidental (rojo) realizados por la flota industrial sobre el recurso anchoveta. A) Mamíferos marinos, B) Aves marinas costeras, C) Procelariformes, D) Tortugas marinas	102
Figura 80.	Tipo de interacción de mamíferos (A) y aves marinas (B) con las operaciones de pesca comercial de la flota artesanal e industrial de anchoveta en la zona norte, durante el periodo 2017-2021. AC: Alimentándose de la captura, AD: Alimentándose de desechos, CA: Capturado por el arte.	106
Figura 81.	Momento de interacción de mamíferos (A) y aves marinas (B) con las operaciones de pesca comercial de la flota artesanal e industrial de anchoveta en la zona norte, durante el periodo 2017-2021.	107
Figura 82.	Proporción de la presencia de los grupos que componen la fauna acompañante en la pesquería industrial de anchoveta norte durante el periodo 2017-2021	109
Figura 83.	Distribución espacial de los lances con registro de presencia de fauna acompañante a bordo de la pesquería industrial de anchoveta norte, durante el periodo 2017-2021. A) Teleósteos, B) Condrictios, C) Invertebrados.	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Límites de las zonas consideradas en el área de estudio.	4
Tabla 2.	Dotación de Observadores Científicos y Coordinadores, por puerto. Año 2021.....	8
Tabla 3.	Capturas (t) mensuales por especies en toda la zona monitoreada (Arica a Antofagasta), proporción monitoreo (%) y cobertura (%) muestral.....	10
Tabla 4.	Número de Bitácoras totales de la pesquería pelágica zona norte, recabadas para la estimación de los indicadores pesqueros, por puerto y mes, año 2021.	11
Tabla 5.	Número de embarcaciones (N°) y capacidad de bodega (CB) promedio con operación en la zona norte por flota y rango de bodega entre 1980 y 2021.....	20
Tabla 6.	Principales características de las redes anchoveteras utilizadas por la flota según capacidad de bodega en la zona norte.....	21
Tabla 7.	Desembarques (t) mensuales de anchoveta de la flota cerquera en la zona norte, por puerto. Año 2021.....	24
Tabla 8.	Desembarques (t) mensuales de sardina española de la flota cerquera en la zona norte, por puerto. Año 2021.....	24
Tabla 9.	Porcentaje de captura de anchoveta en la zona norte, por rango latitudinal. Años 1986 a 2021.	52
Tabla 10.	Parámetros del ajuste logístico entre la proporción de madurez y la edad con su error estándar (EE), significancia de los parámetros y del ajuste don n corresponde al tamaño de muestra. Se incluye además la estimación de la edad media de madurez (E50%).	73
Tabla 11.	Límites de las regiones consideradas en el área de estudio.	74



Tabla 12.	Periodos de cierre por veda de reclutamiento en la zona norte, 2022.....	75
Tabla 13.	Resumen de la actividad extractiva de la flota comercial de la zona norte, periodo noviembre 2021 a abril 2022.	76
Tabla 14.	Porcentaje de captura de sardina española en la zona norte, por rango latitudinal. Años 1980 a 2021.	88
Tabla 15.	Análisis de varianza del modelo GLM y GAM para IGS de anchoveta, con sus correspondientes valores F, AIC y Pseudo coeficiente de determinación.	94
Tabla 16.	Captura y mortalidad incidental por especie en la flota cerquera artesanal que operó sobre el recurso anchoveta, en la zona norte. Datos provenientes del registro de observadores científicos sobre 830 lances de pesca comerciales durante el periodo 2017-2021.	99
Tabla 17.	Captura y mortalidad incidental por especie en la flota cerquera industrial que operó sobre el recurso anchoveta, en la zona norte. Datos provenientes del registro de observadores científicos sobre 3.772 lances de pesca comerciales durante el periodo 2017-2021.	101
Tabla 18.	Captura incidental promedio por grupo de especie ($\pm$ desviación estándar) entre años de estudio, en la flota cerquera que operó entre la Región de AyP y ANTOF. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2017 - 2021. Valores indican resultados de la Prueba de Kruskal-Wallis para comparar las capturas promedio entre los diferentes años. (AA: Artesanal Anchoveta, IA: Industrial Anchoveta, IJ: Industrial Jurel).....	103
Tabla 19.	Captura incidental promedio por grupo de especie ($\pm$ desviación estándar) entre tipo de pesquería en la flota cerquera que operó entre las regiones de AyP y Antof. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2017-2021. Valores P indican resultados de la Prueba de Kruskal-Wallis usada para comparar la captura entre pesquerías.....	104
Tabla 20.	Tasa media de la captura incidental por grupo de especie ($\pm$ desviación estándar), en la flota cerquera industrial que operó sobre el recurso anchoveta en la zona norte. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2017-2021. Valores P son del test de Kruskal-Wallis para comparar estaciones. (AA: Artesanal anchoveta, IA: Industrial anchoveta)	105
Tabla 21.	Listado de especies que componen la fauna acompañante registradas como presencia a bordo de la pesquería industrial de anchoveta en la zona norte, en el periodo 2017-2021. FI: Frecuencia de Incidencia, FO (%): Frecuencia de ocurrencia. Datos provenientes de 3.431 lances de pesca.	108



RESUMEN EJECUTIVO

Se analizan los principales indicadores biológicos-pesqueros de la pesquería de anchoveta y sardina española ejercida en la zona norte (Arica-Antofagasta) en el año 2021, comparándolos con la serie histórica reciente y los resultados del monitoreo de desove (junio 2021 a enero 2022) y del monitoreo del reclutamiento (octubre 2021 a marzo 2022) de la anchoveta.

La condición oceanográfica registró dos eventos ENOS fríos La Niña en la zona ecuatorial, el primero de ellos se inició en agosto de 2020 y se extendió hasta marzo de 2021, posteriormente y luego de un breve período neutral, un nuevo evento la Niña se declaró en septiembre de 2021 el que se mantuvo hasta marzo de 2022. A nivel local, la zona norte de Chile (18°S-27°S) presenta una tendencia decreciente en la TSM desde marzo-abril de 2020, sin embargo, esto ha sido más notable entre Arica y Mejillones. En general en 2021 la zona norte estuvo bajo una condición fría, débil a comienzos de año, seguido por algunos meses con características neutrales, aunque con ATSM negativas y positivas, y un final de año frío, el que se intensificó a comienzos de 2022. La subzona Arica a Mejillones fue la más afectada por la condición fría. Las concentraciones de clorofila-a de este año, fueron comparativamente altas, con las mayores concentraciones de la serie 2015-21 en la subzona al sur de Mejillones.

La pesquería pelágica de la zona Arica-Antofagasta ha presentado alternancia en los pequeños pelágicos que habitan el ecosistema, destacando tres periodos, el primero entre 1955 y 1976 centrado principalmente en la captura de anchoveta, un segundo período que comienza a mediados de la década del 70 con bajos niveles de anchoveta y un aumento notable en la abundancia de sardina española, especie que sostuvo la pesquería hasta fines de la década de los 80s, con capturas promedio de 1,8 millón de t (1978-1989). El tercer periodo abarca desde 1986 y se caracteriza por una mayor abundancia y estabilización en las capturas de anchoveta, las que se nivelan en torno a los 1,3 millones de t, cifra que disminuye a un promedio de 790 mil t (2006-2014), no superando en el último quinquenio capturas promedio de 500 mil t.

En el año 2021, las capturas de anchoveta en la zona norte alcanzaron las 377 mil t, cifra 28% superior respecto al año anterior, aumento relacionado probablemente con el menor efecto de las restricciones impuestas por la pandemia durante el 2020. Sin embargo, las capturas en la zona mostraron una disminución con respecto al periodo 2006-2018, asociado a la distribución costera de la anchoveta (80% entre la costa y las 10 millas de la costa) y una mayor presencia de juveniles, lo que limitó el accionar de la flota en determinadas áreas y semanas, sumado a las restricciones legales impuestas a la flota industrial a partir de octubre 2019 para ingresar a la zona de reserva artesanal, área que históricamente fue perforada por esta, situación que se mantuvo durante el 2021. Históricamente las capturas de anchoveta se concentraron en las primeras 20 millas de la costa, observándose un cambio importante en el período 2015-2021 marcado por un aumento de estas en las primeras 5 millas de la costa con un promedio de 21% y 56% entre 5 y 10 millas, respecto a la serie entre 2000-2014 cuando solo el 12% de las capturas en promedio se concentraron entre costa y las 5 millas y 21% entre 5 y 10 millas.



Históricamente la estructura de talla de la anchoveta en la zona Arica-Antofagasta se centró en ejemplares de 14,5 a 16,5 cm LT, tendencia que varió a partir del 2008, por una parte, con una disminución de las tallas modales la que se intensifica en los últimos años y por otra, el aumento de la presencia de ejemplares juveniles, no sólo en el período diciembre-febrero, sino en gran parte del año a partir del 2016 sumado a una virtual ausencia de los ejemplares >16,0 cm LT en la pesquería. Los cambios en la estructura de tallas se reflejan en la talla media anual de anchoveta, la cual presenta una tendencia decreciente a partir del año 2000 (15,5 cm LT) disminuyendo hasta alcanzar los 11,3 cm LT los dos últimos años.

La serie histórica del monitoreo del reclutamiento señala que en los últimos seis años (2015-2021) el porcentaje de incidencia de la fracción juvenil en número a la captura registró valores promedio >30%, tendencia distinta a los estimados en años anteriores donde se observaba una presencia estacional que no superaba el 20%. Es importante señalar que estos altos porcentajes también se han registrado fuera del periodo establecido del monitoreo (octubre-marzo), razón por la cual este se ha extendido hasta abril y mayo e incluso ha permanecido durante el resto del año.

En anchoveta, los indicadores gonadales reflejaron un marcado repunte del indicador entre fines de junio e inicios de julio, evidenciando el inicio de la estacionalidad reproductiva en el 2021, con mayores registros entre julio y mediados de septiembre. Por su parte, los desoves se intensificaron entre inicios de julio e inicios de octubre, con máximos en septiembre, indicando el periodo de máxima intensidad de desove (MID) de aproximadamente 3 meses. Los antecedentes del comportamiento reproductivo de la anchoveta en el 2021 indicaron un adelantamiento en el inicio de la actividad ovárica y de la intensificación de los desoves, respecto a los últimos años, evidenciando una tendencia acorde al patrón antiguo (1999-2009).

En el caso de la sardina española se han observado en los últimos cuatro años capturas incipientes de este recurso alcanzando las 613 t en el último año, cifra inferior al promedio 2018-2020 que alcanzo las 1359 t. La distribución de tallas presentó una estructura bimodal conformada por ejemplares de 14,5 a 31,0 cm LT, con moda principal en 28,0 cm LT y una secundaria en 16,0 cm.

Con respecto a la captura incidental durante el periodo 2017-2021, se reportó tanto un mayor número de animales capturados como número de especies en la pesquería industrial de anchoveta, debido al mayor esfuerzo de observación a bordo en esta pesquería. La captura de otáridos representó el grupo de mayor incidencia, principalmente en el periodo invernal.



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 DE LA PESQUERÍA

En la actualidad, la pesquería de cerco ejercida entre la zona de Arica y Antofagasta se sustenta en el recurso anchoveta y en forma secundaria en el jurel y caballa. Al respecto, esta pesquería presentó, entre 1985 y 1990, síntomas de inestabilidad asociados a una prolongada sobreexplotación y posterior colapso de la sardina española, principal recurso de este período. Esta situación se tradujo en una importante disminución de los volúmenes extraídos, los que se estabilizaron en el período 1990-1995 en los 1,8 millones de t.

Paralelamente y después de trece años de baja abundancia de anchoveta (1973-1985) se observó la recuperación de este recurso a partir de importantes desoves registrados en 1985 y un exitoso reclutamiento en 1986. Desde 1992, la pesquería de la zona norte es nuevamente sustentada por la anchoveta (70 al 85%), especie que comparte con una pesquería de similares características desarrollada en la Región Sur del Perú (Ñiquén *et al.*, 1999).

En 1998 las capturas totales experimentaron la caída histórica más importante de la pesquería, alcanzando la captura más baja (240 mil t), hecho asociado a un evento climático-oceanográfico de gran magnitud, El Niño 1997-98, debido a la profundización del recurso afectando su vulnerabilidad. La actividad extractiva se recuperó rápidamente, alcanzando en 1999-2002 un promedio de 1,3 millones de t. Es importante señalar, que asociado a El Niño 2002-2003 se alcanzó en el año 2002 la cifra de 1,5 millones de t, dado el fuerte aumento de las capturas de anchoveta. Sin embargo, en el 2003 las capturas totales experimentaron una fuerte caída, los cambios en los niveles están asociados con los cambios de distribución (vertical y horizontal) que experimentan los recursos, cambios que podrían afectar su vulnerabilidad y por ende la disponibilidad. Esta situación cambió en el 2004 registrándose 1,74 millones de t, con un fuerte aumento de la anchoveta (196%), no obstante, en los seis años siguientes las capturas experimentaron importantes fluctuaciones con tendencia descendente alcanzando las 620 mil t en el 2010.

Esta tendencia a la baja se vio interrumpida el año 2011, con niveles de capturas que superaron el millón de t, asociado a una mayor disponibilidad de anchoveta (+120%). Sin embargo, a partir del 2012 este comportamiento descendente continúa con fluctuaciones, registrándose una fuerte caída en el 2016 con un desembarque cercano a las 270 mil t, segunda cifra más baja que no se observaba desde el año 1998. Es importante señalar que entre el 2016 y 2021 se observó una tendencia descendente en las capturas de anchoveta, alcanzando en el último año las 266 mil t. En este período destaca un aumento en la participación de la flota artesanal dado la mayor disponibilidad de anchoveta en áreas costeras. En síntesis, las capturas de la zona norte muestran una tendencia fluctuante asociada principalmente con la variabilidad en las condiciones ambientales y el desplazamiento del recurso entre el sur del Perú y norte de Chile y viceversa.

El ecosistema marino donde se desarrolla la pesquería pelágica del norte de Chile ha experimentado a través de su historia importantes cambios climáticos oceanográficos de corta y larga duración. En la anchoveta, especie de distribución superficial y costera, las alteraciones oceanográficas que se presentan en esta área introducen factores desestabilizadores que afectan los procesos de migración, reclutamiento y reproducción y modifican su comportamiento gregario. Dado los importantes cambios



biológico-pesqueros que introducen en la pesquería pelágica los cambios climáticos y/o oceanográficos de corto y largo plazo se incorporarán indicadores ambientales que apoyen el ir avanzando a sustentar un análisis integral de mayor complejidad conducente a un mejor diagnóstico de los recursos (Parada *et al.*, 2013, Yáñez *et al.*, 2001; Chávez *et al.*, 2003 Gómez, 2007, Ulloa *et al.*, 2001).

La reproducción de los peces pelágicos es un proceso complejo que involucra cambios fisiológicos y somáticos que culminan con el desove, el cual da inicio a una nueva generación de individuos en la población. La comprensión de estos procesos y las etapas posteriores de reclutamiento constituyen aspectos importantes de la biología pesquera, permitiendo entender el papel que juegan estos procesos en las fluctuaciones de la abundancia de las poblaciones ícticas.

Los cambios en los parámetros reproductivos son el reflejo de mecanismos regulatorios de los tamaños de stock y de las características del medio ambiente. Es importante estudiar las variaciones registradas en una época reproductiva respecto de otra, para dilucidar las causas y así entender los procesos biológicos básicos a través de un amplio conocimiento sobre la dinámica reproductiva del stock desovante, lo que permite fortalecer el entendimiento del proceso de reclutamiento, dándole sustentabilidad a la actividad (Claramunt *et al.*, 2014; Hernández-Santoro *et al.*, 2019a).

Las variaciones que experimenta el potencial reproductivo pueden observarse tanto a nivel de la frecuencia del desove como en la fecundidad (Lasker & Smith, 1977), producto de la estructura del stock, de factores ambientales, de la disponibilidad de alimento y de mecanismos compensatorios (i.e. disminución de la talla de madurez sexual).

La estacionalidad del periodo reproductivo está sujeta a señales ambientales óptimas, en tanto, la disponibilidad y calidad del alimento son factores fundamentales para el desarrollo metabólico y el reproductivo (Ottersen *et al.*, 2010). En este aspecto, el estrés metabólico debido a alteraciones en las condiciones abióticas y bióticas del sistema, pueden generar respuestas fisiológicas que se traducen en desfases del periodo de desove, con implicancias en la calidad de los huevos, larvas y mortalidad de los primeros estadios (Ulloa *et al.*, 2001).

Finalmente, se enfatiza que los marcados cambios de disponibilidad y abundancia de la anchoveta ponen de manifiesto que los procesos de reclutamiento y desove deben ser monitoreados a través de investigaciones oportunas. En este sentido, es imprescindible que las investigaciones y regulaciones de los procesos vitales se efectúen en los periodos de máxima intensidad, lo cual generará una base robusta para apoyar las otras medidas de regulación, optimizándose así la administración pesquera.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

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 de Arica y Parinacota a Coquimbo, entre los 18°21' y 24°00'S, desde la costa hasta las 200 millas, dividida en tres zonas de pesca (**Tabla 1** y **Figura 1**). En el caso de nominar la zona Arica-Antofagasta se designará como zona norte.

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

	Zona	Límite norte	Límite sur
Zona norte	Arica	18°21' -	19°30'S
	Iquique	19°30' -	21°30'S
	Antofagasta	21°30' -	24°00'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: Arica y Parinacota (AyP); Tarapacá (TPCA) y Antofagasta (ANTOF).

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.

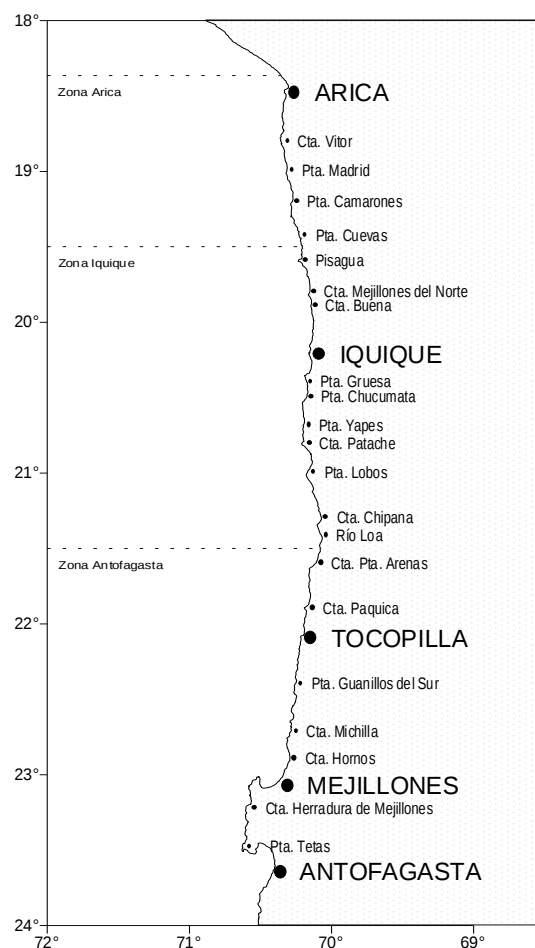
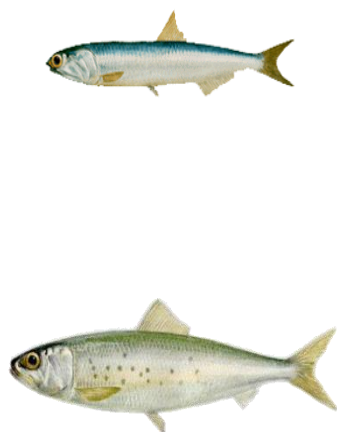


Figura 1. Principales puertos de desembarque de la pesquería pelágica ejercida entre la zona de Arica y Antofagasta, identificando los puntos notables.

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 Antofagasta.

Al respecto, de los recursos objetivos el único que no está sometido a cuota global de captura ni límite máximo de captura por armador (LMCA) es la caballa. 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*), machuelo (*Ethmidium maculatum*) y cojinoba del norte (*Seriorella violacea*).



Anchoveta, <i>Engraulis ringens</i> (AyP-ANTOF) ¹	
Cuota global 2021	: 748.700
Investigación	: 137
Imprevistos	: 7.437
Cuota Consumo Humano	: 7.437
Cuota objetivo (CO)	: 728.689
Fauna acompañante	: 0
CO Flota Industrial	: 617.905
CO Flota Artesanal	: 110.784
(1): por Decreto se designa a anchoveta y sardina española.	

Sardina española, <i>Sardinops sagax</i> (AyP-ANTOF) ¹	
Cuota global 2021	: 748.700
Cuota objetivo (CO)	: 5.000
CO Flota Industrial	: 1.485
CO Flota Artesanal	: 3.515
Fauna acompañante	: 0
(1): por Decreto se designa a anchoveta y sardina española.	

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 y 2022.

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.
- 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 del recurso anchoveta de la zona norte.
- Participación en los Comités Científicos de pequeños pelágicos.



4. RESULTADOS

4.1 Objetivo específico 3.2.1. *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 industrial y artesanal y de los desembarques realizados en la zona Arica-Antofagasta durante el año 2021 comparándolos con el año 2020.

4.1.1 Gestión de muestreo

Centros de Muestreos y distribución del personal

La administración, planificación y control general de los procesos de datos radica en el Departamento Gestión de Muestreo (DGM), que está a cargo del Jefe del Departamento (JDGM) y Coordinador General (CG), ambos con base en Valparaíso. En tanto, en regiones, la responsabilidad es del Coordinador de Campo (CC), el que supervisa en terreno el trabajo desarrollado por los observadores científicos, responsables de la recopilación de datos a bordo y en tierra (**Tabla 2**).

Tabla 2. Dotación de Observadores Científicos y Coordinadores, por puerto. Año 2021.

Región	Centro de muestreo	N° Obs científicos embarcados	N° Obs científicos en tierra	BASE	Coordinador de campo	Coordinador general
Arica-Parinacota	Arica	2	2	Iquique	1	1
Tarapaca	Iquique	5	5			
Antofagasta	Antofagasta	-	2			
Total		7	9			

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

La dotación de observadores científicos se focaliza en los centros de muestreo de Arica e Iquique dado que la mayor actividad extractiva pelágica, en términos de volúmenes descargados y flota, se concentra en esas regiones. En el caso de Mejillones, los desembarques son menores y se cubren con traslados de OC de Iquique para fortalecer los muestreos tanto de tierra como a bordo. Al respecto, 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 norte.



Las competencias y aptitudes necesarias para calificar como OC, han sido establecidas en las Resoluciones Exentas Nros, 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

El trabajo de campo durante el segundo año de pandemia, estuvo en un comienzo condicionado por las medidas de prevención y sus distintos grados de implementación por parte de los usuarios de las pesquerías de recursos pelágicos en la zona norte que agregó incertidumbre a la actividad. Si bien la amplia campaña de vacunación a nivel nacional iniciada en febrero por el Ministerio de Salud (MINSAL), con la participación voluntaria de gran parte de los observadores científicos (OC) de la institución, permitió afrontar de mejor forma los aspectos operativos de terreno, brindando una mayor sensación de seguridad al personal vinculado al muestreo y, de este modo, mantener la representatividad y cobertura de las actividades extractivas de las pesquerías monitoreadas. Labor supeditada por cierto a las distintas medidas de administración que fueron decretadas para asegurar la sostenibilidad de las principales pesquerías que las conforman, especialmente vinculadas al recurso anchoveta que mantiene el grueso de la operación de ambas flotas, industrial y artesanal.

No obstante, finalizando marzo el escenario nacional por efecto de la pandemia cambió drásticamente debido al incremento de los casos de contagios, intensificados aún más a partir de abril, fecha en que la institución reaccionó remitiendo semanalmente instructivos internos a cargo del departamento de gestión de muestreo (DGM), destinados a comunicar la pertinencia del trabajo en terreno de los OC de acuerdo a los distintos proyectos en ejecución y según macrozonas territoriales. Reduciendo en el caso particular de este monitoreo el levantamiento de información a bordo de la flota artesanal durante todo el mes. Posteriormente, la labor de muestreo se adaptó a las capacidades disponibles con el fin de minimizar los efectos atribuidos a la pandemia, recabando en esta etapa un importante número de bitácoras de pesca, realizando embarques, muestreos de proporción de especies, determinación de longitud y recabando datos biológicos específicos, junto a la extracción de otolitos sagitales de ambos sexos de todos los recursos en estudio, además de gónadas de hembras de anchoveta, según requerimientos, para los análisis de las fases microscópicas de madurez reproductiva.



Esta labor de campo posibilitó constatar también que la captura de este engráulido sigue centrando tradicionalmente los esfuerzos de pesca de las flotas cerqueras de ambos sectores, artesanal e industrial, junto con verificar nuevamente, tal como en los últimos años, la ocurrencia de una cantidad importante de caballa en las capturas asociadas a jurel en todas las zonas de operación de la flota (**Tabla 3**). Otro aspecto particular y también observado por segundo año consecutivo fue la presencia de medusas en las capturas, realizadas este año durante toda la temporada, en las zonas de pesca de Arica a Antofagasta, tanto por la flota industrial como artesanal. Cnidarios escifozoos extraídos conjuntamente con los recursos objetivos del monitoreo, llegando a conformar el mayor peso del grupo de “otras especies” en la macrozona Arica-Antofagasta (**Tabla 3**).

La composición de las capturas y desembarques en esta área de pesca se determinó a través de 2.345 muestreos consistentes en estructuras de tallas y biológicos específicos de los cuales, 79% correspondieron a anchoveta, 10,3% a jurel y 9,1% a caballa, seguido de una menor proporción de muestreos de sardina española (1,1%). Mientras que esta tarea que incluyó además a otras especies alcanzó un 0,5% del total de muestreos (**Tabla 3**). Biodiversidad compuesta en su mayoría por agujilla (*Scomberesox saurus*) y bacaladillo (*Normanichthys crockeri*), junto a muestreos ocasionales de machuelo (*Ethmidium maculatum*) y bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*).

En términos proporcionales estos resultados comparados con el año pasado dan cuenta de una mejor representatividad de la composición de los desembarques y capturas en todas las especies secundarias, mientras que el mismo contraste, evidenció un menor número de muestreos relativos a la principal especie objetivo de las flotas cerqueras en esta macrozona.

Tabla 3. Capturas (t) mensuales por especies en toda la zona monitoreada (Arica a Antofagasta), proporción monitoreo (%) y cobertura (%) muestral.

Zona de pesca	Especie													Capturas		Total nro. Muestreos	Muestreo %
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	%		
ARICA ANTOFAGASTA	Anchoveta	843	13,073	36,878	44,395	58,761	47,233	42,119	389	2,201	47,757	38,729	34,425	366,801	78.3	1,852	79.0
	Jurel	6,888	6,532	17,425	11,844	3,753	590	204		1	3,825	2,314	220	53,596	11.4	242	10.3
	Sardina española	41	14	273		8	33	224			12	4	6	613	0.1	26	1.1
	Caballa	139	600	3,863	19,703	4,824	66	13			2,753	10,056	4,187	46,203	9.9	214	9.1
	Otras especies	5	10	75	164	18	93	98	2		152	191	372	1,180	0.3	11	0.5
	Total	7,916	20,228	58,514	76,106	67,362	48,014	42,657	391	2,202	54,498	51,293	39,210	468,393	100	2,345	100

Fuente: Instituto de Fomento Pesquero

Información pesquera

Con relación a la información operacional y pesquera obtenida de las empresas la cual fue ratificada en buena medida a través del programa de embarques de observadores científicos en la flota, este año se recabó un total de 10.714 registros de bitácoras procedentes de los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Datos cuya fracción correspondiente al 34,9%, fue de las actividades de la flota industrial y el restante 65,1%, de las operaciones de pesca de las embarcaciones artesanales (**Tabla 4**). Porcentajes similares a los reportados el año anterior.

**Tabla 4.** Número de Bitácoras totales de la pesquería pelágica zona norte, recabadas para la estimación de los indicadores pesqueros, por puerto y mes, año 2021.

MES	PUERTO						TOTAL ARICA-MEJILLONES		
	ARICA		IQUIQUE		MEJILLONES				Ambos sectores
	Industrial	Artesanal	Industrial	Artesanal	Industrial	Artesanal	Industrial	Artesanal	
Enero	39		61		28	15	128	15	143
Febrero	28	189	102	16		57	130	262	392
Marzo	69	496	173	203	125	209	367	908	1275
Abril	17	453	370	141	123	261	510	855	1365
Mayo	382	320	190	296	81	213	653	829	1482
Junio	70	330	316	110	137	78	523	518	1041
Julio	162	114	199	397	106	50	467	561	1028
Agosto				10			0	10	10
Septiembre	16	45	4	15	1	20	21	80	101
Octubre	143	255	166	405	19	486	328	1146	1474
Noviembre	151	181	225	483	8	329	384	993	1377
Diciembre	128	296	103	363		136	231	795	1026
Total	1.205	2.679	1.909	2.439	628	1.854	3.742	6.972	10.714

Fuente: Empresas pesqueras

Información biológica

Los resultados de la gestión de muestreo en la zona norte, realizada en los puertos donde existen plantas de reducción se detallan y comparan con los niveles de requerimientos de datos mensuales del proyecto necesarios para constituir los indicadores asociados al tamaño de muestra y aspectos biológicos por recurso y zona (**Anexo 1**).

Anchoveta

Zona Arica: Se realizaron 667 muestreos de longitud con un total de 77.751 y 117 ejemplares en promedio. En general, los números superaron los requerimientos mensuales del proyecto¹ (**Figura 3 a y b**). La carencia de datos se registró principalmente en los meses de enero, febrero y agosto a octubre asociado con vedas durante los procesos de reclutamiento y reproductivo (**Figura 3 a y b**). El 55% de las muestras se obtuvo en tierra desde la flota artesanal.

Se realizaron 215 muestreos biológicos con un total de 11.723 individuos con 54 ejemplares en promedio, destacando menores muestreos con respecto a los requerimientos (**Figura 3c**). A bordo se realizaron 196 viajes en embarcaciones industriales y 134 artesanales, con un total de 39.654 anchovetas muestreadas (59% industrial y 41% artesanal). Los menores muestreos en relación al requerimiento, se explican principalmente por vedas y paralización de la flota y restricciones de embarques por el efecto pandemia (**Figura 3c**).

Zona Iquique: Se obtuvieron 369 muestras con un total de 40.913 ejemplares con 111 individuos por muestreo, de las cuales el 61% proviene de la flota artesanal y solo 39% de industrial. Se destaca

¹ En los gráficos, la línea segmentada indica el requerimiento de datos/mes de muestreo y número de ejemplares para los registros de longitud y biológicos específicos. En los primeros meses del año se observa mayor exigencias de datos de longitud que suman las necesidades relativas al monitoreo del reclutamiento de anchoveta y, biológicos de octubre en adelante, respecto al reproductivo.



cumplimiento de los tamaños muestrales los meses de abril a junio solo a bordo, el incumplimiento se debe a las externalidades derivadas de la pandemia y a la veda reproductiva (**Figura 3 a y b**).

Se realizaron 71 muestreos biológicos con 46 realizados en la flota industrial y 25 en la artesanal, con un total de 3.953 ejemplares, destacando un incumplimiento durante todos los meses (**Figura 3c**). A bordo se registraron 51 muestreos, 43 viajes realizados en la flota industrial y 8 en artesanal. Se muestrearon un total de 2.976 con un promedio de 58 ejemplares por muestreo (**Figura 3c**). Los efectos de la pandemia y vedas, marcan el incumplimiento en los requerimientos de muestreo debido principalmente a la imposibilidad de realizar embarques.

Zona Antofagasta: Se realizaron 389 muestras, midiéndose un total de 42.093 ejemplares. El 80% se realizó en la flota artesanal principalmente entre marzo y junio. El número de muestreos en esta zona estuvo cercano a los requerimientos principalmente de mayo a agosto, resultado que también se vio afectado con las restricciones de la pandemia y las vedas (**Figura 3 a y b**).

Los muestreos biológicos fueron 111 con un total de 6.077 ejemplares, registrando un claro incumplimiento al contrastar esas cifras con los niveles de datos requeridos (**Figura 3c**). En tanto que, a bordo, se registraron 34 muestreos, 20 viajes realizados en la flota industrial y 14 en artesanal. Se muestrearon un total de 2.250 con un promedio de 66 ejemplares por muestreo.

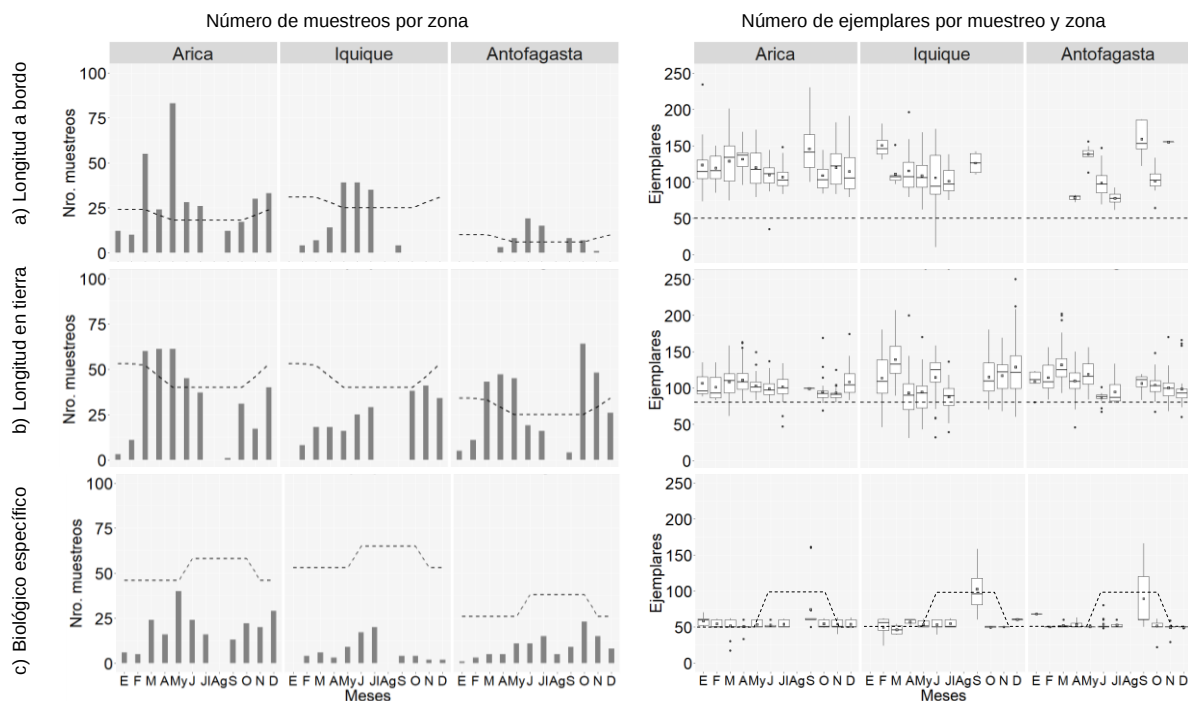


Figura 3. Anchoveta, zona norte (Arica-Antofagasta), año 2021. Tipos y número de muestreos realizados (barras), letras a, b y c, con el resumen gráfico de la cantidad de ejemplares por muestreo (boxplots). Líneas segmentadas representan el nivel de requerimiento.

Sardina española

La obtención de muestras de este clupeido en los desembarques artesanales, se circunscribieron al área de Antofagasta, logrando obtener una muestra de su composición de tamaños y biológico los meses de julio y septiembre. Se realizaron un total de 4 muestreos midiendo 203 sardinas españolas (**Anexo 1**).

Fauna acompañante

El muestreo de otras especies ocurrientes en las capturas y desembarques de la zona norte, se realizó entre marzo y noviembre. Ejercicio en el que se determinó el tamaño de los recursos agujilla (*Scomberesox saurus*), bacaladillo (*Normanichthys crockeri*), machuelo (*Ethmidium maculatum*), y muy ocasionalmente, bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*). (**Anexo 1**).

Extracción de otolitos

El resultado de la obtención de estas estructuras calcáreas en la zona norte consideró 5.717 unidades de anchoveta, junto a otros 926 otolitos de jurel, 116 de sardina española, y 297 de caballa (**Anexo 1**).



Actividades de Supervisión en terreno

La labor de supervisión y control del trabajo de campo a cargo del Departamento de Gestión de Muestreo, que tiene por fin corroborar la correcta aplicación de los criterios y metodologías de muestreos descritos en el Manual de Muestreo (IT-1/PE-7-2) y, constatar la aplicación de los procedimientos asociados al Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015, se enmarcó en una serie de actividades y cometidos desarrollados por los respectivos coordinadores de campo, que incluyeron reuniones con usuarios de las pesquerías, e iniciativas tendientes a mejorar la cobertura de muestreo sobre algunos recursos en particular que se detallan a continuación:

Coordinación de campo zona norte (Arica-Antofagasta)

- Arica (22-24 de marzo); supervisión de actividades de muestreo y verificación de equipos de medición.
- Mejillones (10-14 de mayo); supervisión de actividades de muestreo y verificación de equipos de medición.
- Arica (5-7 de julio); supervisión de actividades de muestreo y verificación de equipos de medición.
- Iquique (27-28 de julio); visita del jefe del departamento de gestión de muestreo, junto al coordinador general de la zona norte, con la finalidad de consensuar tanto con los usuarios de las pesquerías pelágicas de la zona e, instituciones del sector, como el centro de investigación aplicada del mar (CIAM), sobre aspectos relativos a mejorar tanto la cobertura como la calidad de las distintas componentes de muestreo asociadas a los recursos jurel y anchoveta.
- Arica (29 de julio); comisión del jefe del departamento de gestión de muestreo y el coordinador general para concertar reuniones similares con usuarios de este puerto, así como con los observadores científicos del departamento y el jefe de sede.
- Arica (8-10 de septiembre); reunión con armador artesanal con el fin de coordinar inicio de pesca de investigación.
- Arica (25-27 de octubre); Supervisiones de actividades de muestreo e instrucciones por inicio de monitoreo intensivo.
- Mejillones (24-26 de noviembre); supervisión actividades de muestreo y verificación de equipos de medición.
- Arica (13-15 de diciembre); supervisión de actividades de muestreo y verificación de equipos de medición.

4.1.2 Principales características de la flota cerquera de la zona norte

A partir del 2018 se inició una actualización de las principales características operacionales de la flota pesquera en la zona norte. Recopilando información de los equipos de comunicación, pesca y detección, además de las características geométricas de las embarcaciones y las redes, esta información fue recolectada por los Observadores Científicos que trabajan a bordo de las embarcaciones pesqueras, no obstante, estos antecedentes fueron cotejados con información proporcionada por la empresa pesquera.

Flota industrial y artesanal

En la **Figura 4** se muestran las embarcaciones que han operado en la zona 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 abundancia de pelágicos en la zona, situación que comienza a regularizarse a partir del 1986 (D. Ex. N°436) cuando se establece una medida de regulación del esfuerzo de pesca congelando el ingreso de nuevos barcos a la pesquería, cuotas de captura y límites máximos de captura por armador establecida a fines del 2002 lo cual aceleró el proceso de readecuación de las empresas. En tanto, posterior al 2016, las embarcaciones artesanales mostraron un aumento sostenido superando a las industriales, alcanzando el 2021 un total de 70 naves y solo 29 industriales. En relación a la capacidad de bodega (CB) promedio anual, se observa una tendencia creciente principalmente para industriales, destacando en la última década una CB promedio en torno a los 400 m³. En las embarcaciones artesanales la CB promedio registró un crecimiento hasta 2004, cuando se observó un leve descenso hasta el 2010 con una CB en torno a los 50 m³ promedio (**Figura 4 y Figura 5**).

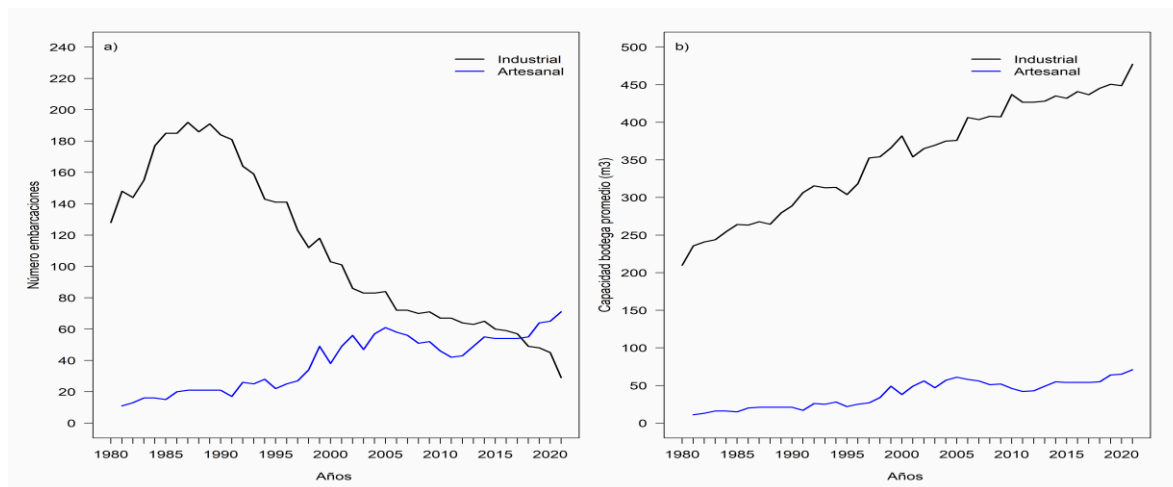


Figura 4. Número de embarcaciones industriales y artesanales (a) y capacidad de bodega promedio (b) por flota y año en la zona norte, entre 1980 y 2021.

El número de embarcaciones industriales por rango de CB muestra a partir del 2007 un predominio de embarcaciones con CB de 200-500 y mayores a 500 m³, sin embargo, en términos de la CB desplazada se observa un dominio de aquellas embarcaciones con capacidad de bodega mayores a 500 m³. La mayor operación de las embarcaciones artesanales en la última década, en términos de número y CB desplazada fueron aquellas mayores a 70 m³ (**Figura 5 y Figura 6; Tabla 5**).

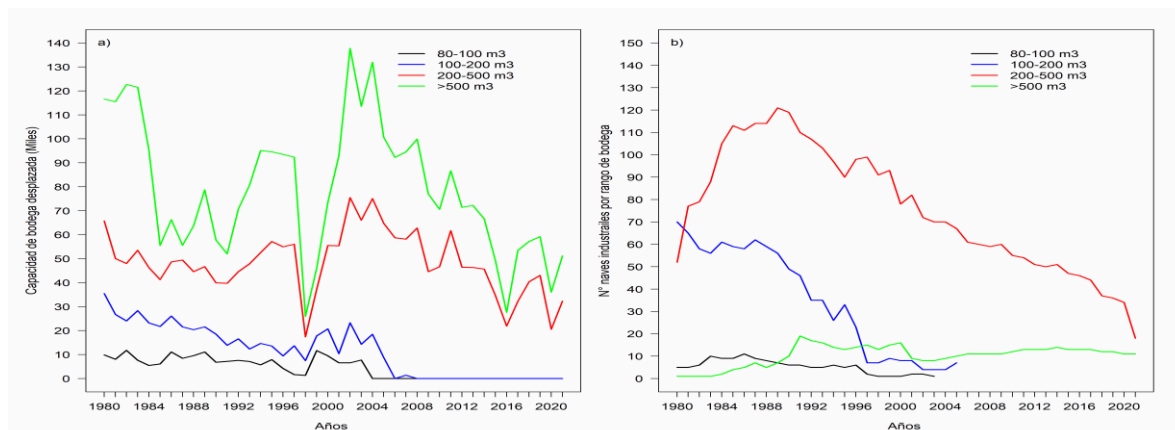


Figura 5. Capacidad de bodega desplazada y número de embarcaciones por rango para la flota industrial de la zona norte entre 1980 y 2021.

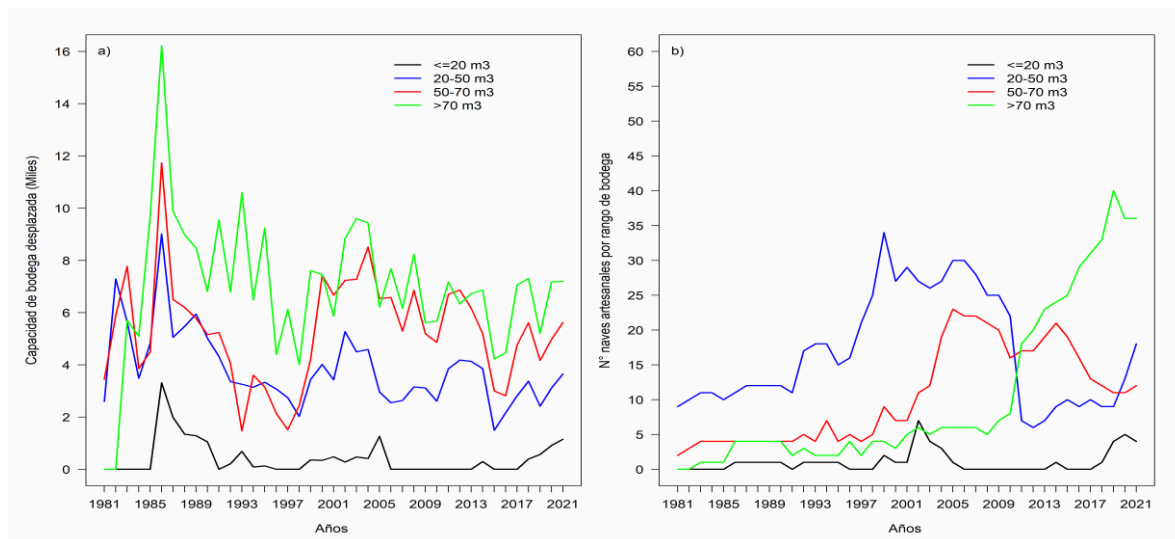


Figura 6. Capacidad de bodega desplazada y número de embarcaciones por rango para la flota artesanal de la zona norte entre 1980 y 2021.

Es importante mencionar que, durante los últimos años, las empresas pesqueras, han implementado en las embarcaciones con mayor capacidad de bodega (>400 m³), un sistema de agua circulante, que permite conservar adecuadamente la pesca a bordo recalando con la materia prima en óptima calidad. Así mismo destacar el uso de una embarcación auxiliar o “panga”, utilizada al calar la red para sostener uno de los extremos de ésta mientras la embarcación rodea el cardumen (**Figura 7**).



Las embarcaciones artesanales presentan un régimen operacional de pesca más corto, que se limita a un día de actividad, fijando su hora de zarpe según la distancia a la zona de pesca y recalando dentro del transcurso del día. De acuerdo a información obtenida en terreno, las plantas de reducción localizadas en los puertos de Arica y Mejillones solicitan una entrega mínima de 100 t de materia prima al día para procesar, dado que una cantidad inferior de pesca no es rentable para hacer funcionar la planta. Debido a esto las embarcaciones artesanales evalúan previamente el ambiente de pesca, no zarpando cuando el ambiente de pesca no es favorable. Si bien, la dinámica y estrategia de operación, se han manteniendo con salidas diarias en la medida, que tanto las condiciones meteorológicas como la disponibilidad de cuotas sean favorables, a partir del 2021 se ha registrado la operación de una embarcación “acarreadora” de pesca principalmente asociada con la flota artesanal. En la actualidad solo opera “El Duqueco”, con capacidad total de bodega de 1.149 toneladas, distribuidas en 9 bodegas con pesaje independiente, cada bodega es llenada con la captura de una nave artesanal, entregando en detalle la información de pesca, pudiendo desplazarse entre Arica y río Loa. Además, cuenta con 6 cámaras de video principalmente en cubierta y sitios de pesaje, posicionador satelital y bitácora electrónica (**Figura 8**).



Figura 7. A) Equipos de pesca utilizados en las embarcaciones industriales en la zona norte y B) embarcaciones industriales en faena de pesca con la operación de la embarcación auxiliar (panga).



Figura 8. Embarcaci3n industrial “acarreadora” Duqueco que opero en la zona norte.

**Tabla 5.** Número de embarcaciones (Nº) y capacidad de bodega (CB) promedio con operación en la zona norte por flota y rango de bodega entre 1980 y 2021.

Años	Flota Artesanal									Flota Industrial								
	<20 m3			20-50 m3			50-70 m3			80-100 m3			100-200 m3			200-500 m3		
	Nº	CB	Nº	CB	Nº	CB	Nº	CB	Nº total	Nº	CB	Nº	CB	Nº	CB	Nº	CB	Nº total
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	92	70	154	52	290	1	550	128
1981	0	0	9	49	2	61	0	0	11	5	92	65	157	77	308	1	550	148
1982	0	0	10	49	3	59	0	0	13	6	92	58	158	79	309	1	550	144
1983	0	0	11	46	4	58	1	100	16	10	93	56	157	88	313	1	550	155
1984	0	0	11	46	4	58	1	100	16	9	91	61	157	105	319	2	618	177
1985	0	0	10	46	4	58	1	100	15	9	92	59	157	113	322	4	607	185
1986	1	18	11	46	4	59	4	85	20	11	90	58	154	111	323	5	593	185
1987	1	18	12	46	4	59	4	85	21	9	90	62	154	114	324	7	595	192
1988	1	18	12	49	4	59	4	85	21	8	90	59	152	114	322	5	556	186
1989	1	18	12	49	4	59	4	85	21	7	88	56	153	121	328	7	647	191
1990	1	18	12	49	4	59	4	85	21	6	90	49	153	119	327	10	622	184
1991	0	0	11	48	4	59	2	80	17	6	93	46	154	110	330	19	611	181
1992	1	14	17	48	5	61	3	87	26	5	92	35	146	107	332	17	628	164
1993	1	14	18	48	4	60	2	80	25	5	92	35	146	103	333	16	621	159
1994	1	14	18	48	7	62	2	80	28	6	93	26	144	97	335	14	573	143
1995	1	14	15	48	4	62	2	80	22	5	92	33	144	90	336	13	567	141
1996	0	0	16	48	5	61	4	77	25	6	90	23	143	98	337	14	574	141
1997	0	0	21	44	4	59	2	80	27	2	90	7	140	99	338	15	580	123
1998	0	0	25	43	5	60	4	79	34	1	80	7	135	91	344	13	568	112
1999	2	15	34	40	9	59	4	79	49	1	80	9	136	93	345	15	652	118
2000	1	20	27	41	7	60	3	79	38	1	80	8	139	78	359	16	633	103
2001	1	20	29	39	7	60	5	76	42	2	79	8	139	82	357	9	583	101
2002	7	17	27	40	11	60	6	78	51	2	79	4	139	72	361	8	589	86
2003	4	13	26	41	12	58	5	78	47	1	80	4	139	70	362	8	589	83
2004	3	14	27	40	19	59	6	78	55	0	0	4	139	70	362	9	583	83
2005	1	20	30	39	23	59	6	78	60	0	0	7	139	67	371	10	575	84
2006	0	0	30	39	22	60	6	78	58	0	0	0	0	61	375	11	579	72
2007	0	0	28	38	22	59	6	78	56	0	0	1	138	60	376	11	579	72
2008	0	0	25	38	21	59	5	78	51	0	0	0	0	59	376	11	579	70
2009	0	0	25	39	20	59	7	78	52	0	0	0	0	60	376	11	579	71
2010	0	0	22	40	16	59	8	79	46	0	0	0	0	55	387	12	665	67
2011	0	0	7	43	17	62	18	78	42	0	0	0	0	54	388	13	588	67
2012	0	0	6	45	17	62	20	78	43	0	0	0	0	51	386	13	588	64
2013	0	0	7	45	19	61	23	78	49	0	0	0	0	50	387	13	588	63
2014	1	16	9	44	21	61	24	78	55	0	0	0	0	51	386	14	614	65
2015	0	0	10	43	19	62	25	79	54	0	0	0	0	47	389	13	588	60
2016	0	0	9	45	16	62	29	80	54	0	0	0	0	46	390	13	619	59
2017	0	0	10	44	13	62	31	81	54	0	0	0	0	44	392	13	588	57
2018	1	10	9	43	12	62	33	81	55	0	0	0	0	37	398	12	592	49
2019	4	14	9	40	11	62	40	80	64	0	0	0	0	36	403	12	592	48
2020	5	14	13	40	11	62	36	80	65	0	0	0	0	34	404	11	587	45
2021	4	13	18	39	12	62	36	80	70	0	0	0	0	18	410	11	587	29

Arte de pesca

En relación al material y tipo de red, ambos tipos de embarcaciones trabajan con redes “anchoveteras”, las cuales son diseñadas y construidas principalmente para capturar el recurso anchoveta, sin embargo, también les permite extraer otros recursos como jurel, caballa, sardina y pesca incidental (pejerrey, jibia, calamares, tiburón martillo, tortugas, delfines, lobos de mar etc.). Las redes están confeccionadas principalmente con material de nylon y poliéster, sin embargo, en las embarcaciones industriales se hace la distinción en dos a tres cuerpos de la red más el copo de la proa, el antecopo,



el pre antecopo y la popa los que están constituidos por la materia prima de nylon multifilamento retorcido anudado a diferencia de los cuerpos finos de la parte central de la red que están confeccionados con material de poliéster multifilamento continuo de alta tenacidad. Así como también en el tamaño de la red, el que en general utilizan 2 estándares de tipos de red los que van de acuerdo a la capacidad de bodega que presenta la embarcación (**Tabla 6**).

Tabla 6. Principales características de las redes anchoveteras utilizadas por la flota según capacidad de bodega en la zona norte.

Características de la red	Flota industrial 400 – 500 (m ³)	Flota artesanal 50 – 70 (m ³)
Longitud de relinga (brazas)	440 - 474	200 - 300
Altura (brazas)	65 - 70	35 - 40
Tamaño de malla (copo) (pulgadas)	5/8 - 1/2	1/2'
Tamaño de malla (pulgadas)	9/16	9/16
Número de cuerpos	26 - 28	10 - 16
Material de construcción	Nylon - PES	Poliéster

Fuente: Armadores de la zona norte.

4.1.3 Desembarques de recursos pelágicos de la zona norte

En las cuatro últimas décadas el desembarque de recursos pelágicos en la zona norte (puertos de Arica a Mejillones) ha presentado importantes fluctuaciones anuales, con un máximo de 3,5 millones de t (1986) a un mínimo de 201 mil t (1998), asociado fuertemente en el primer período de la serie (hasta 1989) a los desembarques de sardina española y en el segundo periodo a las fluctuaciones de la anchoveta (**Figura 9**). En la figura se aprecia claramente un primer período con desembarques promedios de 2,4 millones de t (1980-1995), luego un período con volúmenes intermedios (1,2 millones de t) para presentar en los últimos quince años los desembarques promedios más bajos de la serie histórica (630 mil t). En relación a los desembarques por puerto, Iquique concentra el 53% de los volúmenes anuales, asociado a la concentración de la flota -planta y a la mayor disponibilidad de recurso (**Figura 9**).

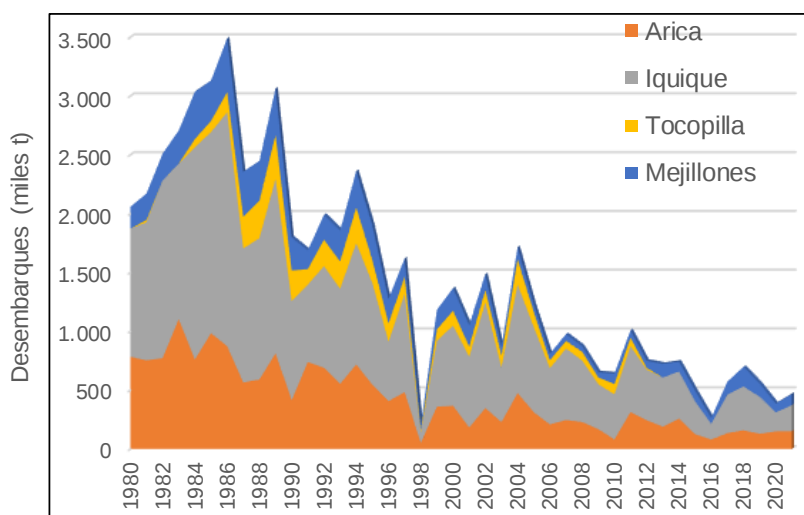


Figura 9. Serie histórica de los desembarques de las principales especies pelágicas en la zona norte, 1980-2021, por puerto.

El desembarque total en la zona norte durante el año 2021 alcanzó 469 mil t, volumen que presentó una fuerte reducción respecto al 2020 (-16%) y aumento en relación al 2019 (+21%), dado por la fuerte caída en los desembarques de anchoveta en el 2020 (Fuente: IFOP). Los mayores desembarques en el área de estudio están representados por la anchoveta con 367 mil t, seguido por el jurel (54 mil t) y la caballa (46 mil t), tendencia similar a lo observado en los últimos siete años. El aporte del ítem “otras especies” fue bajo al igual que la sardina española que centró sus escasos volúmenes en los puertos de Iquique y Mejillones (**Figura 10**, panel izquierdo). En la **Figura 10** (panel derecho) se muestran los desembarques de los principales recursos por puerto, concentrando los puertos de Arica e Iquique los mayores aportes de anchoveta (78%), sin embargo, la contribución del jurel y la caballa se centra en el puerto de Iquique. Este comportamiento está dado por la mayor actividad extractiva que ejerció la flota artesanal por la disponibilidad de anchoveta en las primeras millas de la costa donde la flota industrial no pudo operar en las áreas de perforación por un recurso de protección interpuesto por el sector artesanal.

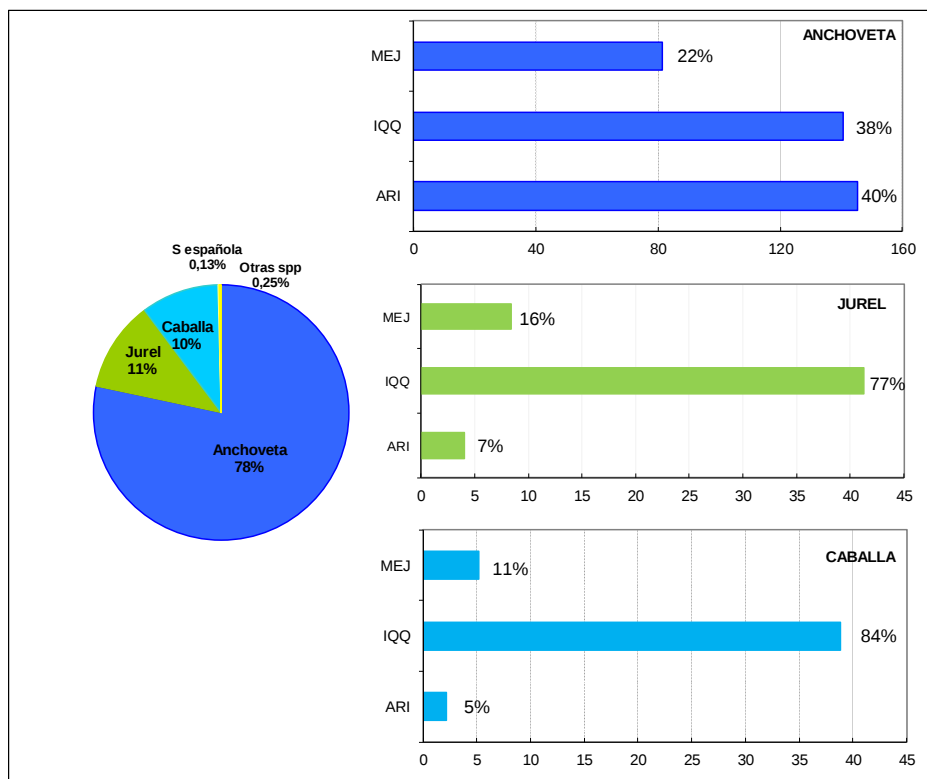


Figura 10. Desembarques de las principales especies pelágicas en la zona de estudio, año 2021. Por puerto y especie (panel derecho) y acumulado por especie (panel izquierdo).

Desembarque anchoveta

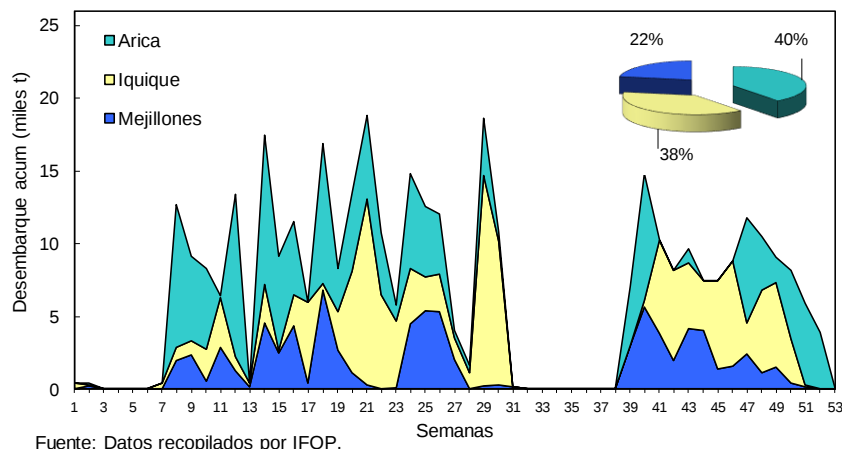
En el año 2021 los desembarques de anchoveta en la zona norte alcanzaron las 367 mil t, cifra 38% mayor respecto al 2020 (**Tabla 7**). El 80% de los desembarques de este recurso los extrajo la flota artesanal dada la restricción de operación de la flota industrial en las áreas de perforación. En enero y febrero gran parte de la flota se mantuvo en puerto por el establecimiento de veda biológica durante en enero en la región de AyP y durante febrero para las regiones de TPCA y ANTOF por la alta presencia de ejemplares juveniles ($\leq 11,5$ cm LT). Destacan los mayores desembarques de marzo a mayo julio en el puerto de Arica, mayo a julio en Iquique y en Mejillones se centró en octubre, lo que de alguna manera indica el desplazamiento que presentó la flota artesanal con base en Arica. Además, en el puerto de Arica se registraron volúmenes importantes en diciembre.

Entre Arica y Mejillones el desembarque promedio semanal de anchoveta alcanzó 9 mil t, superior comparado al 2020 (7 mil t). El puerto de Arica lideró con desembarques de 145 mil t, con cifras máximas de 11 mil t (Semana 12) y desembarques promedio de 5 mil t en el año (similar al 2020). El puerto de Iquique concentró el 38% de la anchoveta, con un registro máximo de 13 mil t (semana 21) y desembarques semanales promedio de 4 mil t. Mejillones presentó el promedio más bajo con un desembarque máximo de 7 mil t (Semana 18). Es importante destacar que en el año 2020 los desembarques semanales en la zona norte no superaron las 19 mil t, en cambio en el año 2019 alcanzaron las 48 mil t (**Figura 11**).

**Tabla 7.** Desembarques (t) mensuales de anchoveta de la flota cerquera en la zona norte, por puerto. Año 2021.

PUERTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ARICA	114	9.783	22.661	21.821	24.959	17.977	7.168	0	1.758	12.040	9.408	17.498	145.186
IQUIQUE	459	1.336	7.554	10.660	22.859	18.685	27.828	226	0	17.513	19.257	14.348	140.726
MEJILLONES	271	1.954	6.982	11.992	10.952	10.682	7.146	163	442	18.203	10.063	2.579	81.429
ARICA - MEJILLONES	843	13.073	37.198	44.472	58.770	47.344	42.142	389	2.201	47.757	38.729	34.425	367.342

Fuente: datos recopilados por IFOP.

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

Desembarque sardina española

En el 2021 el desembarque de sardina española en la zona norte alcanzó 613 t, registro que disminuyó respecto a los tres últimos años. El puerto de Mejillones concentró los desembarques con un valor máximo en la semana 29 (161 t) (Tabla 8 y Figura 12).

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

PUERTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ARICA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IQUIQUE	0	0	0	0	8	33	44	0	0	0	0	0	84
MEJILLONES	41	14	273	0	0	0	180	0	0	12	4	6	529
ARICA - MEJILLONES	41	14	273	0	8	33	224	0	0	12	4	6	613

Fuente: datos recopilados por IFOP.

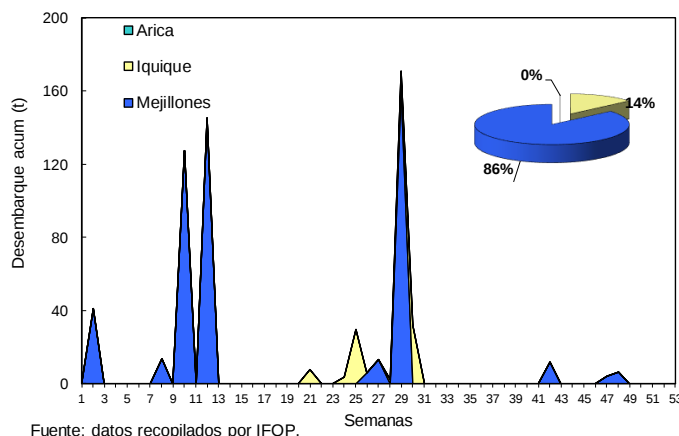


Figura 12. Desembarques semanales de sardina española extraída por la flota cerquera total, por puerto. Año, 2021.

4.2 Objetivo específico 3.2.2. *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 de anchoveta y sardina española desarrollada en la zona 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 y los índices reproductivos, conjuntamente con analizar los cambios en las condiciones oceanográficas imperantes en la región. Además, se presentan los resultados de los monitoreos de desove (junio 2021-enero 2022) y reclutamiento (noviembre 2022 a abril 2023) de la anchoveta en la zona norte.

4.2.1 Condiciones ambientales en el Pacífico ecuatorial

En el período 2015-2022 presentado para la región ecuatorial (**Figura 13**), los eventos ENOS más destacables según lo informado por NOAA en sus boletines de discusión (https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/), corresponden a un evento cálido El Niño de intensidad fuerte que se desarrolló 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. Un nuevo evento La Niña fue decretada por al NOAA entre agosto de 2020 y marzo de 2021, luego, 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 (Niño3.4) desde agosto de 2020 a abril de 2021 y desde octubre a abril de 2022 ($>0,7^{\circ}\text{C}$, absoluto), 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 en diciembre 2021 ($1,53^{\circ}\text{C}$), febrero ($1,43^{\circ}\text{C}$) y abril de 2022 ($1,42^{\circ}\text{C}$) (**Figura 13**).

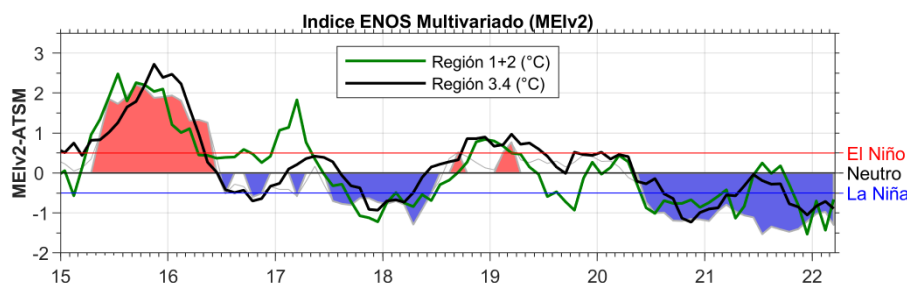


Figura 13. Series de tiempo para el período enero 2015-marzo 2022 del índice ecuatorial ENOS (MEIV2) y las ATSM ($^{\circ}\text{C}$) de las regiones Niño₁₊₂ (verde) y Niño_{3.4} (negro).

Condiciones ambientales locales durante 2021

El efecto del evento La Niña 2020-21 en la zona norte de Chile se observó a través de una disminución de la TSM, lo que se reflejó en una tendencia negativa de las ATSM desde agosto-septiembre 2020, con valores negativos en la subárea norte (18°S - 23°S) (**Figura 14 b y c**). La mayor expresión de la condición fría de este período se observó entre enero y febrero de 2021 cuando toda la zona mostró ATSM negativas con máximos de hasta $1,5^{\circ}\text{C}$ (absoluto) al norte de 20°S (**Figura 14 d y e**). En marzo la cobertura de ATSM negativas disminuyó, dejando promedios positivos por zona. Desde mayo de 2021 a marzo de 2022 se observó una tendencia negativa en las anomalías, lo que se reflejó en un predominio de valores negativos $>0,5^{\circ}\text{C}$ (absoluto) en toda la zona, con máximos en marzo ($1,7^{\circ}\text{C}$) en la costa norte y en enero en la costa sur ($1,6^{\circ}\text{C}$), en el sector oceánico los máximos negativos se dieron en febrero y enero respectivamente (**Figura 14 a y b**).

La serie de concentración promedio de clorofila-a costera (**Figura 15 a**) da cuenta de una recuperación en las concentraciones en relación al año anterior (2020) en toda la zona, principalmente en la subzona sur (23°S - 26°S). Las concentraciones de la subzona norte, habitualmente son mayores que en la subzona sur, condición que se repitió este año. Las mayores concentraciones del año se dieron en el mes de mayo ($>4 \text{ mg/m}^3$) en la subserie norte y en octubre en la subzona sur (las más altas de la serie 2015-21). De la serie 2015-21, las menores concentraciones corresponden al año 2015.

El diagrama Hovmöller en el período 2015-2022 (**Figura 15 b**) da cuenta de las áreas recurrentes de altas concentraciones de clorofila-a ($5\text{-}10 \text{ mg/m}^3$): Arica, Mejillones y Antofagasta. Los bloom estacionales de primavera-verano pueden abarcar desde septiembre hasta mayo destacándose, a

parte de las áreas señaladas, el área de los 19°30'S-21°30'S con altas concentraciones ($>5 \text{ mg/m}^3$) en el período 2018-19 y en menor intensidad el período 2016-17. En 2021 destacaron importantes focos productivos en el área entre 19°30'S y 20°30'S entre febrero y mayo, y al sur de Antofagasta hasta 25°30'S en octubre con máximos $>10 \text{ mg/m}^3$.

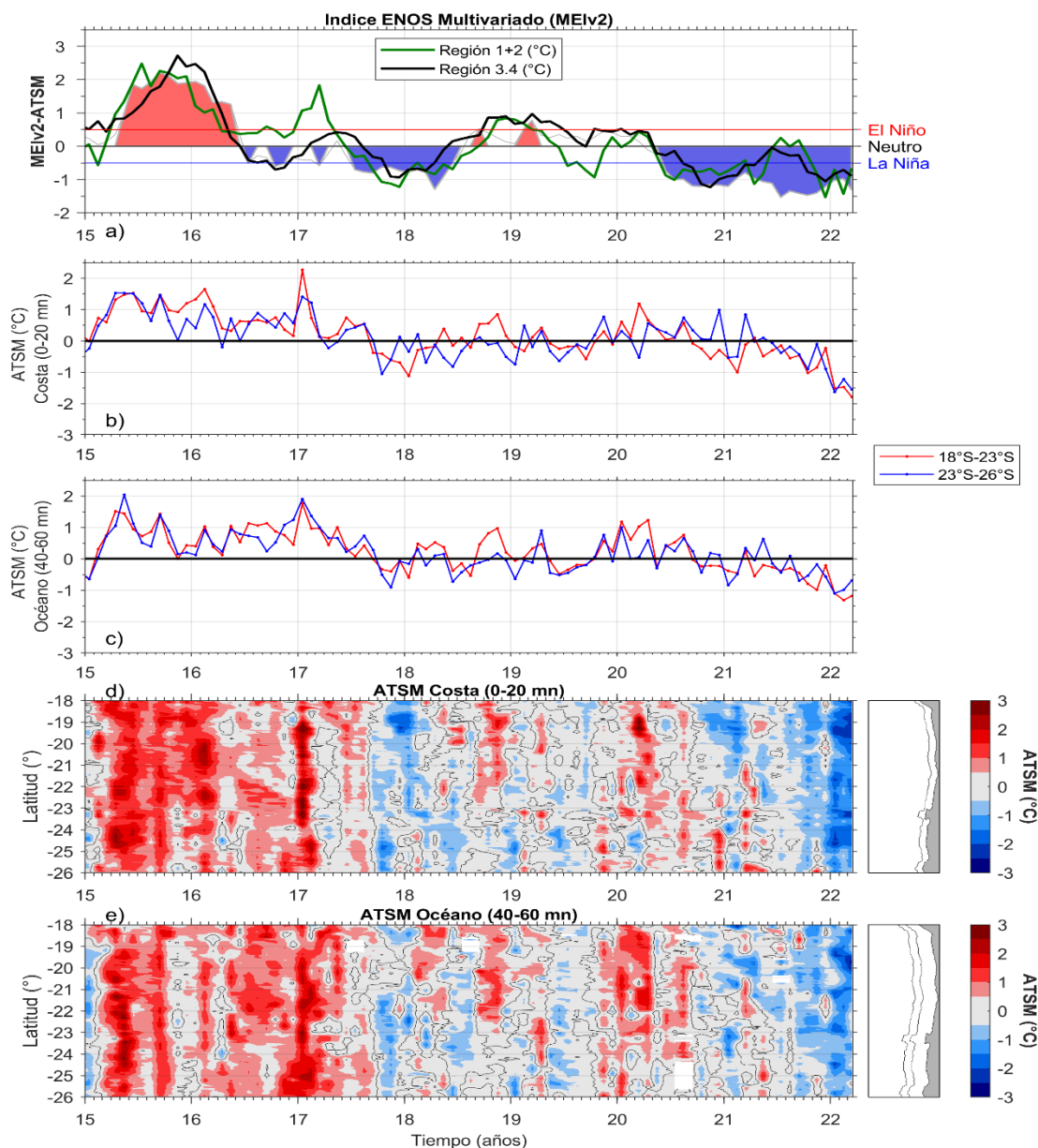


Figura 14. Series de tiempo para el período enero 2015-marzo 2022 de a) Índice Ecuatorial ENOS (MEI.v2) y las ATSM (°C) de las regiones Niño₁₊₂ (verde) y Niño_{3.4} (negro), b) ATSM promedio en las subáreas: norte (18°-23°S) y sur (23°-26°S), en los sectores: b) costero y c) oceánico. Diagrama Hovmöller de ATSM del área total (18°-26°S), en los sectores: d) costero y e) oceánico.

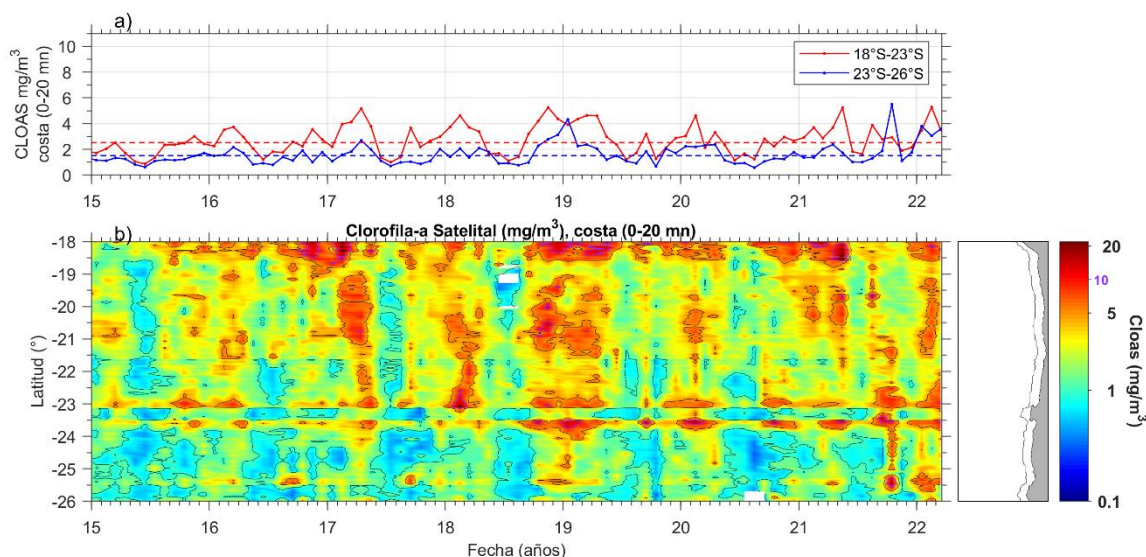


Figura 15. Series de tiempo para el período enero 2015 – marzo 2022: a) Promedio de las concentraciones de clorofila-a (mg/m^3) en las subáreas: costeras norte (18°S - 23°S) y sur (23°S - 26°S), b) Diagrama Hovmöller de las concentraciones de clorofila-a (mg/m^3) en el sector costero (18° - 26°S).

Condiciones locales mensuales con información de cruceros e imágenes satelitales

Diciembre de 2020 se muestra en la **Figura 16**. En este mes se presentó una condición La Niña a nivel ecuatorial la que afectó parcialmente a nivel local. El promedio mensual del viento (satelital) del mes de diciembre 2020 mostró el habitual predominio de vientos débiles en la costa en la zona norte de Chile, provenientes desde el sur y suroeste (Correa-Ramirez *et al.*, 2012; Rutlant *et al.*, 2004; Shaffer *et al.*, 1997), lo cual favoreció la formación de estructuras oceanográficas que reflejan la ocurrencia de eventos de surgencia costera. La TSM en tanto aumentó de entre 1° y 2°C en relación al mes de noviembre, con valores de 20°C presente hasta los 27°S , esto coincidió con el aumento de temperatura estacional, sin embargo, las ATSM indicaron un predominio de valores positivos, con focos de $+1^\circ\text{C}$ y $+2^\circ\text{C}$ en la costa al sur de los 22°S y en el sector oceánico, estos sobrepasaron los 76°W entre los 21°S y 23°S . ATSM negativas en tanto, se mantuvieron al norte de los 21°S , con un máximo negativo de 1°C (absoluto) en el área costera de Arica, mientras que, ATSM positivas dominaron la zona al sur de los 22°S , con amplios focos de $+1^\circ\text{C}$. La clorofila-a tuvo focos de altas concentraciones (5 - $10 \text{ mg}/\text{m}^3$) entre Arica y Antofagasta, más un foco en los 26°S . Entre 25°S y 26°S concentraciones $>1 \text{ mg}/\text{m}^3$ sobrepasaron los 72°W asociado a un giro ciclónico que exportó el pigmento del sector costero al oceánico. En el sector oceánico, una corriente de meandro con velocidades $>20 \text{ cm}/\text{s}$ estuvo centrada en 74°W , desde el extremo sur hasta los 23°S , hacia el norte esta corriente perdió intensidad.

Previo al período de análisis (año 2021), el crucero de diciembre de 2020 (**Figura 17**) indicó a nivel local una condición fría en la costa al norte 23°S , con máximos negativos de ATSM de 3°C en los $19^\circ20'\text{S}$, en Iquique y Tocopilla, mientras que, desde los 23°S al sur la condición fue cálida. Por tanto, la condición fría La Niña no habría afectado la zona entre los 23°S y 25°S . Como es habitual para la época, hubo un predominio de AST a nivel superficial, principalmente en las 20 mn, acentuando el

gradiente de temperatura costa-oceano al encontrarse con los focos de surgencia costera con TSM $<17^{\circ}\text{C}$, asociadas a aguas más densas entre Arica y punta Lobos y desde los $21^{\circ}30'\text{S}$ a $22^{\circ}30'\text{S}$. En Antofagasta, un foco costero dentro de la bahía de mayor TSM y densidad y menor salinidad, indicaron aguas retenidas. Por otra parte, las anomalías de salinidad de cruceo mostraron un predominio de valores positivos al sur de los $22^{\circ}20'\text{S}$, con un máximo de 0,2 al sur de 24°S .

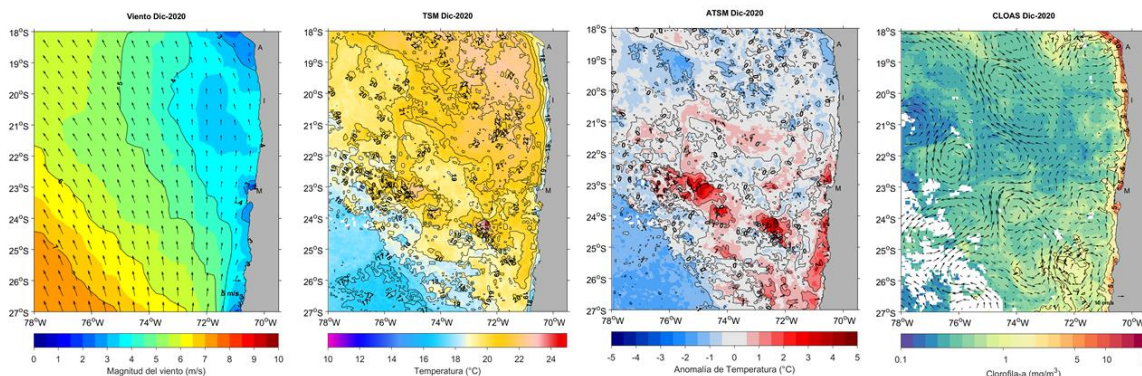


Figura 16. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrofica superpuesta del mes de diciembre 2020: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

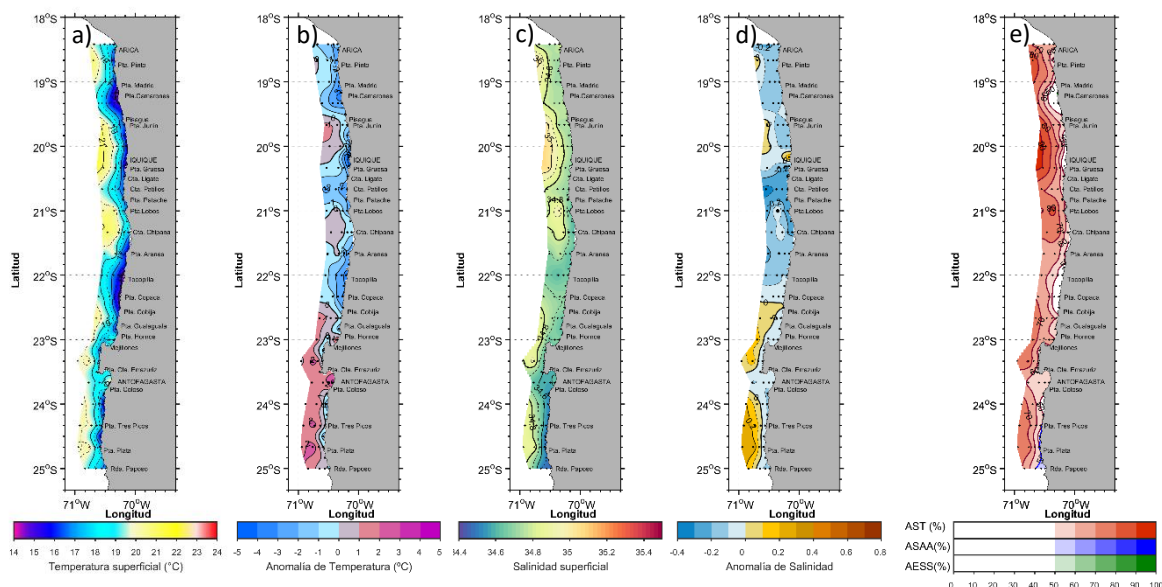


Figura 17. Distribución superficial de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad superficial, d) anomalía de salinidad y e) porcentajes de participación de las masas de agua con PPMA $>50\%$: Agua Subtropical (AST), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES) y Agua Subantártica (ASAA); PPMA $<50\%$ corresponden a procesos de mezcla de las masas de agua. Cruceo diciembre 2020.



Durante los meses de enero-marzo 2021 (**Figura 18**), los últimos meses con condiciones La Niña en el Pacífico ecuatorial 2020-21, se observó el mayor efecto de esta condición fría ecuatorial a nivel local, con un predominio de ATSM negativas en la zona en enero y febrero, sin embargo, ATSM cercanas a cero estuvieron ampliamente distribuidas entre la costa y los 74°W. En marzo TSM > 20°C muy cercanas a la costa se tradujo en ATSM positivas en la costa con hasta +2°C (21°S) y un predominio de ATSM neutrales en el sector oceánico. El viento predominante fue desde el sur con intensidades débiles en la costa (<20 mn). La clorofila-*a* de diciembre a enero aumentó la cobertura de focos >5 mg/m³ generando una franja continua de altas concentraciones entre Arica y Antofagasta. En febrero focos >10 mg/m³ se desarrollaron entre Arica e Iquique. En febrero, al norte de 21°S las concentraciones >1 mg/m³ se extendieron a >40 mn, reduciéndose a <20 mn en los 22°S, producto un giro anti horario que se ubicó en la costa entre enero y marzo, el que extrajo del pigmento de la zona costera en su borde norte. Entre 21°S y 22°S desde Antofagasta a 25°30'S se registraron corrientes geostroficas hacia el norte paralelas a la costa con intensidades ≥10 cm/s.

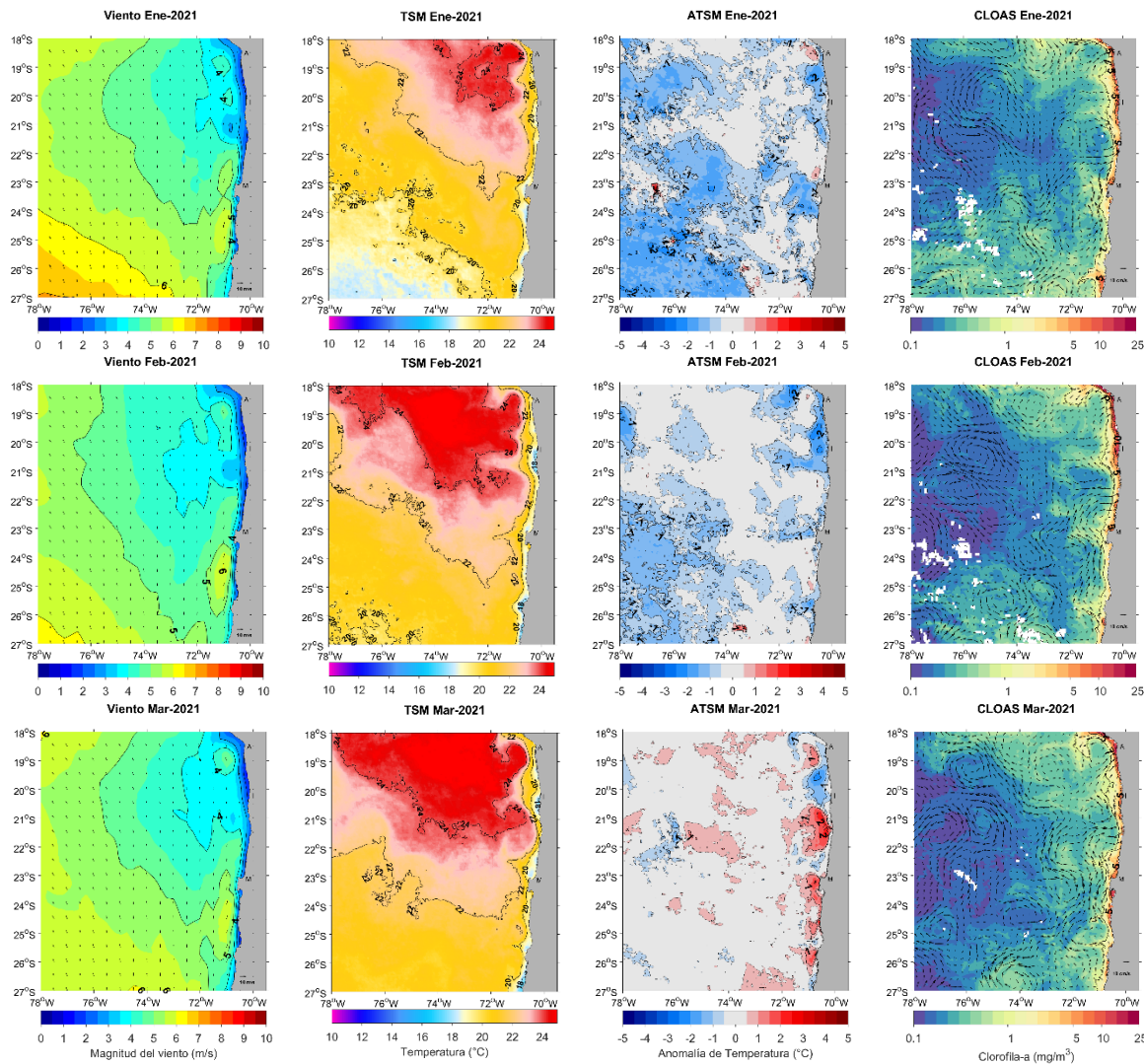


Figura 18. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de enero a marzo 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

Entre abril y agosto de 2021 la condición ecuatorial fue neutra, aunque el MELv2 permaneció con valores negativos $>0,7$ (absoluto). A nivel local (**Figura 19** y **Figura 20**), en este período la TSM disminuyó debido al ciclo estacional, con mínimos en agosto donde toda la zona fluctuó en $\sim 16^{\circ}\text{C}$. En abril la TSM entre 20 y 22°C se tradujeron en ATSM principalmente negativas con máximos de 1°C (absoluto) al norte de 22°S , mientras que al sur de los 24°S las ATSM predominantes fueron cercanas a cero, en mayo en tanto, predominaron las ATSM positivas, respondiendo a una condición local. Entre junio y agosto las ATSM positivas estuvieron en focos aislados, con un aumento relativo de ATSM



negativas ya que el predominio fue de valores cercanos a cero, principalmente en agosto. Por su parte, el viento promedio mensual entre abril y junio fue favorable a la surgencia en la costa y se mantuvo con bajas intensidades, <5 m/s, aumentando a moderadas (>5 m/s) hacia el sector oceánico. En julio y agosto, al sur de los 22°S , aumentó la magnitud del viento fuera de las 20 mn, 6-7 m/s.

Entre Arica y Antofagasta, entre abril y mayo (**Figura 19** y **Figura 20**) la clorofila-a mostró un bloom ($5\text{-}10$ mg/m^3), con máximos en Arica. En junio y julio las concentraciones descendieron, manteniendo esporádicos focos de valores >5 mg/m^3 , como en Antofagasta. En agosto comenzó el bloom estacional de primavera entre Arica y Antofagasta. Al sur de Antofagasta las mayores concentraciones se registraron entre abril y mayo, con valores inferiores a la subzona norte. En abril, concentraciones del pigmento >1 mg/m^3 se extendieron >60 mn entre 21°S - 22°S , producto de la exportación debido a la actividad del giro anticiclónico visto en los meses previos, en mayo este giro se debilitó y en junio cambió de dirección, sin embargo, esto coincidió con focos >1 mg/m^3 que se ubicaron $>74^{\circ}\text{W}$.

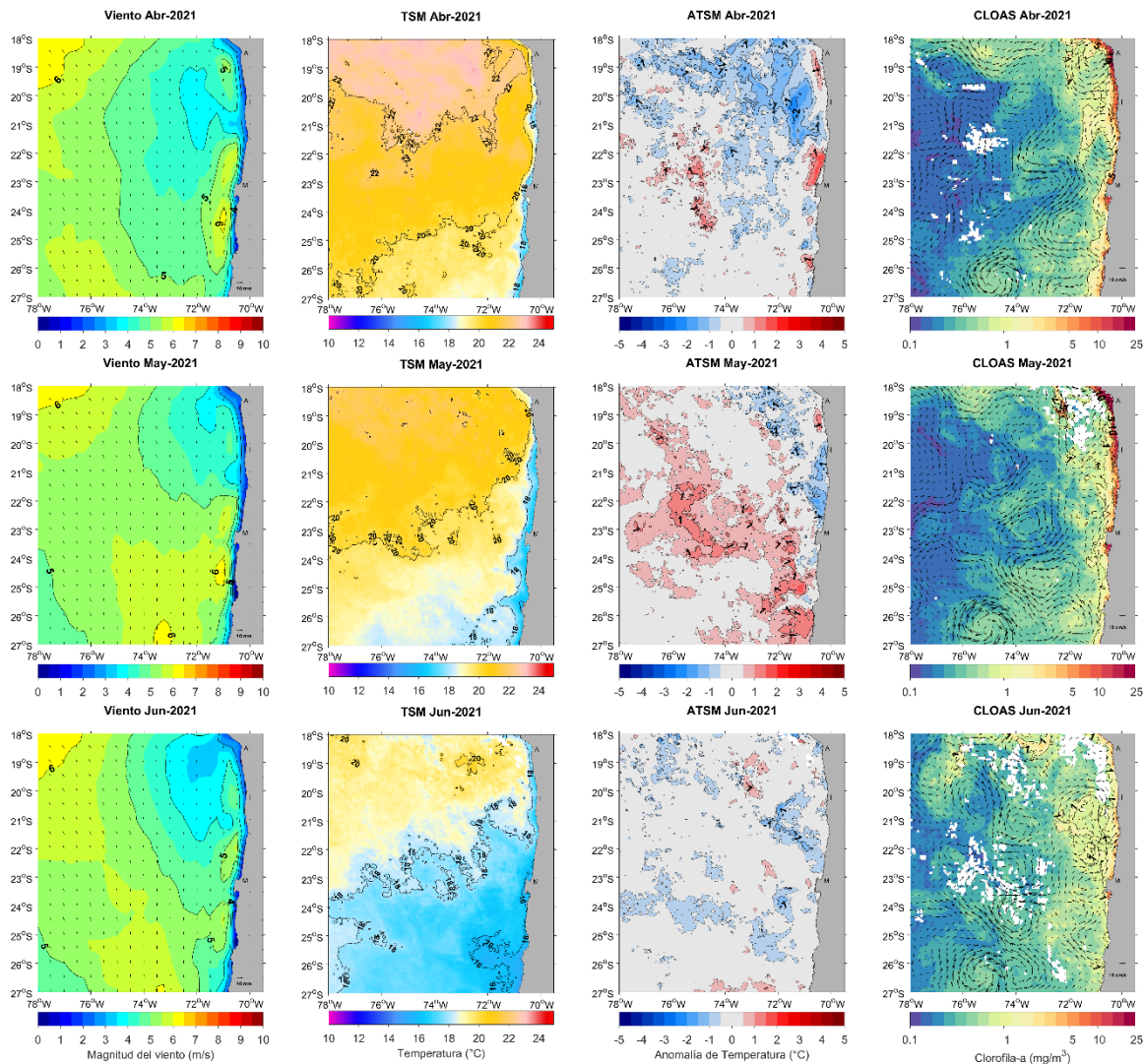


Figura 19. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de abril a junio 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

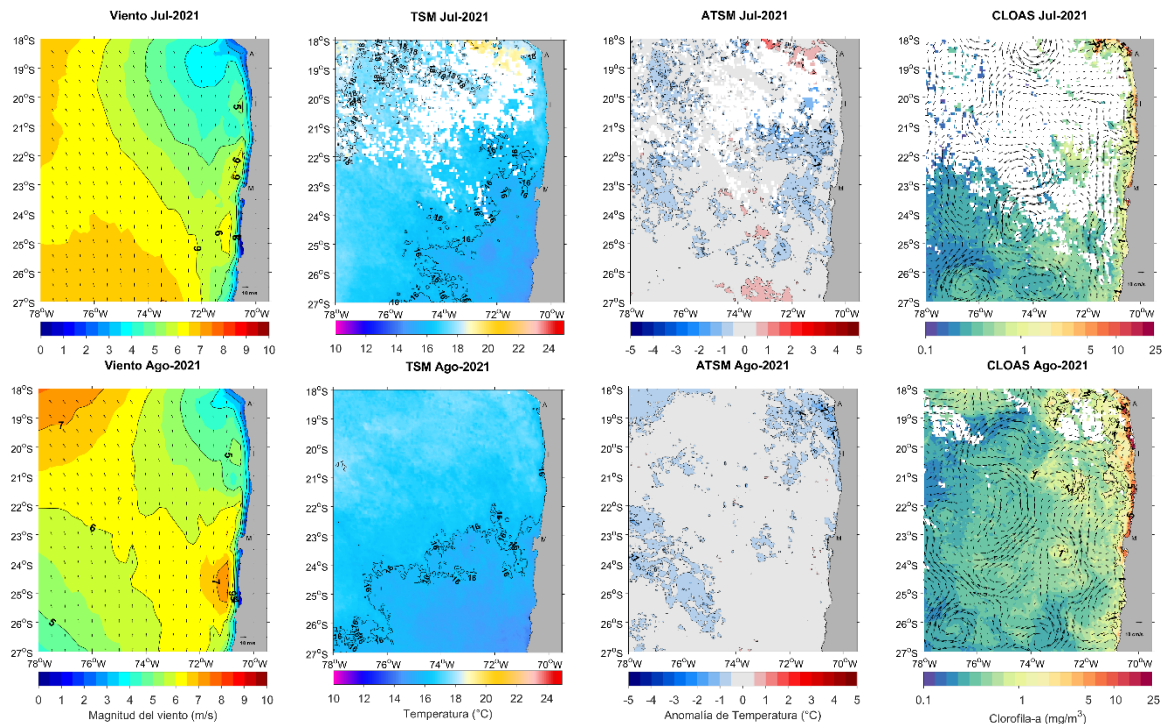


Figura 20. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrofica superpuesta de los meses de julio y agosto 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

El crucero de primavera, septiembre de 2021 (**Figura 21**), coincidió con el inicio de una condición ecuatorial fría La Niña. Localmente, las condiciones oceanográficas en la costa norte de Chile evidenciaron una tendencia fría en toda la zona, con gran cobertura espacial de ATSM negativas $>0,5^{\circ}\text{C}$ (absoluto) principalmente en el sector costero, las que se intensificaron en octubre a 1°C (absoluto). El campo de viento satelital durante el período del crucero presentó componente sur, con intensidad característica de la zona norte de Chile, de débil a moderada, lo que favoreció el desarrollo de procesos de surgencia costera, con mayor intensidad entre las localidades de Pisagua y rada Paposo ($19^{\circ}40'\text{S}$ - 25°S). En septiembre y octubre se consolidó el bloom de primavera con un aumento en las concentraciones de clorofila-a, aunque el área de cobertura cambió de Arica-Antofagasta en agosto y septiembre a desde los 21°S a cerca de 26°S en octubre con valores $>10\text{ mg/m}^3$ (las concentraciones $>1\text{mg/m}^3$ abarcaron meridionalmente toda la zona).

La información del crucero septiembre-octubre (**Figura 22**) mostró anomalías de temperatura negativas en toda la zona, levantamiento de la isolínea de 15°C hacia el sector costero, y surgencia de agua baja en oxígeno y con altos porcentajes de participación de AESS cerca de la costa, características típicas de surgencia costera, que son propias de la zona norte de Chile (Letelier *et al.*, 2012) y que se han registrado de manera recurrente al norte de la península de Mejillones en los últimos cruceros MOBIO-MPDH (Angulo *et al.*, 2019; Bonicelli *et al.*, 2020, 2021).

En la sub zona sur (al sur de 23°S), la información de crucero mostró temperaturas $< 14^{\circ}\text{C}$, anomalías positivas de salinidad, densidades $> 26 \text{ kg/m}^3$, oxígeno disuelto $< 5 \text{ mL/L}$, porcentajes de participación de la AEES $> 60\%$, concentraciones de clorofila-a superficial $> 5 \mu\text{g/L}$ y levantamiento de la isoterma de 13°C y de la isolínea de 1 mL/L de OD. Estas características reflejan el desarrollo de un evento de surgencia durante el periodo cuando el crucero estuvo en ese sector, aunque no necesariamente características de eventos de surgencia recurrentes durante todo el mes de octubre.

La información satelital de septiembre-octubre se muestra en la **Figura 21**. La zona al sur de la península de Mejillones, se ha destacado por ser un sector de bajas concentraciones de clorofila-a, debido a la topografía de la costa y al mayor transporte de Ekman que es capaz de romper la resistencia del frente costero (Letelier *et al.*, 2012). En este crucero, a diferencia de lo documentado por Letelier *et al.* (2012) y lo registrado en los últimos cruceros MOBIO-MPDH (Bonicelli *et al.*, 2020, 2021), se detectaron altas concentraciones de clorofila-a en el sector costero al sur de la península y hasta 26°S , una persistencia de estas aguas productivas en el mes de octubre. Esta condición, que es poco común para esta zona, refleja la ocurrencia de un mecanismo que ha favorecido la producción primaria en términos de la permanencia de concentraciones elevadas de clorofila-a cerca de la costa.

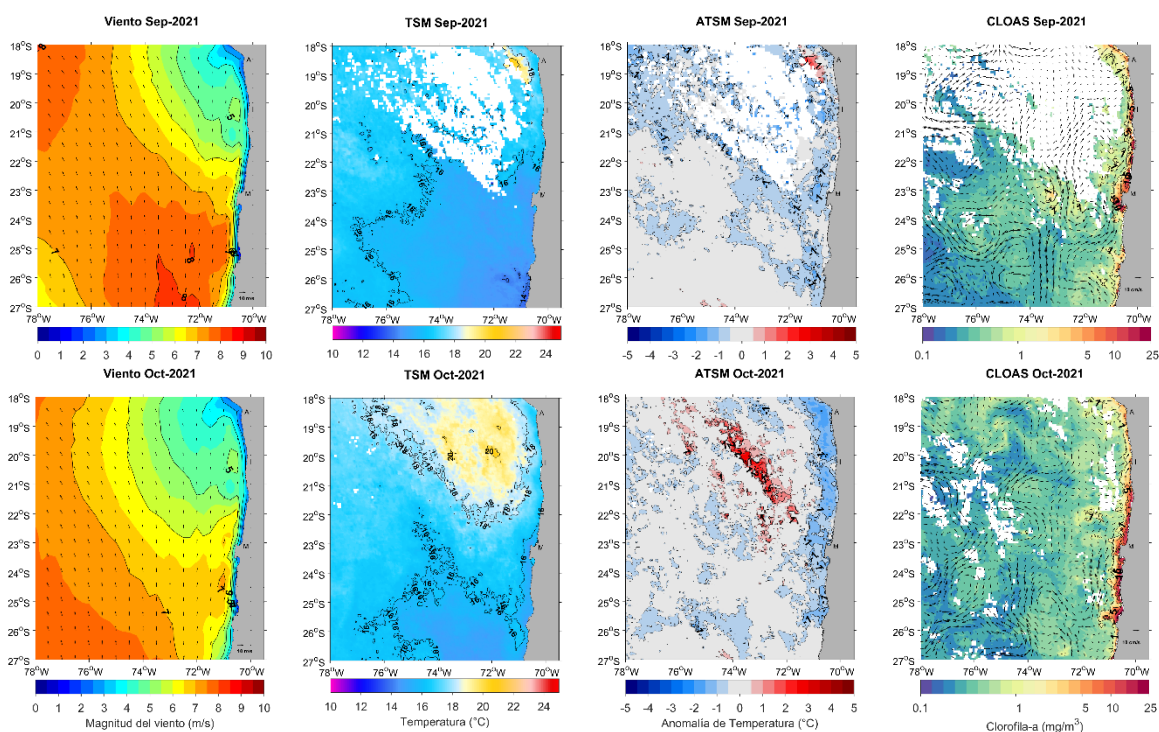


Figura 21. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de septiembre y octubre 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.

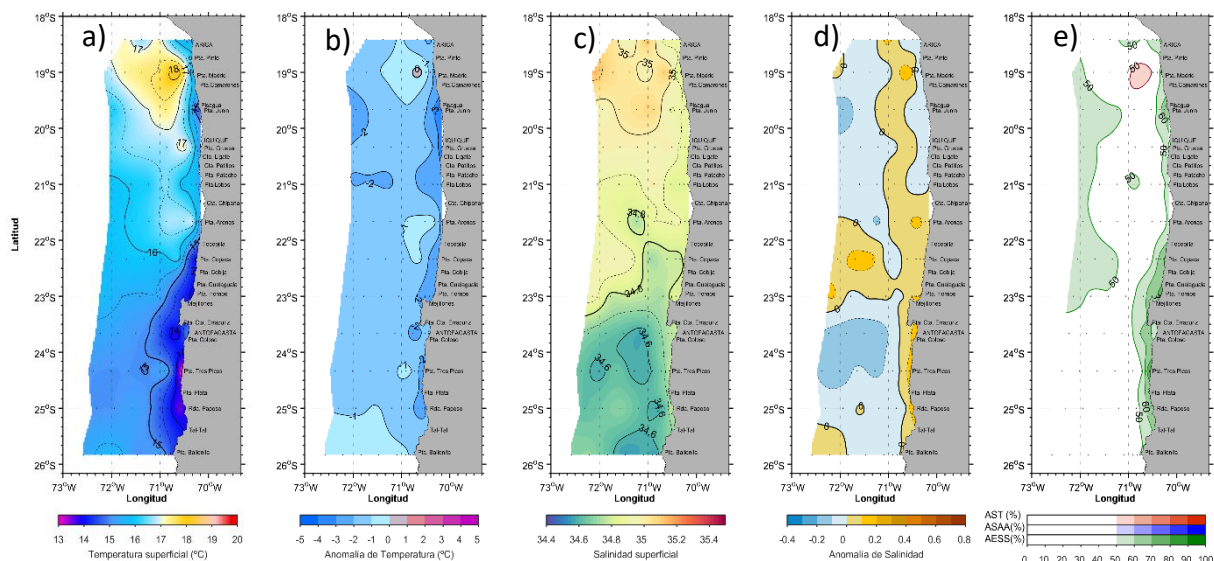


Figura 22. Distribución superficial de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad, d) anomalía de salinidad y e) porcentajes de participación de las masas de agua con PPMA >50%: Agua Subtropical (AST), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AECS) y Agua Subantártica (ASAA); PPMA <50% corresponden a procesos de mezcla de las masas de agua. Crucero septiembre-octubre 2021.

Entre noviembre y diciembre 2021 (**Figura 23**) continuó la condición ecuatorial fría La Niña. Localmente, las condiciones oceanográficas en la costa norte de Chile presentaron tendencia fría, con amplia cobertura espacial de anomalías térmicas negativas de hasta 1°C (absoluto) en sectores costeros, desde Antofagasta al norte en noviembre y al sur de esta localidad en diciembre. Sin embargo, en noviembre y al sur de 24°S predominaron focos de ATSM positivas, mientras que en diciembre la mayor cobertura de TSM >20°C se tradujo en un foco de intensas ATSM positivas (+2 a +3°C) que se desarrollaron en el sector oceánico entre 76°W y al menos 78°W, entre 19°S y 23°S, más una amplia área de valores positivos >0,5°C fuera de los 72°W y al sur de 21°S. En ambos meses predominó el viento sur favorable a la surgencia, con magnitud de débil a moderado, en las primeras 20 mn con intensidades predominantes <4 m/s, aumentando hasta >7 m/s en el extremo sur occidental de la zona en noviembre y a >5 m/s en diciembre. En diciembre de 2021, el patrón de vientos al sur de los 22°S mostró vientos más débiles en relación a lo del observado en diciembre 2020.

Las concentraciones de clorofila-a mostraron una clara disminución entre octubre y noviembre. Se mantuvo la banda costera >1 mg/m³ desde Antofagasta al norte, con algunas áreas donde sobrepasaron los 5 mg/m³, como Mejillones. En diciembre, dentro de las primeras 10 mn aumentó la presencia de focos >5 mg/m³, Arica, Iquique-21°S, Mejillones, Antofagasta, 25°S y 26°30'S. Un remolino de mesoescala de giro ciclónico de gran diámetro (>300 km) se destacó entre 23°S y 25°S, con velocidades de corriente ~20 cm/s favoreció el transporte costa afuera de clorofila-a >1 µg/L alrededor de 25°S.

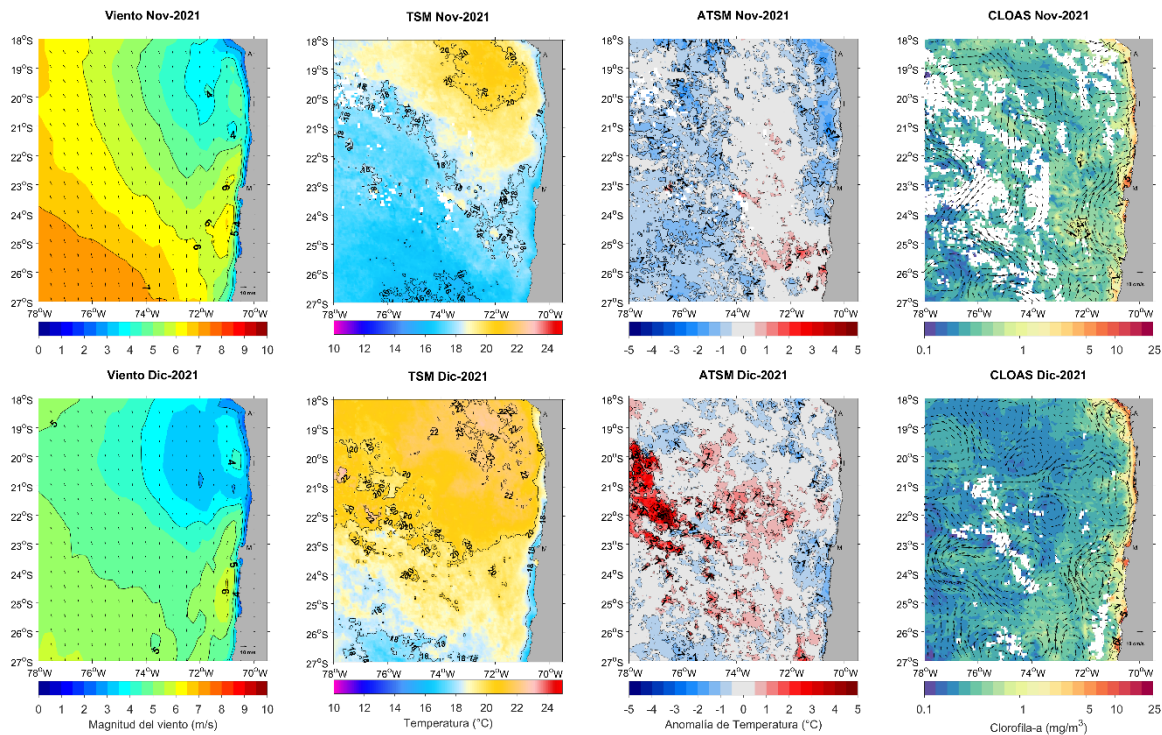


Figura 23. Distribución superficial de viento, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de TSM (ATSM) y clorofila-a (CLOAS) superficial con circulación geostrófica superpuesta de los meses de noviembre y diciembre 2021: El mes, la variable y las unidades se indican en cada figura.



4.2.2 La pesquería pelágica del Perú con énfasis en la Región Sur

La pesquería del Perú es regulada por el Ministerio de la Producción (PRODUCE), que fue creado en julio del 2002 y está conformado por el Subsector de la Industria y la Pesquería, que corresponde a la máxima institución gubernamental, que está encargada de formular, aprobar, ejecutar y supervisar todos los niveles de producción de la industria, sectores pesqueros y manufactureros, dictando normas y lineamientos técnicos para una adecuada ejecución y supervisión de las políticas. El Subsector Pesquería, comprende a todos los recursos de origen hidrobiológicos contenidos en las aguas marinas jurisdiccionales, siendo el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el organismo técnico especializado que participa entregando antecedentes científicos para la toma de decisiones.

Para tales fines el IMARPE analiza los desembarques de los recursos pelágicos dividiendo el área marítima en tres Regiones:

1. Región Norte: comprendida entre el extremo norte del Perú y Huarmey (10°S) (incluye los Puertos de Paita a Huarmey).
2. Región Centro: entre el sur de Huarmey y norte de Ático (Puertos de Supe a Pisco).
3. Región Sur: desde Ático (16° S) hasta la frontera con Chile. En esta Región se ubican los Puertos de Ático, La Planchada, Matarani, Quilca, Mollendo e Ilo.

La fuente de información de las estadísticas de Perú fue proporcionada por IMARPE y en el año 2020 no se registraron desembarques en la región Sur del Perú.



Información pesquera de la región sur del Perú y zona norte de Chile

El recurso anchoveta de la zona norte es un stock transfronterizo, compartido con el sur del Perú, y constituye una unidad de stock que se distribuye entre los 16°S (Perú) y 24°S (Chile) (Serra, 1983; Chirichigno y Vélez, 1998). Desde 1992 y hasta el primer semestre del 2011 se realizaron talleres de evaluación conjunta de la anchoveta y sardina con IMARPE los que proporcionan información base para sustentar este estudio. Este intercambio suspendido desde el 2011 se reinició el año 2016 con la reactivación del Grupo de Evaluación de Stock de anchoveta Sur del Perú y Norte de Chile a través de actividades enmarcadas dentro del proyecto GEF “Hacia un Manejo con Enfoque Ecosistémico del Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt”, cuyo objetivo es “Avanzar hacia el manejo con enfoque de ecosistema (MEE) para el GEMCH a través de un marco coordinado que fortalezca la gobernanza y el uso sostenible de los recursos marinos vivos y los servicios del ecosistema”. Este taller de evaluación de la anchoveta se realizó en Valparaíso entre el 21 y 25 de noviembre del 2016. Posteriormente, este Grupo Científico retomó este trabajo en la primera semana de diciembre del 2017 con la continuación de las evaluaciones anuales del stock compartido de anchoveta trabajando en la estructura de un modelo de evaluación compartido para lograr integrar datos de ambos países.

El análisis de la serie histórica de los desembarques de anchoveta de la región sur del Perú y zona norte de Chile evidencian fuertes variaciones interanuales, apreciándose el máximo registro para la zona norte de Chile en 1994 (2,13 millones de t) y para la región sur del Perú en el 2002 (1,34 millones de t). Al revisar la información de anchoveta como una unidad de stock (sur del Perú y norte de Chile) se aprecia, por una parte, un máximo en 1994 que alcanzó 2,98 millones de t y por otra parte fuertes disminuciones, con valores mínimos asociados a eventos cálidos El Niño 1987 (451 mil t); 1997-98 (1998: 442 mil t); 2002-2003 (2003: 633 mil t) y 2016 (418 mil t).

Entre los años 1986 y 2004 las capturas se concentraron en la zona norte de Chile alcanzando en promedio 1,0 millón de t, contrastado con los 0,6 millones de t de la Región Sur del Perú. Sin embargo, del 2006 al 2009 esta situación se revirtió, registrando la Región Sur capturas promedios de 800 mil t respecto a las 610 mil t de la zona norte.

En el 2009 las capturas de anchoveta alcanzaron en conjunto 1,0 millón de t, apreciándose una tendencia descendente, si se compara con el promedio del período 2006-2008 (1,6 millones de t). Este comportamiento se agudizó el 2010 donde los volúmenes de anchoveta en ambas regiones alcanzaron las 776 mil t (24% menor al obtenido en el 2009), destacando en el 2010 las mayores capturas de la zona norte (+195 mil t), situación que no se repetía desde 2004. Esta tendencia se mantuvo en los cuatro años siguientes donde se extrajeron 352 mil t más por año (2011 y 2012); 440 mil t (2013) y 382 mil t (2014) (**Figura 24**). El comportamiento descendente observado desde el 2011 se agudiza en el 2016 alcanzando entre ambos países la cifra más baja de la serie. Esta importante merma se reflejó en una alta presencia de ejemplares juveniles en las capturas, menor disponibilidad de éstas por las condiciones oceanográficas imperantes lo que se tradujo en una serie de vedas de reclutamiento, restricciones que en el caso de Chile se extendieron hasta fines de junio 2016. En los últimos cuatro años las capturas totales son fluctuantes alcanzando en el 2021 las 377 mil t en la zona norte de Chile.

Estacionalmente el análisis del promedio histórico (2006-2014) de la captura de anchoveta para la Región Sur del Perú señala que ésta se concentró en los siete primeros meses del año, aportando con el 86% del volumen del año, situación distinta a lo observado en la serie 2015-2018 y en los dos últimos años cuando éstos se han focalizado en dos a tres meses. Al respecto, en el 2019 el 99% de los desembarques se concentraron en tres meses y en el último año se focalizó en cuatro meses y principalmente en febrero a marzo (56%), siendo escasos a partir de agosto. En la zona norte de Chile se centraron, tanto en el 2019 y 2021 en cinco meses con una contribución del 82%, 65% y 63% destacando de éstos marzo a mayo. Asimismo, es importante resaltar que en forma posterior a la veda reproductiva (última semana de agosto a primera semana de octubre) hay años que en octubre y noviembre se registran altas descargas, situación observada en la serie promedio 2006-2014 y en el 2018 (Figura 25).

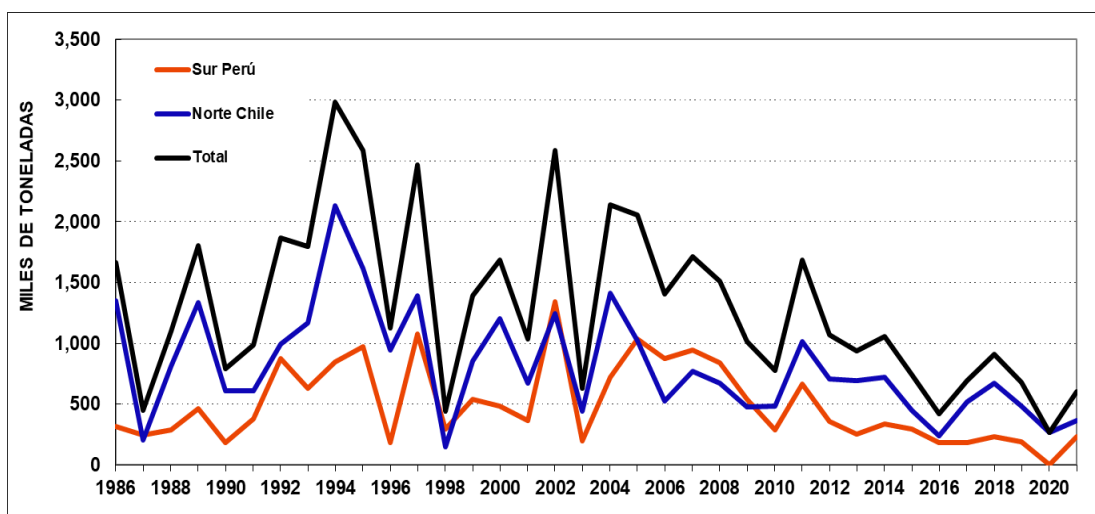


Figura 24. Serie histórica de los desembarques anuales de anchoveta en la región sur del Perú y norte de Chile. Entre 1986-2021. (Fuente: Datos de Perú proporcionados por IMARPE).

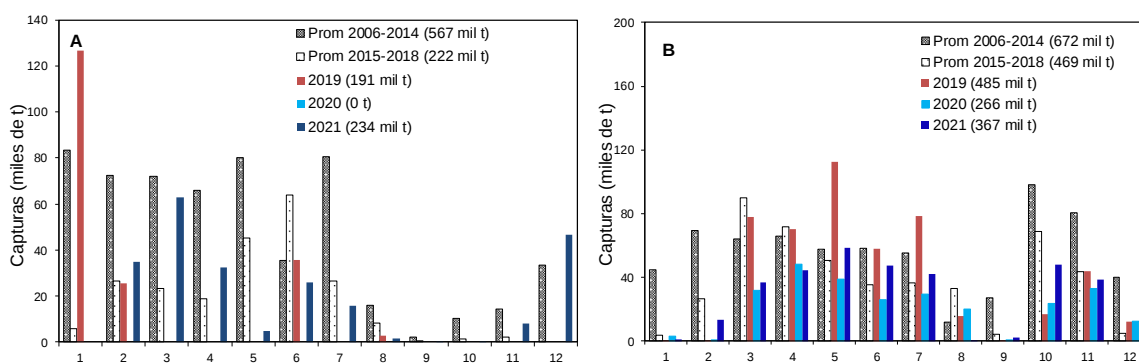


Figura 25. Serie desembarque mensual de anchoveta (promedio 2006-2014 y 2015-2018), años 2019, 2020 y 2021 en la A): región sur del Perú y B): norte de Chile.

Durante el año 2021, el análisis por puertos de desembarques de la Región Sur mostró un predominio del puerto Ilo (65%), concordante respecto a lo observado en años anteriores donde Ilo ocupaba el primer lugar. El segundo en importancia fue el puerto de Mollendo (27%) y Ático (8%). Estacionalmente



los desembarques se centraron en marzo, abril, junio y diciembre, en tanto en Mollendo destaca febrero, marzo y diciembre (**Figura 25** y **Figura 26**).

Mensualmente los desembarques de la región Sur de Perú, por puerto, muestran que en el período 2012-2019, destaca en la mayoría de los años y meses la mayor participación de Ilo, con capturas máximas de 70 mil t (abril 2014) y 71 mil t (junio 2015), situándose los demás puertos en niveles por debajo de éste. Además, hacia fines de año en que la actividad disminuye de manera importante también Ilo destaca como el puerto principal (**Figura 26**).

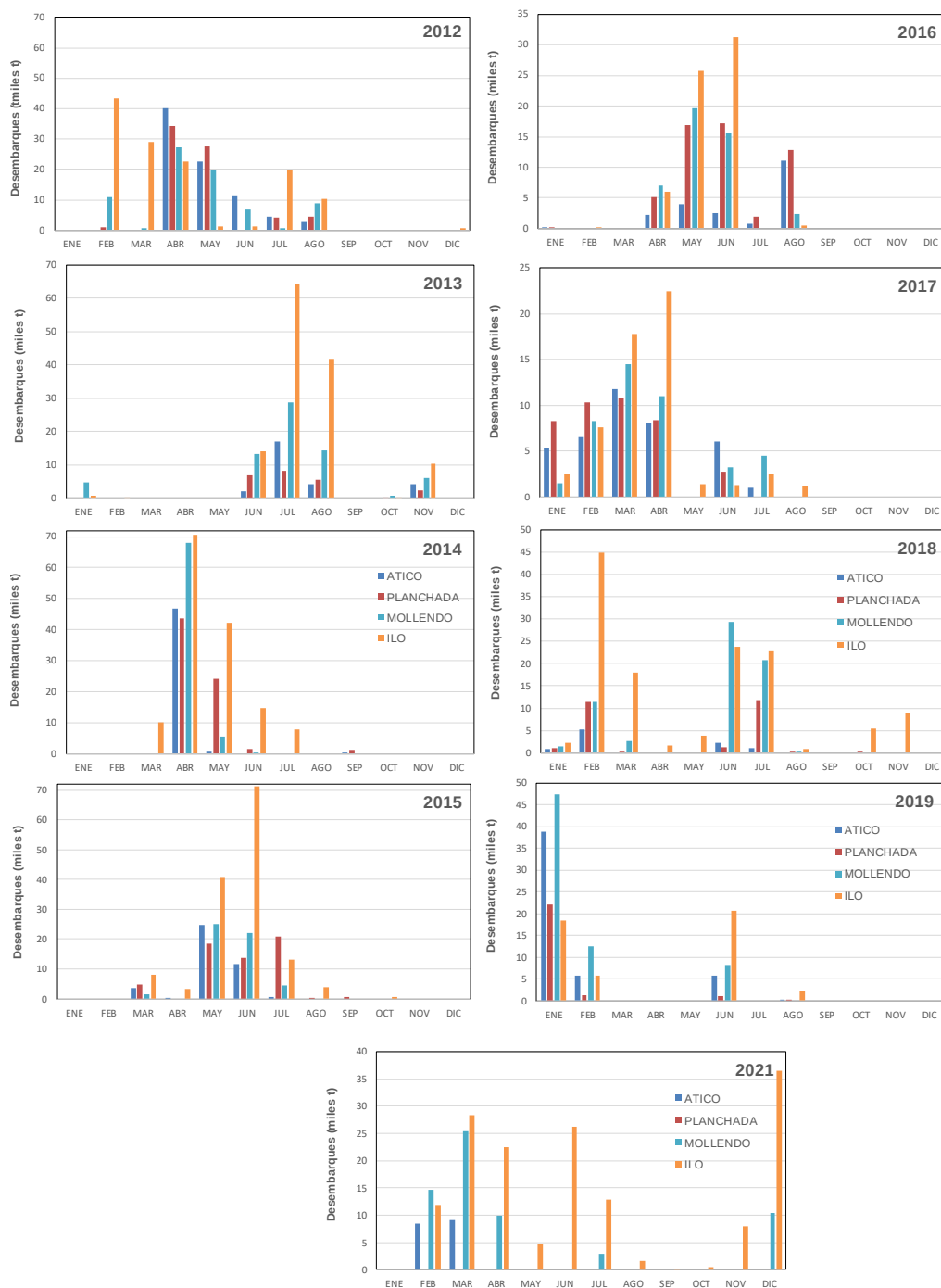


Figura 26. Desembarque mensual de anchoveta en la Región Sur del Perú entre el 2012 y 2021, por puerto. (Fuente: IMARPE).



4.2.3 Indicadores del desempeño de la pesquería

En el ecosistema de surgencia de la Corriente de Humboldt ubicado entre los 4°S (Perú y Ecuador) y 45°S (sur de Chile) existen cuatro stocks con diferentes niveles de productividad pesquera, centro-norte de Perú (4°30'-16°S); sur de Perú-norte de Chile (16°-24°S), norte-centro de Chile (25°-32°S) y centro-sur de Chile (32°-41°S).

La pesquería pelágica del norte de Chile del sistema de surgencia de la Corriente de Humboldt es parte del stock compartido entre la zona sur de Perú y norte de Chile (16°-24°S). En esta zona la pesquería se concentra principalmente en anchoveta (*Engraulis ringens*), sardina española (*Sardinops sagax*), jurel y caballa. Entre el año 1950 y a la fecha se ha registrado alternancia entre especies de pequeños pelágicos que habitan el ecosistema con periodos de coexistencia entre ellas. En la zona norte de Chile, la pesquería pelágica ha presentado tres periodos: el primero de 1955 a 1976, basado casi exclusivamente en la extracción de anchoveta, donde se observó un crecimiento sostenido del recurso hasta 1966 alcanzando 1,1 millones de toneladas (t), para luego registrar una fuerte reducción de las capturas (promedio 1967-1972 de 540 mil t), siendo más notable posterior al evento El Niño 1972-73, con niveles promedio de 330 mil t (1974-1976). El segundo periodo comienza a mediados de la década del 70 y corresponde a una etapa de bajas capturas de anchoveta y un aumento notable en la abundancia de sardina española, especie que sostuvo la pesquería hasta fines de la década del 80 con capturas promedio de 1,8 millón de t entre 1978 y 1989. El tercer periodo se establece desde 1986 y se caracteriza por una mayor abundancia y estabilización en las capturas, las que se nivelan en torno a los 1,3 millones de t, cifra que fue disminuyendo en el periodo 2006-2014 para promediar las 787 mil t, destacando los años posteriores capturas bajas con un promedio de solo 486 mil t en total (**Figura 27**).

La proporción de anchoveta fue mayor al 80% en la primera fase entre 1955 y 1973 en relación a la segunda fase donde se registró una proporción importante de caballa y jurel principalmente entre el 1992 y 2009 donde la proporción de caballa y jurel son cercanas a 30%, desde el 2011 la proporción de anchoveta aumenta alcanzando el 90% (**Figura 27**, panel inferior).

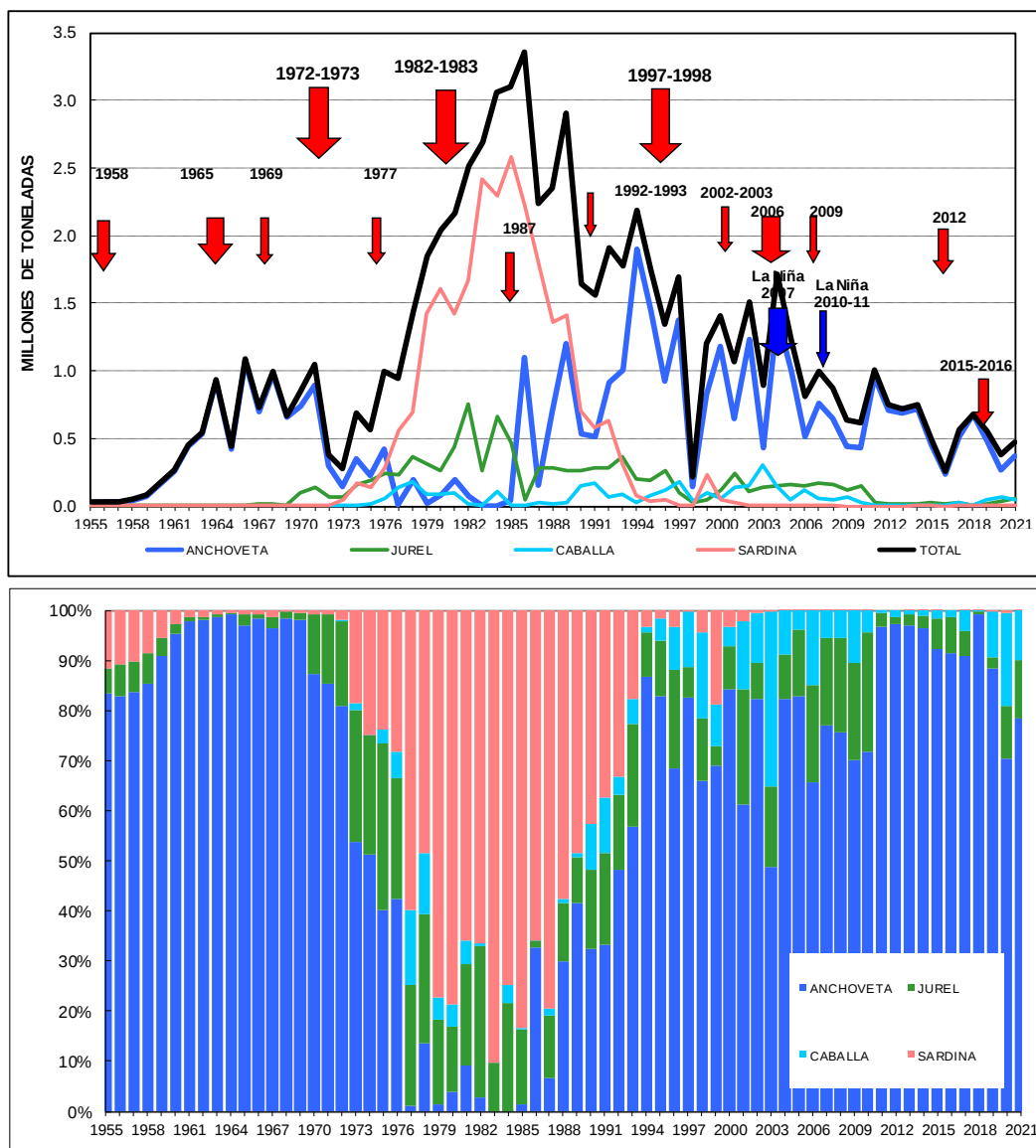


Figura 27. Evoluci3n de las capturas por especies en la zona norte y su relaci3n con El Niño (panel superior) y la proporci3n de especies, 1955-2021.

Los indicadores pesqueros por flota en la zona norte, muestran predominio de la flota industrial. En t3rminos de productividad del sistema, se destacan tres periodos, el primero asociado con la fase c3lida favorable a la sardina española y a otros pel3gicos como jurel y caballa (Lluch-Belda *et al.*, 1992; Schwartzlose *et al.*, 1999; Ch3vez *et al.*, 2003; Cahuin *et al.*, 2013) alcanzando capturas totales promedio de 2,18 millones de t y rendimiento de 85 t/vcp, con m3ximo de 4 millones de t. En la fase fr3a favorable a la anchoveta se observan dos cambios de productividad del sistema, el primero con capturas totales promedio cercanas a 1,13 millones de t y rendimientos en torno a 60 t/vcp, el 2006 se produce el segundo cambio de productividad del sistema con capturas totales promedio de 700 mil t y rendimientos de 59 t/vcp. Estos cambios de productividad del sistema traen consigo cambios en la

participación de la flota industrial en términos de captura, es así que entre 1980 y 1997 esta flota capturó el 98% disminuyendo en los periodos más recientes de 91 a 83% el periodo posterior al 2006. Si bien, la menor participación se explica principalmente por los cambios de productividad del sistema, que derivó en la reducción del número de embarcaciones, existen otros factores que podrían explicar esta reducción como la aplicación del LMCA programando las salidas de acuerdo a la disponibilidad de recursos, cuotas y los requerimientos de las plantas y la distribución más costera de la anchoveta (**Figura 28**). Al respecto, se destaca a partir del año 2015 un aumento en los viajes de pesca de la flota artesanal, superando los últimos dos años los viajes realizados por la flota industrial, comportamiento que también se observó en el rendimiento para la flota artesanal los cuales mostraron una tendencia al aumento.

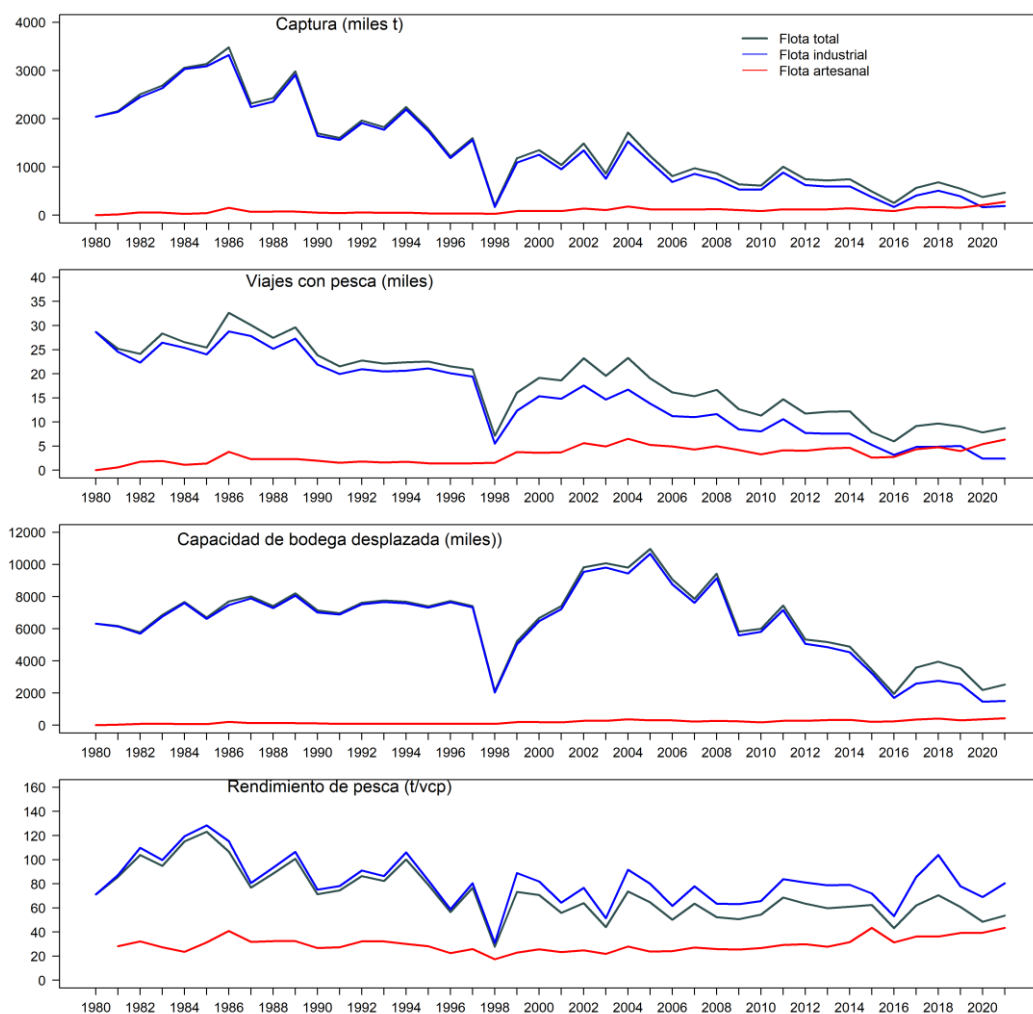


Figura 28. Principales indicadores operacionales de la pesquería en la zona norte por flota y total entre 1980 y 2021. a) captura; b) viajes con pesca; c) capacidad de bodega desplazada y d) rendimiento de pesca.



4.2.4 Recurso anchoveta

En la actualidad el stock norte de Chile se sustenta en más del 80% en la anchoveta, especie que ha presentado cambios tanto de distribución como biológicos (Hernández-Santoro *et al.*, 2019 a y b; Claramunt *et al.*, 2014) destacándose los siguientes cambios:

- 1) Tendencia decreciente del stock de anchoveta durante el último periodo, medida a través de los desembarques.
- 2) Distribución de las capturas, reducción en la ocupación del espacio y una mayor concentración en áreas costeras.
- 3) Disminución de la talla media de anchoveta, asociado con la reducción en la proporción de ejemplares mayores a 16,0 cm LT y un aumento de los individuos juveniles ($\leq 11,5$ cm LT) en las capturas (Hernández-Santoro *et al.*, 2019a).
- 4) En la actividad reproductiva, aumento en la participación de individuos entre 12,5 y 13,5 cm LT que habitualmente no participan del proceso reproductivo (Hernández-Santoro *et al.*, 2019a).
- 5) En el patrón de reclutamiento de la anchoveta.
- 6) Tendencias negativas en el peso medio y factor de condición.

1) Tendencia decreciente del stock de anchoveta medida a través de los desembarques

La fase fría favorable a la anchoveta comenzó el año 1986 mostrando en la zona Arica-Antofagasta una concentración espacial de las capturas en las zonas de Iquique y de Arica, extraídas principalmente por la flota industrial (90%). Esta fase fría registró cambios de productividad en el sistema evidenciado por fluctuaciones en los indicadores pesqueros principalmente en la flota industrial. Es así, que en el primer periodo (1986-1996) se registró una tendencia creciente en los indicadores, reflejando una mayor productividad con capturas industriales promedio de 934 mil t, esfuerzos de 8.865 vcp y rendimientos de 105 t/vcp. El segundo periodo desde 1997 hasta 2005 se observó una estabilización del sistema con indicadores intermedios y capturas industriales de 800 mil t, esfuerzos de 9.923 vcp y rendimientos de 83 t/vcp. En el tercer periodo del 2006 al 2021 presentó una tendencia decreciente y una menor productividad, con capturas industriales de 416 mil t, esfuerzos de 5.355 vcp y rendimientos de 77 t/vcp. Se destaca entre 2016 y 2021 un incremento en las capturas de la flota artesanal y principalmente en los viajes con un promedio de 176 mil t y 4.509 vcp, respectivamente (**Figura 29**).

El año 2020 se registró un total de 377 mil t de anchoveta en la zona de las cuales 92 mil t fueron industriales y 274 mil t artesanales, siendo las capturas industriales las menores con respecto a la serie 2006-2021.

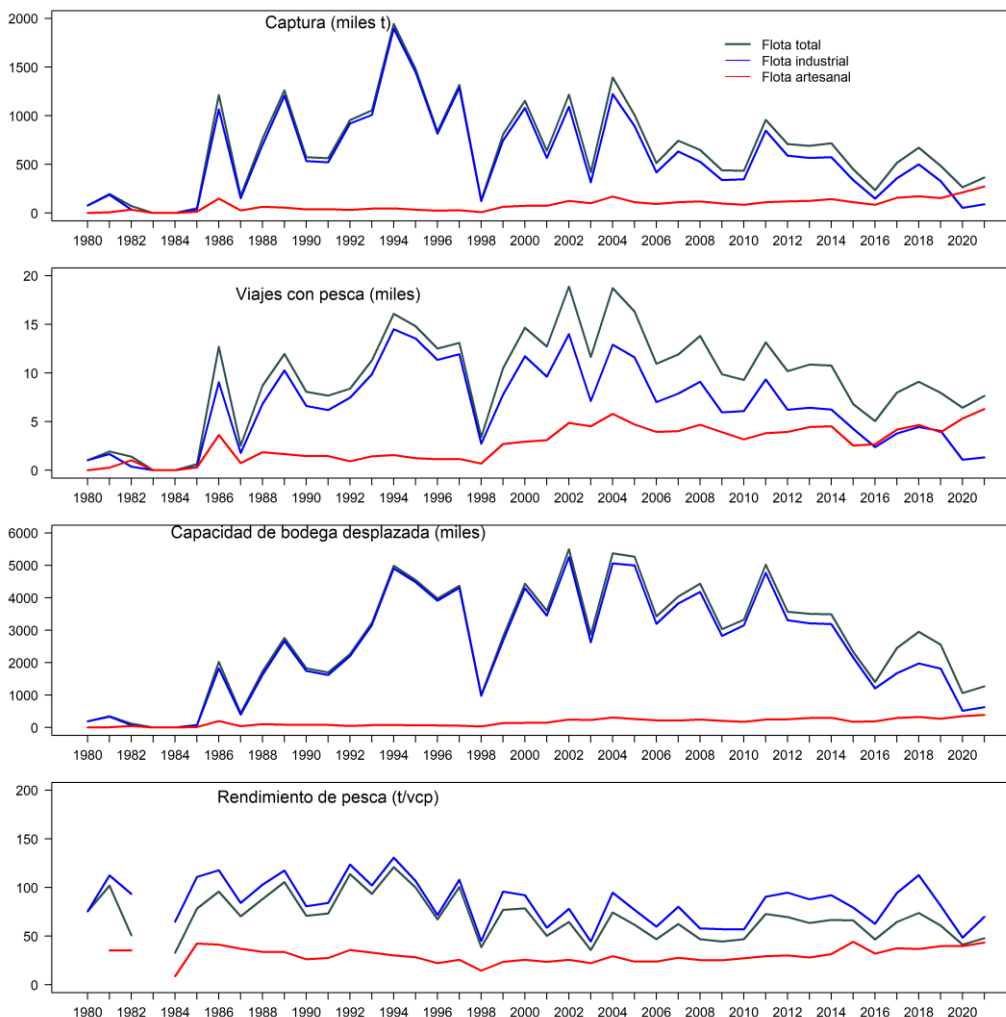


Figura 29. Principales indicadores operacionales de la pesquería de anchoveta en la zona Arica-Antofagasta entre 1980 y 2021. Flota industrial y flota artesanal. Las líneas verticales marcan los cambios de productividad del sistema.

En la zona norte, existen áreas de perforación al interior del área de reserva de la flota artesanal donde se autoriza la operación a la flota industrial. Al respecto, es posible observar que las capturas en estas áreas no superan el 15% con respecto a la captura industrial, excepto en los últimos cuatro años y entre 1991 y 1993 (**Figura 30**). Se destaca que las áreas de perforación situadas al sur de Iquique en los 20°30'S lideran las capturas (excepto en el año 2020). Es necesario mencionar que esta estimación podría estar subestimada debido a que en muchas ocasiones no se dispone de la georreferenciación de todas las capturas realizadas en el viaje o solo se reporta la posición del último lance.

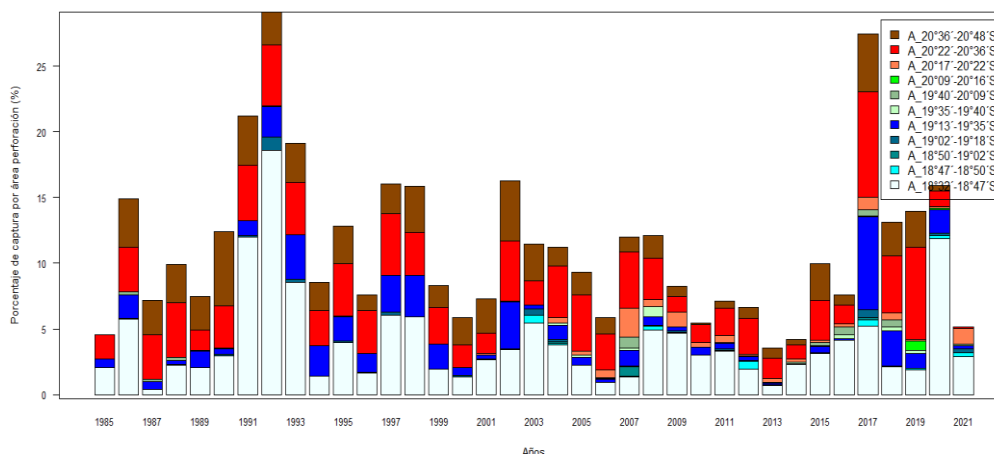


Figura 30. Evoluci3n de las 1reas de perforaci3n industrial situadas en la zona exclusiva artesanal en la zona norte entre 1985 y 2021.

Las capturas realizadas por la flota industrial en el 1rea de estudio presentan una alta variabilidad intra e inter anual, concentrando entre el 59 y 89% de los vol1menes en el per3odo 2001-2019. Se destaca los 1ltimos dos a1os, cuando las capturas industriales solo representaron entre el 20 y 25% de las capturas totales. Espacialmente existe un predominio hist3rico de la zona de Arica-Antofagasta (de 58 a 89% del total) y temporalmente durante el primer semestre del a1o (**Figura 31**). La menor participaci3n de la flota industrial en los 1ltimos a1os, podr3a estar asociada con las condiciones ambientales que podr3an acercar a la anchoveta hacia 1reas costeras, afectando la disponibilidad. Sumado, a las disposiciones legales que imposibilita a la flota industrial perforar el 1rea de reserva artesanal desde octubre del 2019.

En el periodo 2001-2021, las capturas de anchoveta han sido extra3das principalmente por la flota industrial en la zona norte (Arica-Antofagasta) hasta el 2016. Se registran dos per3odos: el primero, del 2001 al 2005 con capturas altas (819 mil t como promedio) y el segundo, entre 2006 y 2021, con niveles medios de captura (447 mil t), se destacan los a1os 2020 y 2021 con las menores capturas de 54 mil y 92 mil t, respectivamente (**Figura 31 b**).

La flota artesanal que oper3 en el periodo 2001-2021 en la zona norte registr3 una alta variabilidad con promedios de captura de 70 mil t hasta 2016, destacando una tendencia creciente desde 2017 de las capturas aumentando de 86 mil t a 275 mil t el 2021 (**Figura 31 c**). Destacando en los 1ltimos cinco a1os capturas promedio de 194 mil t.

En relaci3n a la contribuci3n por zona, el mayor aporte para esta flota artesanal est1 dado hist3ricamente por la zona de Arica, seguido por Iquique y Antofagasta, sin embargo, posterior al 2005 esta contribuci3n disminuy3 en promedio un 50% comparado con a1os anteriores, cuando representaba m1s del 60%, situaci3n contrarrestada en los 1ltimos a1os cuando se ha registrado un desplazamiento de la anchoveta desde el sur del Per1 al norte de Chile (Arica), principalmente entre junio y agosto.

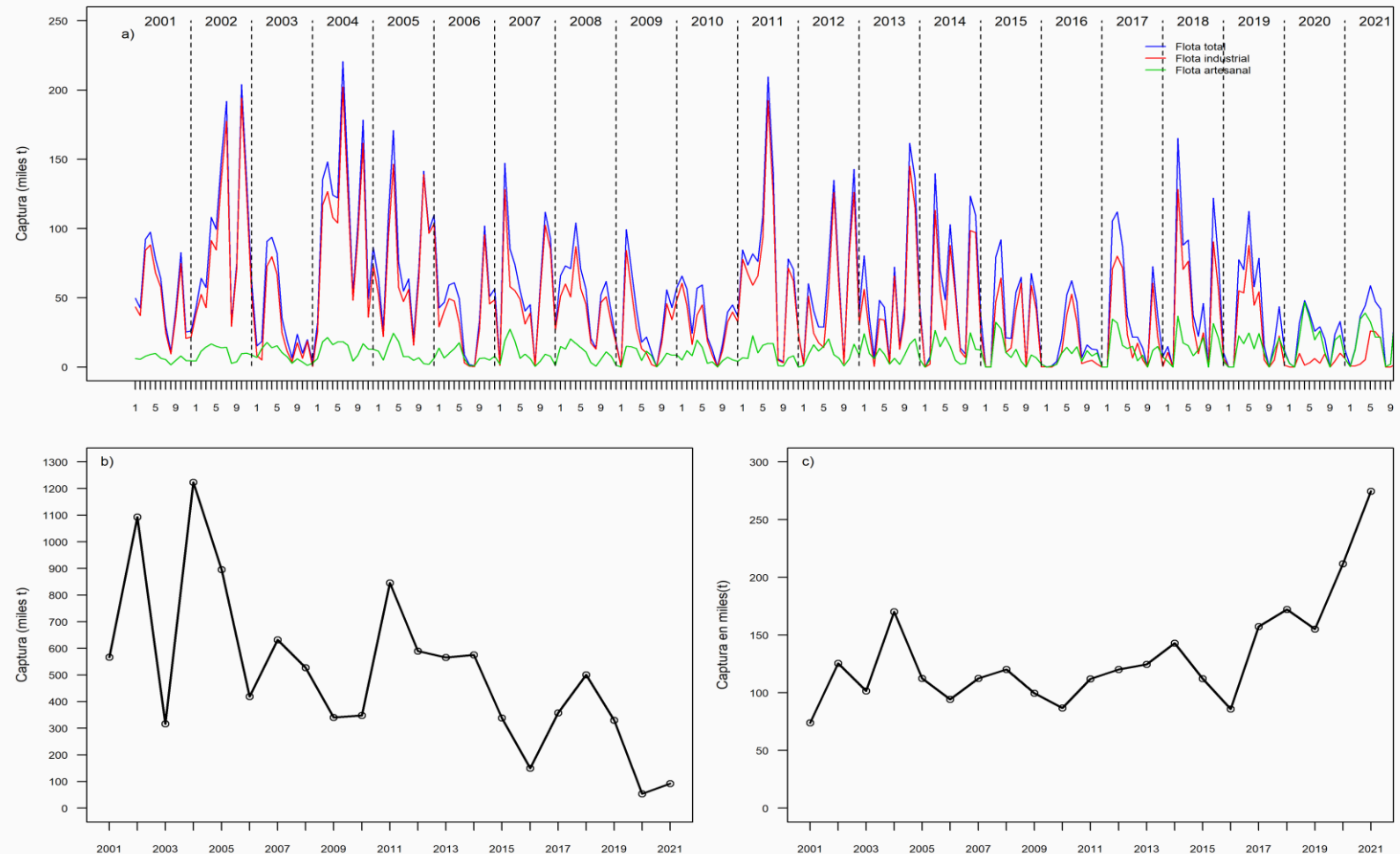


Figura 31. Evolución de las capturas de anchoveta en la zona norte (Arica-Antofagasta) en el período 2010-2021. a) Capturas mensuales por flota. b) capturas anuales de la flota industrial y c) capturas anuales de la flota artesanal.

2) Reducción de la ocupación del espacio y concentración en áreas costeras de las capturas

La anchoveta presenta una alta variabilidad en la ocupación del espacio entre 1986 y 2021. Previo a 1997 se registraron valores promedios superiores al 55% en el índice de cobertura (IC), posteriormente entre 2000 y 2013 el índice de cobertura se mantuvo en torno al 50%. Desde el 2014 se observó una disminución en la ocupación del espacio de 40% a solo 25%, destacando un aumento en la ocupación del espacio en el área norte el 2021 alcanzando un IC de 50%. En relación a la concentración espacial de las capturas (IAE), se registró una tendencia a disminuir hasta 1993, luego entre 2000 y 2006 se observó variaciones entre 0,35 y 0,4. En tanto, el periodo 2007-2013 mostró una tendencia decreciente con un mínimo de 0,28 el 2013, a partir del 2014 se observó una tendencia creciente registrando una mayor concentración espacial en zonas costeras para la anchoveta en la zona norte (**Figura 32 y Figura 33 b**). Con respecto, a la concentración de las capturas según la distancia a la costa, ésta mostró un cambio el 2014 con una mayor concentración en áreas costeras en la zona norte. Entre 2006 y 2014 un promedio del 10% de las capturas se extrajo en la franja de 0-5 millas y un 38% entre 5 y 10 millas de la costa, estos valores aumentan entre 2015 y 2019 a 21% y 52%, respectivamente. Se destaca el 2020 y 2021 con el 94 y 82% de las capturas de anchoveta registradas en las 10 primeras millas de la costa (**Figura 33 d y Figura 34**). El centro de gravedad en latitud mostró una distribución promedio en torno a los 21°30'S hasta 2013, posteriormente se registró un leve desplazamiento hacia el sur, retomando los últimos dos años el centro de latitud promedio (**Figura 33 c**).

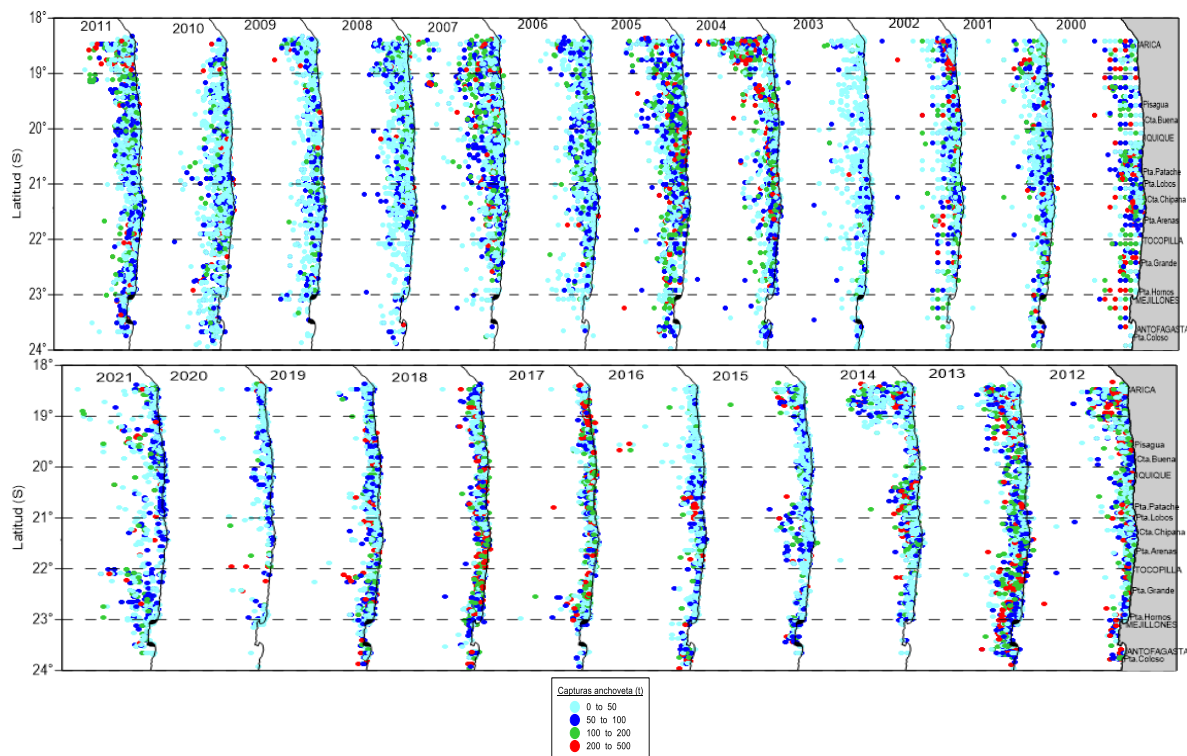


Figura 32. Distribución de las capturas de anchoveta por viaje de pesca en la zona norte, años 2000 a 2021.

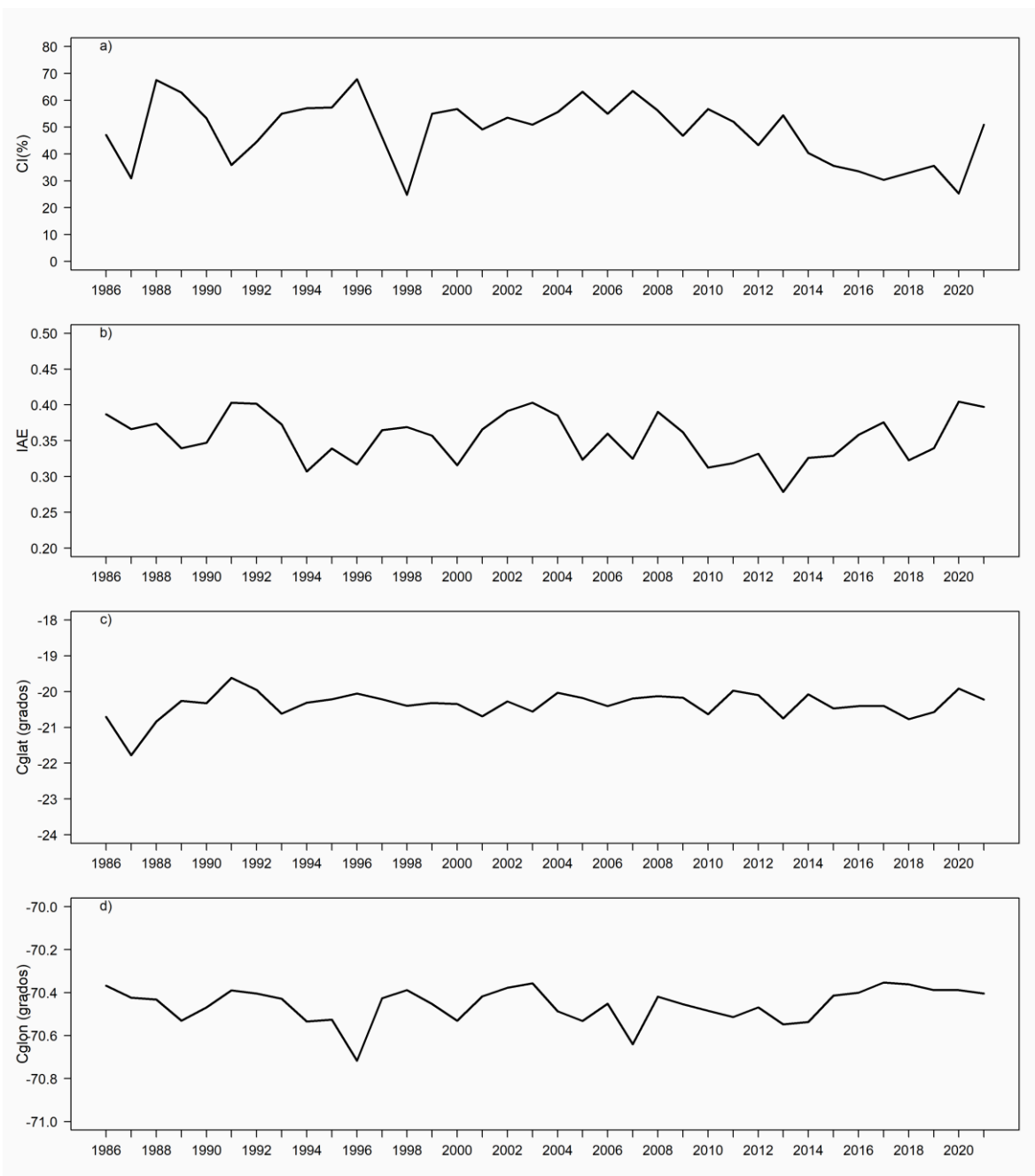


Figura 33. Indicadores espaciales para la anchoveta en la zona norte entre 1986 y 2021. a) Índice de cobertura (IC); b) índice de agregación espacial (IAE); c) centro de gravedad de las capturas en latitud y d) centro de gravedad de las capturas en longitud.

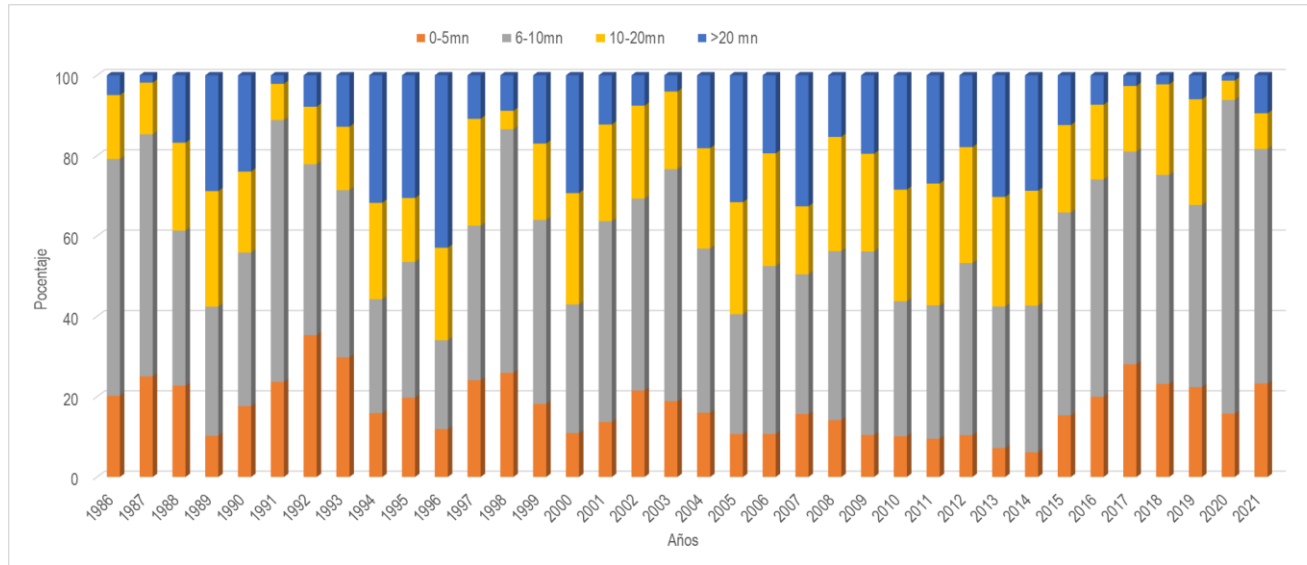


Figura 34. Evoluci3n en la proporci3n de captura de anchoveta en la zona norte, por distancia de la costa. Años 1986 a 2021.

Tabla 9. Porcentaje de captura de anchoveta en la zona norte, por rango latitudinal. Años 1986 a 2021.

Zona 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	
18°21' 18°59'	15	6	12	26	23	53	43	24	25	28	34	28	26	31	31	23	25	30	34	26	23	25	32	38	18	40	36	26	42	29	31	24	20	22	52	30	
19°00' 19°29'	6	1	5	13	10	6	5	6	8	14	12	13	12	8	7	5	5	2	6	9	8	10	7	4	6	8	10	6	3	4	9	11	7	7	5	11	
19°30' 19°59'	8	4	4	8	7	4	8	9	9	10	8	8	7	6	4	3	12	2	8	9	8	9	5	3	9	6	5	5	1	7	4	6	6	6	2	8	
20°00' 20°29'	17	17	14	9	8	8	6	6	11	5	10	9	7	4	6	5	8	2	8	9	6	11	6	5	9	9	6	8	8	6	12	14	7	15	11	19	
20°30' 20°59'	12	6	13	12	17	8	8	11	11	9	6	8	7	9	12	15	13	9	12	16	12	12	11	10	16	8	8	6	11	12	7	10	9	10	7	7	
21°00' 21°29'	16	4	21	11	17	11	14	12	14	15	11	15	18	20	14	23	23	31	18	15	20	17	26	23	15	11	18	11	15	16	8	11	17	9	1	4	
21°30' 21°59'	7	12	18	6	8	4	3	11	11	8	6	6	6	7	8	8	6	11	9	8	11	9	9	9	12	7	8	9	10	12	14	7	10	6	3	0	
22°00' 22°29'	3	3	5	5	3	0	1	4	4	2	2	3	1	4	5	3	2	2	1	3	4	3	1	1	3	2	2	6	2	1	1	2	5	7	1	3	
22°30' 22°59'	8	14	4	5	5	4	8	7	3	2	4	4	9	7	6	7	5	9	2	3	8	4	2	6	6	4	3	10	7	10	4	9	15	12	7	11	
23°00' 23°29'	7	25	3	3	1	1	2	7	2	4	4	3	2	4	4	2	1	1	0	1	1	0	1	2	2	3	1	7	1	3	2	5	3	3	11	8	
23°30' 23°59'	1	8	1	1	1	1	1	3	2	3	2	3	4	1	2	6	0	2	1	1	0	0	0	0	0	4	1	2	5	0	0	9	0	1	4	0	0



La distribución espacial de las capturas de anchoveta registra un patrón de comportamiento inter e intra anual. El patrón de distribución durante el primer semestre alcanza hasta el sur de Antofagasta, en tanto el segundo se produce una contracción hacia el norte. En julio, la anchoveta se extrae principalmente hasta la desembocadura del Río Loa ($21^{\circ}26'S$), excepto los años 2008 y 2010, donde sobrepasó incluso Mejillones. Hasta 2014 la operación durante agosto ha sido escasa o nula debido la aplicación de la veda reproductiva, sin embargo, desde el 2015 la aplicación de la veda ha sido principalmente el septiembre. En el último trimestre la distribución se aprecia más alejada de la costa (30-40 millas) con un foco relevante entre punta Camarones e Iquique (**Figura 35 y Figura 36**).

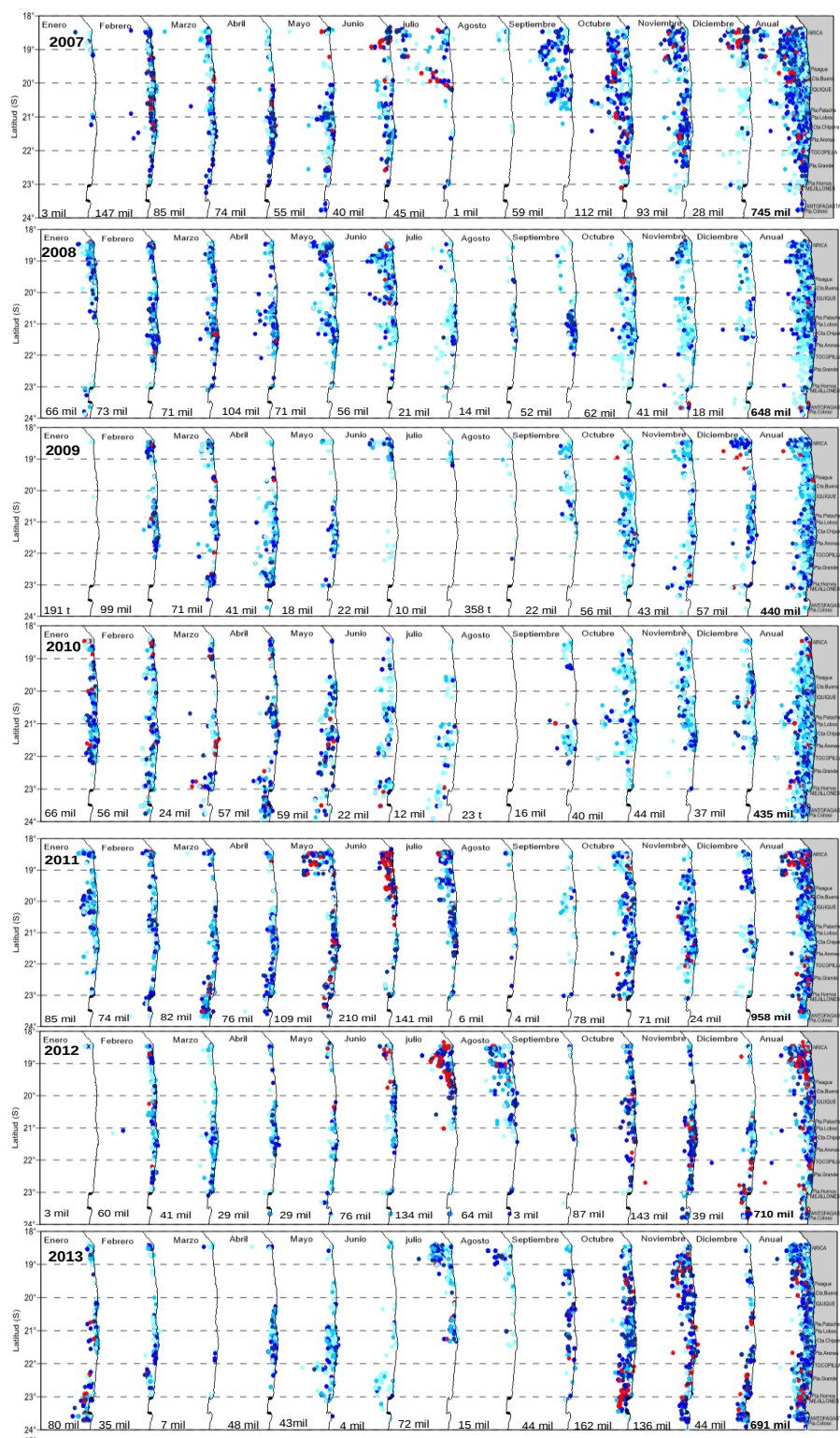


Figura 35. Evolución mensual de las capturas de anchoveta en la Zona de Arica-Antofagasta, años 2007 a 2013.

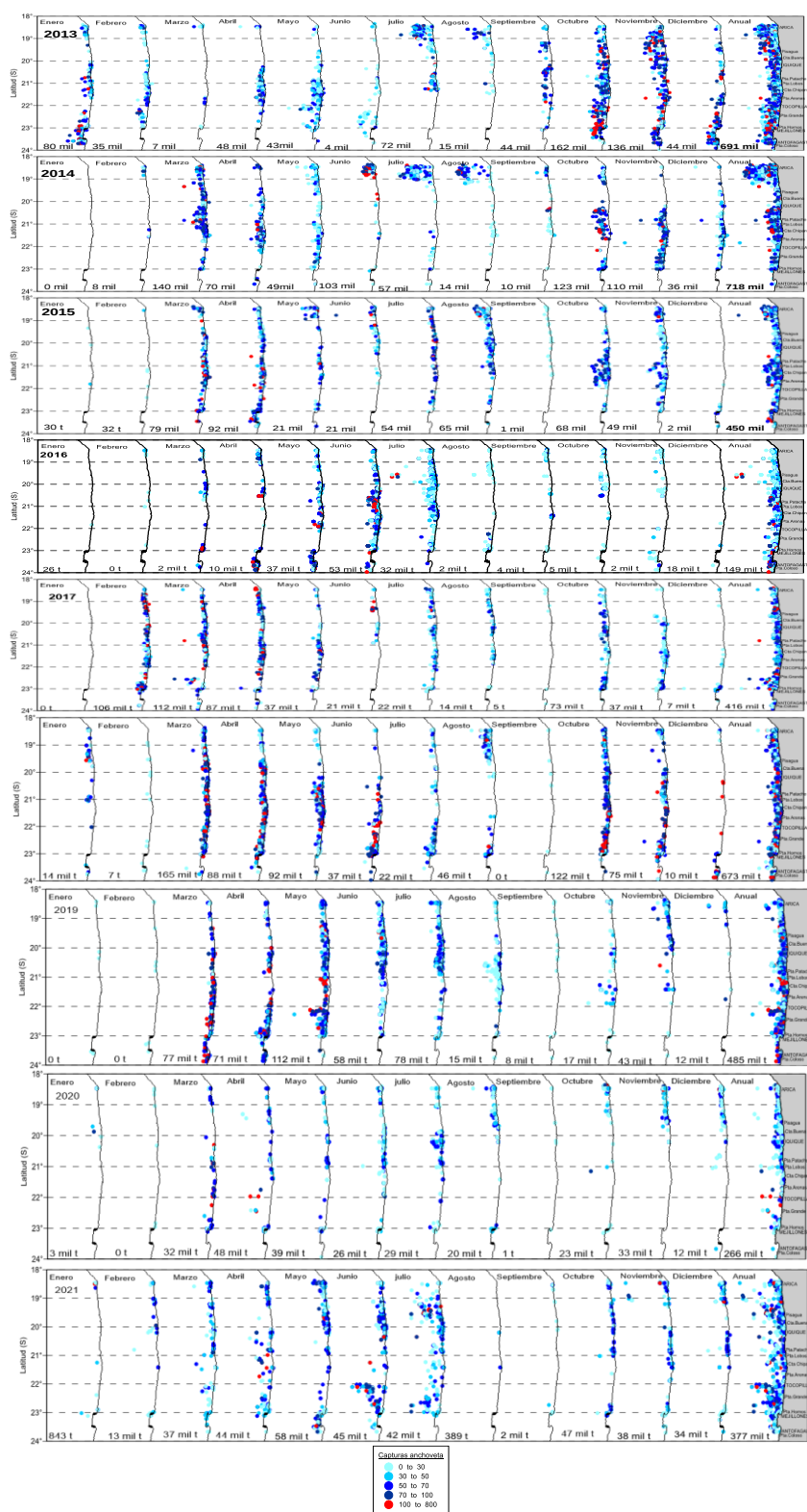


Figura 36. Distribución mensual de las capturas por viaje de pesca de anchoveta en la zona norte, años 2013 a 2021.

3) Cambios en la estructura de talla de anchoveta en las capturas (Anexo 2 y 3)

La proporción por grupo de talla mensual entre 1988 y 2021 para anchoveta muestra dos cambios, el primero caracterizado por la reducción en la proporción de ejemplares mayores a 16,0 cm de longitud total (LT). El segundo cambio fue la mayor participación de ejemplares juveniles ($\leq 11,5$ cm LT) a partir del año 2015. Históricamente, la presencia de juveniles ha estado acotada principalmente al periodo de verano (enero y febrero) con presencia desde diciembre hasta marzo del año siguiente. Sin embargo, estos últimos años este patrón se interrumpe reportando gran parte del año alta presencia de juveniles (**Figura 37**; **Figura 38** y **Figura 41**). Se destacan los años 2016, 2019, 2020 y 2021 por la mayor proporción de ejemplares menores o iguales a 11,5 cm durante todo el año. Los cambios en la estructura de talla se reflejan claramente en la talla media anual de anchoveta, la cual presenta una tendencia decreciente a partir del año 2000 con un leve incremento los años 2017 y 2018 disminuyendo hasta alcanzar los 11,5 cm el año 2019 y 2020 (**Figura 38** y **Figura 40**). La anchoveta presentó históricamente una estructura de talla unimodal con dominancia de ejemplares con modas entre 14 y 15 cm, a partir del 2015 las estructuras presentan modas menores entre 12,0 y 13,5 cm de LT (**Figura 38** y **Figura 40**).

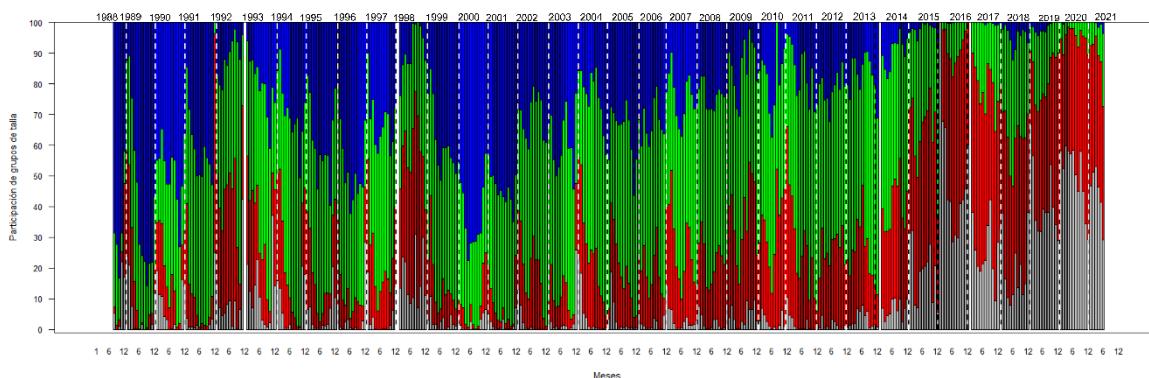


Figura 37. Proporción mensual de la anchoveta extraída en la zona norte, por grupo de tamaño entre 1988 y 2021. Grupo de longitud $\leq 11,5$ cm LT (gris), grupo 12,0 a 13,5 cm LT (rojo), grupo 14,0 a 16,0 cm LT (verde) y el grupo $>16,0$ cm LT (azul).

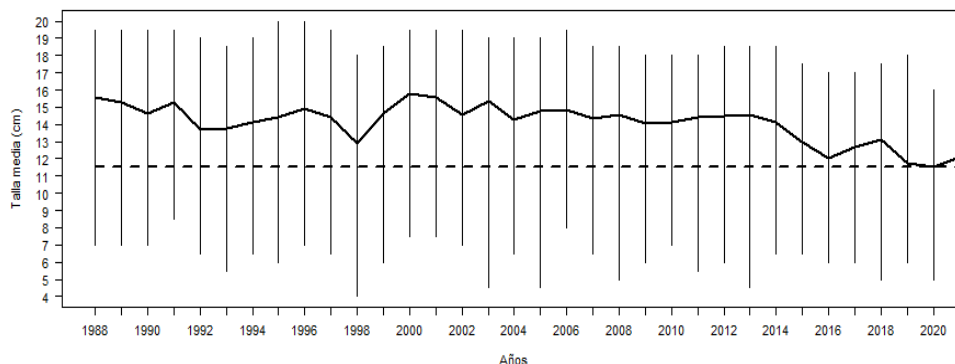


Figura 38. Talla media para anchoveta en la zona norte entre 1988 y 2021. Las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo de longitud anual. La línea punteada horizontal corresponde a la talla de madurez sexual.

Espacialmente las tallas registran un patrón marcado por un gradiente latitudinal, con tallas menores de norte-sur, sin embargo, los últimos dos años se observan tallas modales menores en Antofagasta y un alto porcentaje de juveniles (**Figura 39**). La zona norte reportó tallas modales entre 12,0 y 13,0 cm de LT. Mensualmente se observa una entrada de ejemplares de menor tamaño a inicios de año, destacando ejemplares de menor tamaño entre 6,0 a 9,0 cm en Iquique y Antofagasta el año 2020, en tanto el año 2021 en la zona de Iquique ejemplares con tallas modales entre 8,0 y 9,0 cm de LT. El segundo semestre se observa desde junio una entrada de ejemplares de menor tamaño principalmente en la zona de Antofagasta (**Figura 40**).

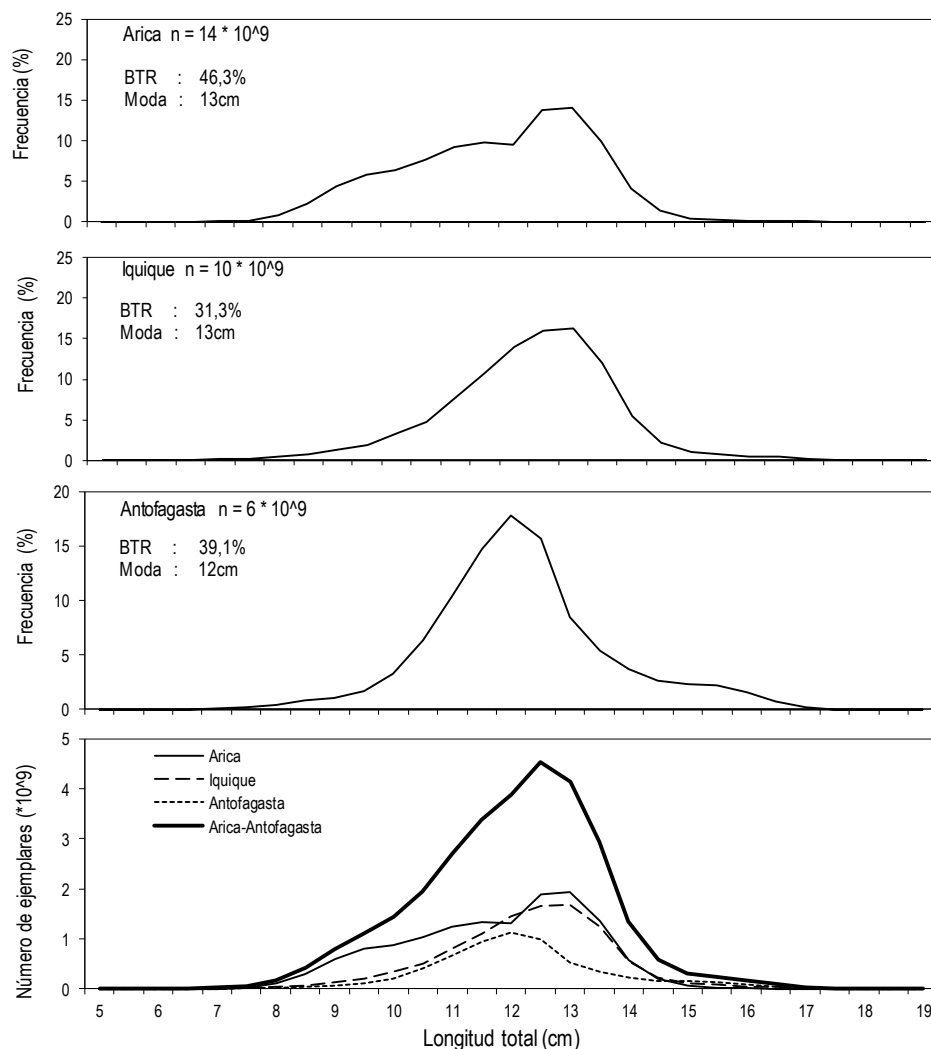


Figura 39. Captura en número de anchoveta en la zona norte, por tallas. Flota total, año 2021.

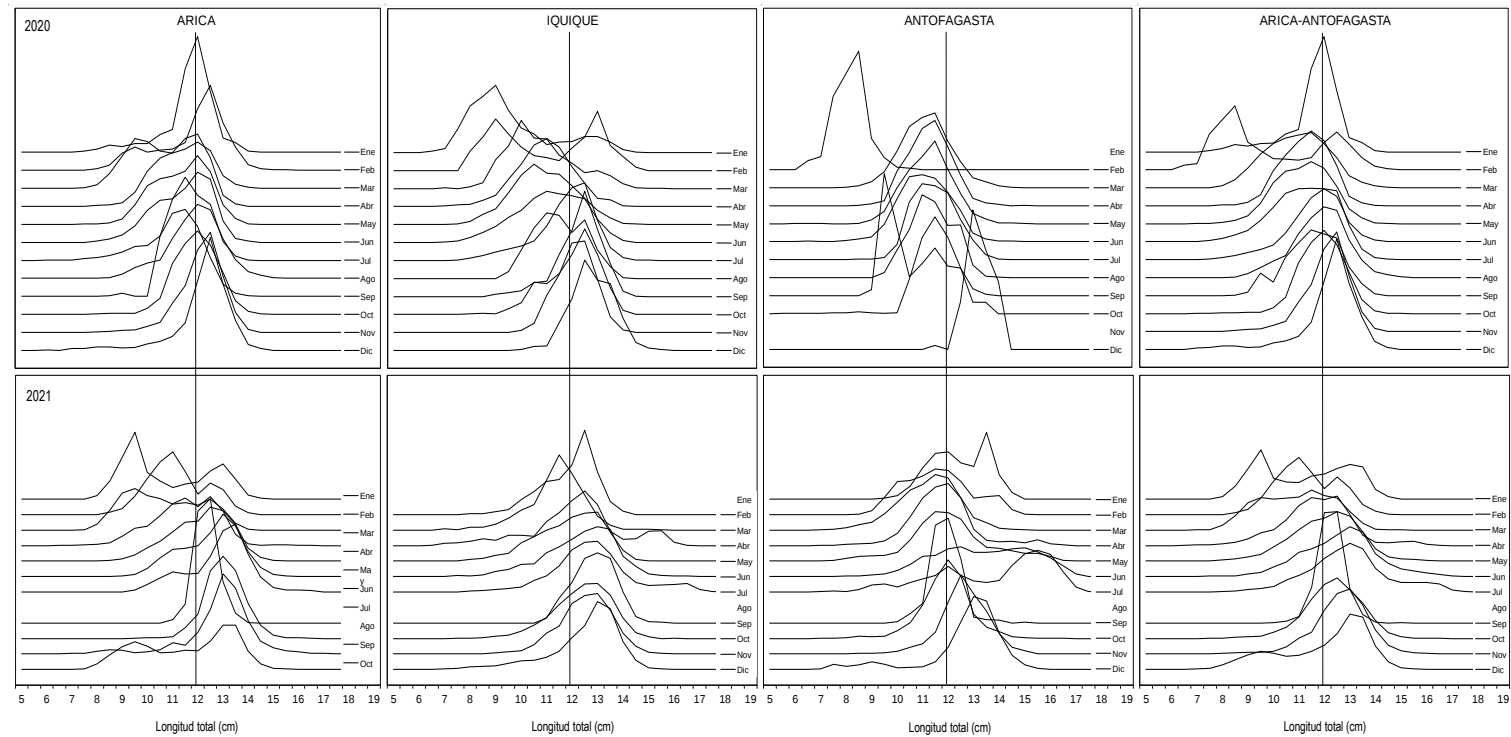


Figura 40. Distribución de frecuencias de longitudes en las capturas de anchoveta en la zona norte. Flota total, años 2020 y 2021.

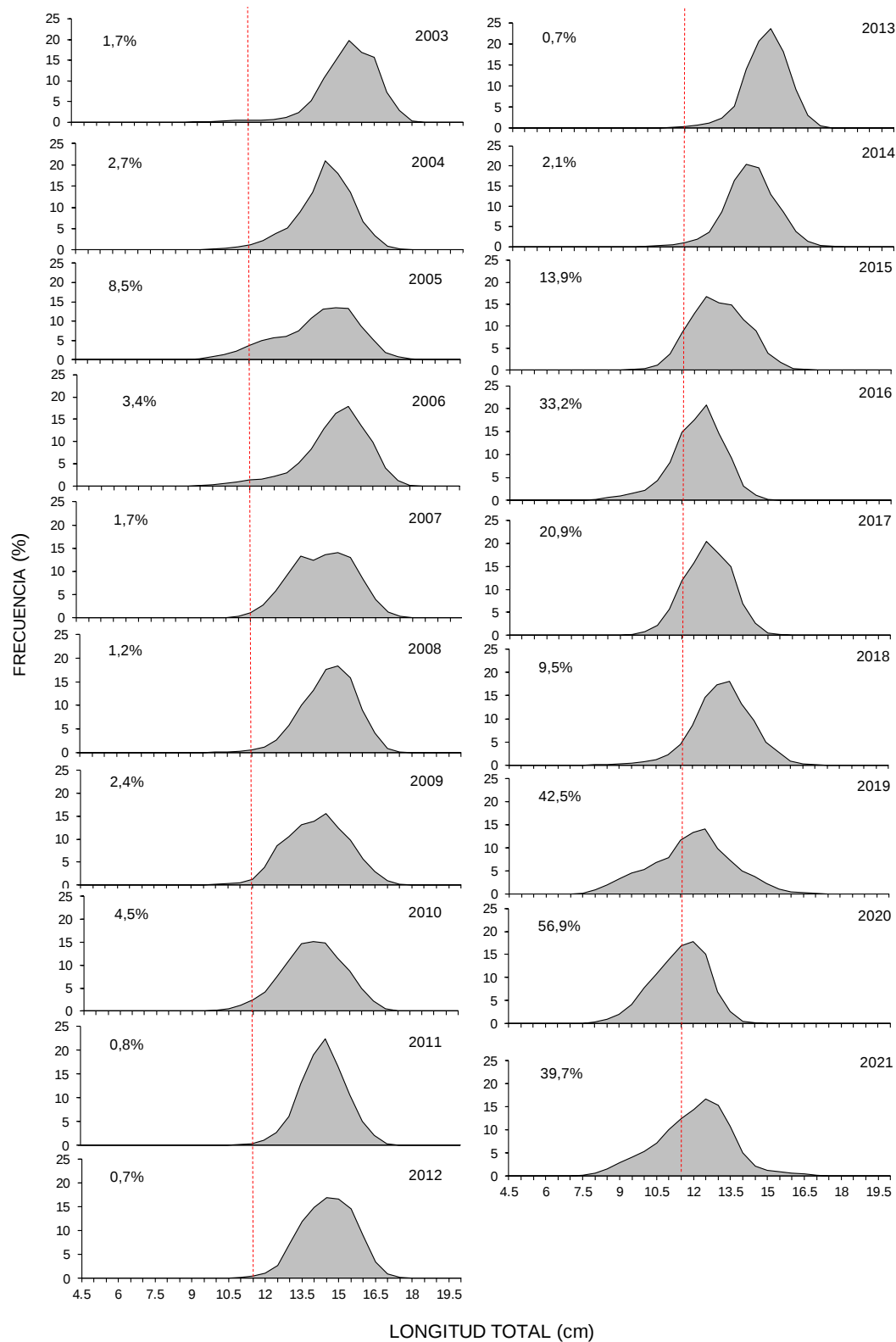


Figura 41. Serie histórica de la estructura de talla anual de anchoveta en la zona norte. Años 2003 a 2021.

4) Cambios en la actividad reproductiva

Monitoreo del proceso de desove

Los objetivos del monitoreo son: (1) monitorear la evolución del índice gonadosomático (IGS); del índice de hembras activas (IHA); del índice de actividad de desove (IAD) y del índice de atresia ovárica (IAO) y (2) determinar el inicio y término del proceso de máxima intensidad de desove (MID). El monitoreo reproductivo contempla el ciclo anual y se intensifica a partir de junio.

El comportamiento del índice gonadosomático en la anchoveta de la zona norte muestra una clara estacionalidad reproductiva que abarca invierno a verano. En esta especie, el inicio y duración de la actividad reproductiva se establece con el umbral IGS 5%, por asociarse este valor, a nivel histológico de los ovarios, con sobre 90% de hembras sexualmente activas, en fases ováricas avanzadas, mientras que, la máxima actividad se define con $IGS \geq 6\%$ (Díaz *et al.*, 2013).

En la última década, el comportamiento interanual del IGS tiende a reflejar un desfase en el inicio de la actividad ovárica, como se visualiza al considerar dos patrones históricos (**Figura 42**). Según el umbral 5%, la serie más reciente (2010-2020) muestra el inicio del evento en julio (un mes más tarde) y máximos en el bimestre agosto-septiembre, aunque con valores menos intensos en invierno. En el año 2021, la variabilidad mensual del indicador mostró un marcado repunte en junio, con tendencia acorde a la serie más antigua, y valores máximos entre julio y septiembre (**Figura 42**).

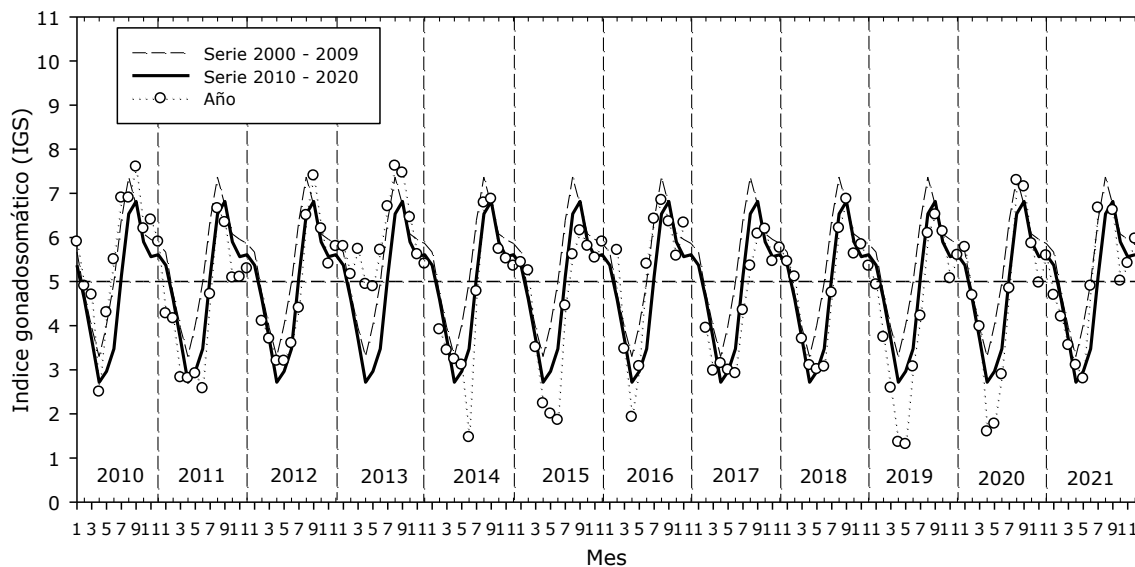


Figura 42. Variación mensual del índice gonadosomático de la anchoveta en la zona norte, entre 2010 y 2021, y series 2000-2009 y 2010-2020. La línea en IGS 5% representa el valor referencial de actividad reproductiva.

Respecto de la variabilidad semanal del indicador (**Figura 43** y **Anexo 4**), la actividad presentó variación en el inicio con un aumento a inicios de junio (semana 22) y fines de junio (semana 25) fue en la semana 27, cuando el IGS superó claramente el umbral 5%, evidenciando el inicio del evento reproductivo, el cual se extiende a fines de diciembre, con mayores registros entre julio y mediados de septiembre.

En los últimos años (2017-2020), el comportamiento del IGS fue acorde al patrón 2010-2020, que señala el inicio de la actividad reproductiva con un desfase a mediados de invierno, con máximos centrados a inicios de primavera, y con un leve incremento secundario entre fines e inicios de cada año (**Figura 42**). En este año, el marcado repunte del indicador desde junio, con valores máximos entre julio y septiembre, reflejó un comportamiento que se asemejó a la tendencia de la serie más antigua, evidenciando el adelantamiento del inicio del periodo reproductivo.

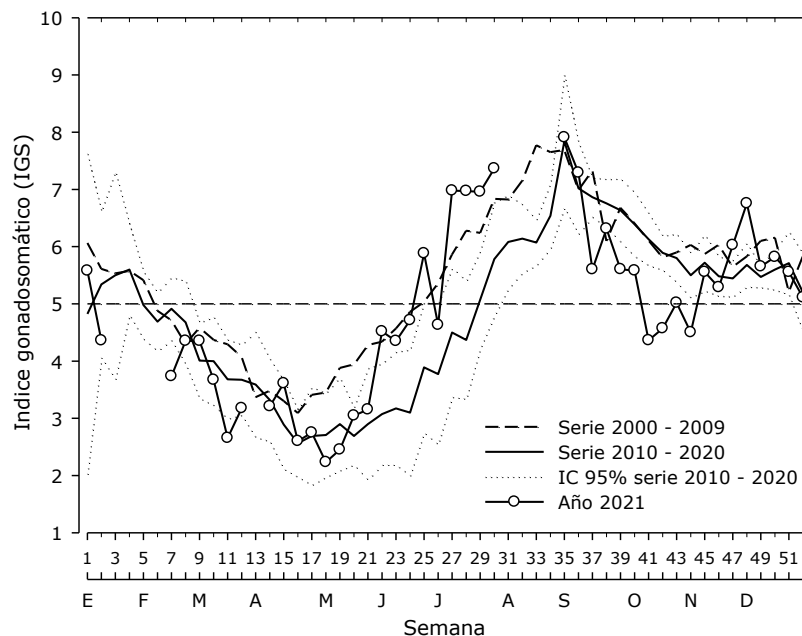


Figura 43. Variación semanal del índice gonadosomático de la anchoveta en la zona norte, para el año 2021 y para las series 2000-2009 y 2010-2020 (con intervalo confianza 95%). La línea en IGS 5% representa el valor referencial de actividad reproductiva.

La **Figura 44** muestra la variabilidad interanual de los periodos reproductivos, según la evolución del IGS y el criterio 5%. Los resultados muestran en la última década la tendencia al desfase temporal en el inicio del periodo reproductivo y en el pico (septiembre) (a), con consecuencias en la duración del evento reproductivo (b). En este año, se observó un inicio más temprano, con valores máximos en septiembre, no obstante, no se contó con datos en agosto por veda biológica del recurso.

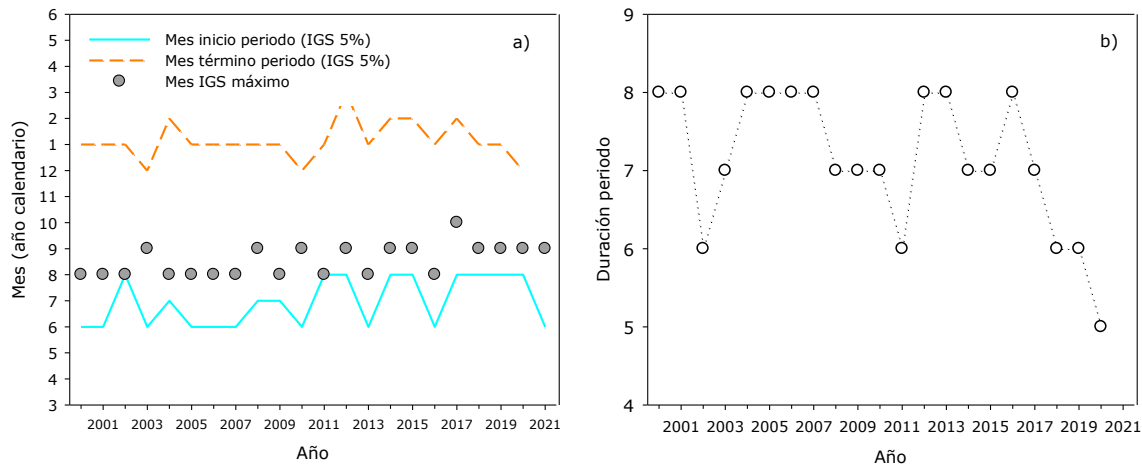


Figura 44. Mes de inicio y término del periodo reproductivo, según IGS = 5%, como referencial de la actividad ovárica, y de valor máximo (IGS), entre 2000 y 2021 (a). Duración del periodo reproductivo, según criterio IGS 5% (b).

El IGS por grupos de tamaños de las hembras evidenció el incremento de la actividad gonadal con el tamaño corporal, observándose para un mismo mes valores más altos en ejemplares más grandes (**Figura 45**). En la zona norte, el IGS para todas las hembras ($\geq 12,0$ cm) aumento a partir de junio, con máximos entre julio y septiembre, donde las hembras de los estratos más grandes ($\geq 14,0$ cm) reflejaron marcados repuntes de la actividad en el bimestre junio-julio, a diferencia de los grupos menores ($\leq 13,5$ cm) con el mayor incremento a partir de julio (**Figura 45 a**). En este año, las hembras más frecuentes en los muestreos biológicos correspondieron al grupo entre 12,0 y 13,5 cm (66%), seguido del grupo 14,0-15,5 cm con 20%. Las hembras más grandes, entre 16,0 y 17,0 cm, presentaron una menor incidencia (3%), no obstante, su aporte en los muestreos se centró mayoritariamente en junio y julio, y entre zonas, se recolectaron principalmente en las zonas de Iquique y Antofagasta. Similarmente, las hembras entre 14,0 y 15,5 cm presentaron aporte importante en el bimestre junio-julio. Estos antecedentes del tamaño de las hembras influyeron en el comportamiento reproductivo de la anchoveta visualizado en la zona norte, y entre zonas. En la zona de Arica, la actividad ovárica incrementó en julio, con un mayor valor en septiembre, evidenciando una tendencia muy similar al comportamiento del indicador en hembras entre 12,0 y 13,5 cm (**Figura 45 b**). En la zona de Iquique, el IGS incrementó en junio, alcanzando un registro máximo en julio, acorde a los valores del indicador en hembras más grandes ($\geq 14,0$ cm) (**Figura 45 c**). En la zona de Antofagasta, la anchoveta mostró una alta intensidad ovárica a partir de junio, reflejando un proceso reproductivo que se inició antes y de manera abrupta, respecto a las otras zonas, influenciado por la mayor actividad de las hembras más grandes (**Figura 45 d**). De esta manera, la tendencia del indicador en la zona norte, que se caracterizó por reflejar un marcado incremento de la actividad ovárica en el bimestre junio-julio, se vio influenciado por la mayor frecuencia en las capturas, en zonas de Iquique y Antofagasta, de hembras de tamaños sobre 14,0 cm, y principalmente, entre 16,0 y 17,0 cm, que presentaron una mayor actividad, de tal manera, en este año se evidenció un adelantamiento del inicio del evento reproductivo, respecto al comportamiento de los últimos años.

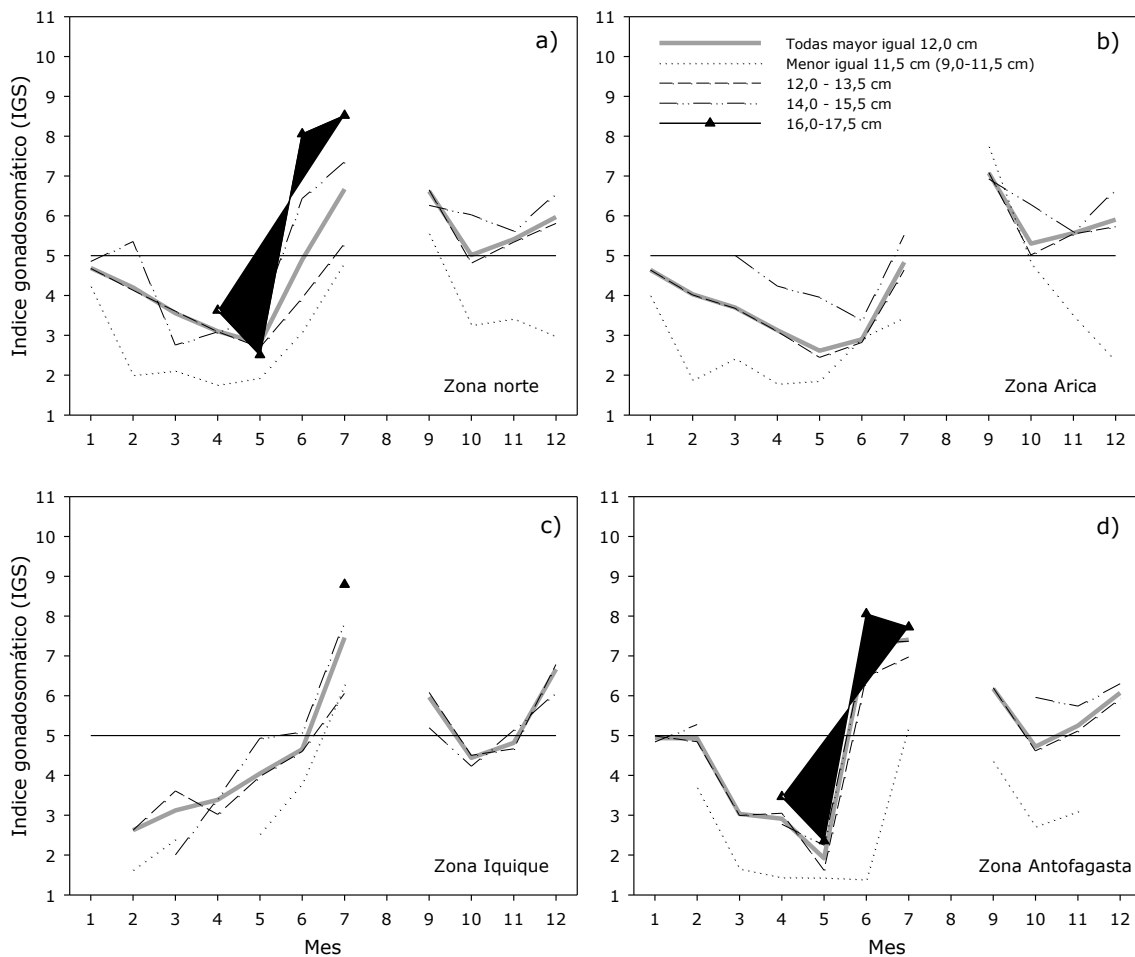


Figura 45. Variación mensual del índice gonadosomático de la anchoveta en la zona norte y por zonas, para hembras mayores e iguales a 12,0 cm y por grupos de tamaños. La línea en IGS 5% representa el valor referencial de actividad reproductiva.

• Análisis microscópico zona norte

Incidencia de hembras con actividad reproductiva (IHA)

La incidencia de hembras sexualmente activas (IHA), a nivel histológico, se caracteriza por registros sobre 90% durante el evento reproductivo. En la última década, el indicador tiende a reflejar un desfase en el inicio de la maduración gonadal de la anchoveta en la zona norte, como se puede visualizar al separar en dos patrones históricos, donde la serie más reciente (2010 – 2020) muestra registros que alcanzan el umbral (90%) aproximadamente un mes después, respecto a la serie más antigua (**Figura 46**). En este año, a diferencia de los recientes años (2017-2020), el indicador experimentó un marcado incremento a inicios de junio, para mantenerse en el umbral (90%) apartir de fines de junio e inicio de

julio, evidenciando el inicio del proceso reproductivo, el cual se mantiene a diciembre (**Figura 46; Anexo 4**). Los resultados del IHA corroboraron el comportamiento del IGS, que reflejó el adelantamiento del inicio del evento reproductivo, con tendencia acorde a la serie más antigua (2001-2009).

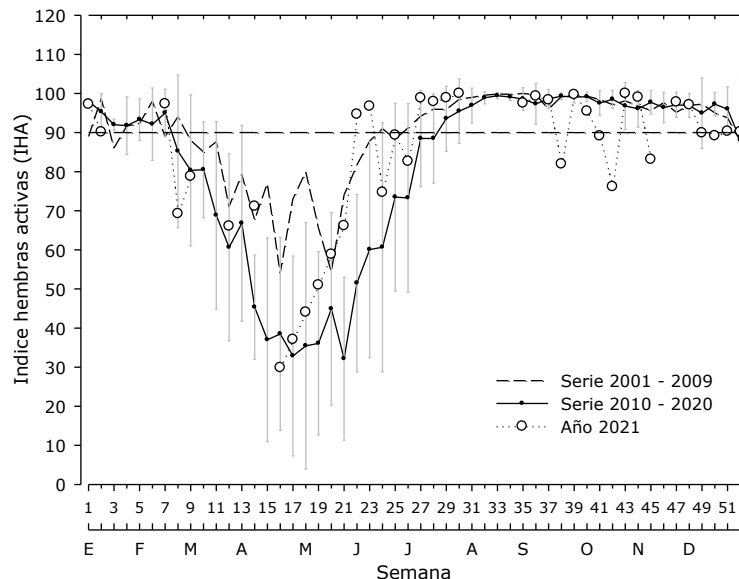


Figura 46. Variación semanal del índice de hembras sexualmente activas de anchoveta en la zona norte, para el año 2021 y para las series: 2001-2009 y 2010-2020 (con desviación estándar).

Índice de Actividad de Desove (IAD)

La proporción de hembras desovantes de menos de 24 hrs, definidas como aquellas hidratadas (EMS VI) en desove inminente, más las que desovaron en la misma noche y en la noche anterior a la captura, con FPO entre I y IV, permite monitorear la intensidad de desove de la anchoveta mediante el indicador de la actividad de desove (IAD).

El comportamiento anual del IAD de la anchoveta en la zona norte refleja un periodo de mayor incidencia de desove, que abarca entre invierno y mediados de primavera. Consecuente con la tendencia al desfase de la maduración gonadal en la última década (IGS/IHA), el indicador muestra un retraso en la intensificación de los desoves, como se puede evidenciar en dos series históricas (**Figura 47**). Según el umbral 25%, que establece el periodo de máxima intensidad de desove (Díaz *et al.*, 2013), el patrón más reciente muestra la intensificación de los desoves a partir de agosto, con un desfase de aproximadamente un mes respecto a la serie más antigua (1999-2009), no obstante, sin cambios evidentes en la duración (octubre), pero con desoves menos intensos en invierno y valores máximos hacia la primavera (**Figura 47**).

En los 3ltimos a3os (2017-2020), la intensificaci3n de los desoves mostr3 una tendencia acorde a la serie 2010-2019, con el desfase en el inicio entre las semanas de agosto e inicio de septiembre, y con menor intensidad de desove en invierno (B3hm *et al.*, 2021). En el a3o 2021, los desoves se intensificaron con registros $\geq 25\%$ entre inicios de julio (semana 27) e inicios de octubre (semana 40), con mayores valores en septiembre, no obstante, sin datos en agosto por veda del recurso (**Figura 47; Anexo 4**). Los resultados de este a3o mostraron un comportamiento del indicador acorde a la serie m3s antigua (1999-2009), evidenciando un adelantamiento en el inicio de la intensificaci3n de los desoves, respecto a los 3ltimos a3os, consecuente con el comportamiento de los indicadores IGS-IHA que reflejaron alta actividad ov3rica a partir de junio.

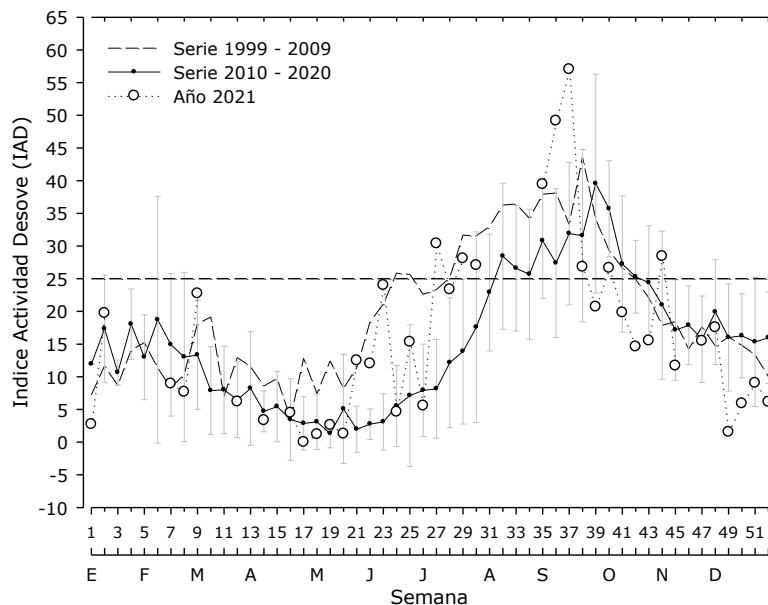


Figura 47. Variaci3n semanal del Índice de Actividad de Desove de anchoveta en la zona norte, para el a3o 2021 y las series 1999-2009 y 2010-2020 (con desviaci3n est3andar). La l3nea horizontal de IAD 25% representa el valor referencial del periodo de mayores desoves.

En las semanas de mayor actividad de desove (semanas 27 a 43), las hembras en desove inminente (hidratadas) y desovantes de menos 24 horas (con FPO I al IV) se recolectaron principalmente en aguas con temperatura superficial (TSM) en el rango entre 15° y 18°C (media 15,9°C), en la columna con profundidades medias inferiores a 30 m (**Figura 48**).

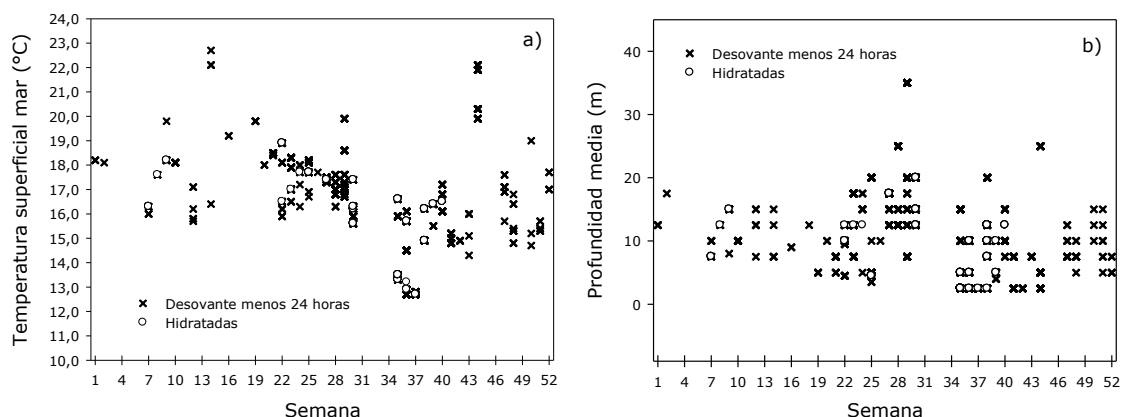


Figura 48. Rango de temperatura superficial del mar (a) y de profundidad media (b) de lances con incidencia de hembras desovantes de menos 24 h (hidratadas y con folículos postovulatorios I a IV).

El mayor número de ejemplares analizados para el IAD se recolectaron en la zona de Arica (49%), que mostraron el incremento gradual del indicador a partir de julio, alcanzando mayores registros en septiembre y noviembre, mientras que, en las zonas Iquique (23%) y Antofagasta (29%), el IAD reflejó marcados repuntes de los desoves un mes antes, a partir de junio, con máximos entre julio y septiembre (**Figura 49 a**). Por tamaños, la mayor frecuencia analizada correspondió al grupo entre 12,0 – 13,5 cm (63%), recolectadas mayormente en la zona de Arica, que mostraron el incremento gradual del IAD en julio, con mayor valor en septiembre (**Figura 49 b**). Los marcados repuntes del indicador en el bimestre junio-julio se reflejó en la tendencia del IAD para hembras de mayor tamaño, del grupo 14,0 - 15,5 cm, y principalmente, entre 16,0 y 17,0 cm que tuvieron mayor participación en los muestreos en estos meses, recolectadas en lances más oceánicos en zonas de Iquique al sur (**Figura 49 b**). De acuerdo a los resultados, la condición de desove de las hembras más grandes mayormente influyó en el marcado repunte del indicador en junio-julio, mientras que, en meses siguientes la estacionalidad de desove descrito para la zona norte fue influida principalmente por el grupo de tamaños entre 12,0 y 13,5 cm, de mayor frecuencia en los análisis.

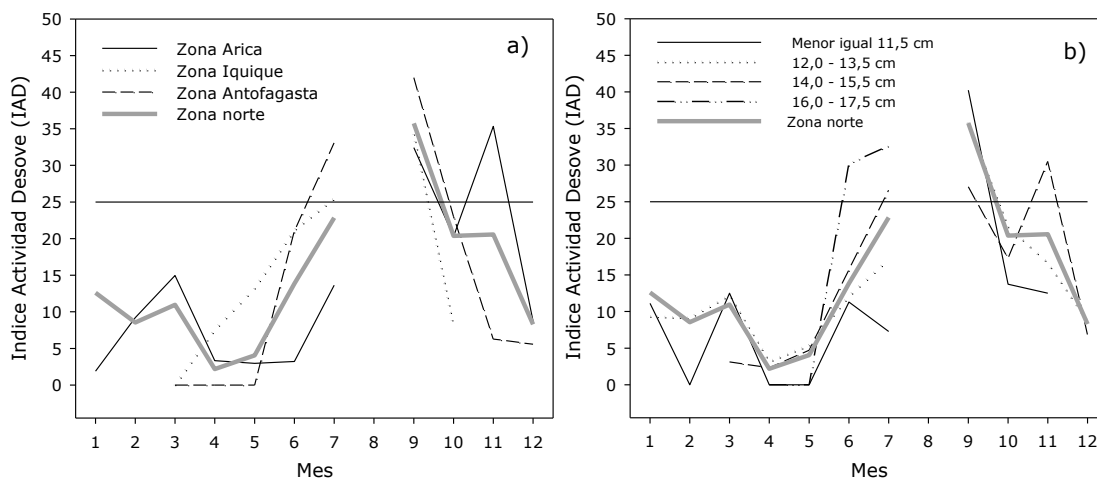


Figura 49. Variación mensual del Índice de Actividad de Desove de anchoveta por zonas (a) y por grupos de tamaños (b). La línea horizontal de IAD 25% representa el valor referencial del periodo de mayores desoves.

La variabilidad interanual del IAD muestra en los últimos años un desfase en la intensificación de los desoves, como se puede visualizar al presentar dos series históricas entre 2000 y 2020 (**Figura 50**). El patrón 2010-2020 señala un incremento más tardío de los desoves, aproximadamente un mes, respecto a la serie más antigua, consecuente con el retraso en el proceso de maduración gonadal reflejado mediante los indicadores de actividad (IGS/IHA). En los años 2017 y 2018, el indicador mostró registros bajo el patrón para el mes de julio, incrementando el desove en agosto, mientras que, en 2019 y 2020 no se observó el aumento histórico de agosto, señalando en este periodo desoves menos intensos en invierno, que incrementan en primavera, a la vez que, se puede observar en algunos años (2015-2016, 2018 y 2020) un repunte acotado en febrero a modo de desove secundario (**Figura 50**). En este año, el comportamiento del IAD indicó un adelantamiento de los desoves, respecto a los recientes años, acorde a la serie más antigua, influenciado por la condición de la anchoveta de mayor tamaño en capturas entre fines de junio y julio, como se mencionó anteriormente.

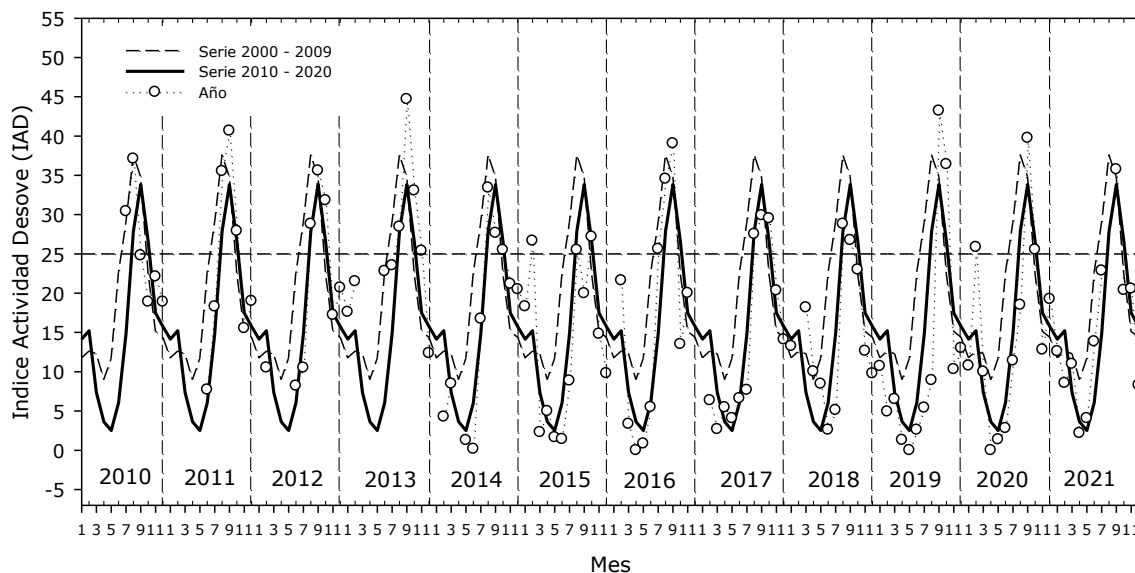


Figura 50. Variación mensual del indicador de desove de anchoveta en la zona norte, entre 2010 y 2021, y para las series 2000-2009 y 2010-2020. La línea horizontal de IAD 25% representa el valor referencial del periodo de mayores desoves.

Índice de atresia ovárica (IAO)

La proporción de hembras con atresia mayor (degeneración y reabsorción ovocitaria), mediante el indicador de atresia ovocitaria (IAO), presenta la mayor incidencia en los meses de otoño, en el término del evento reproductivo de la anchoveta en la zona norte, mientras que, durante el desarrollo normal del proceso reproductivo su incidencia es baja o nula (**Figura 51**). En el 2021, el mayor aporte de atresia se manifestó en otoño, acorde al patrón, para disminuir desde mediados de mayo y mantenerse mayormente en registros bajos hasta inicios de octubre, periodo en que se manifestó el desove principal (IAD), mientras que, entre mediados de octubre y diciembre, los registros fluctuantes del IAO se pueden asociar a la disminución en la intensidad de desove y al aporte en menor incidencia (diciembre) de ejemplares que estarían finalizando su periodo reproductivo (**Figura 51**; **Anexo 4**).

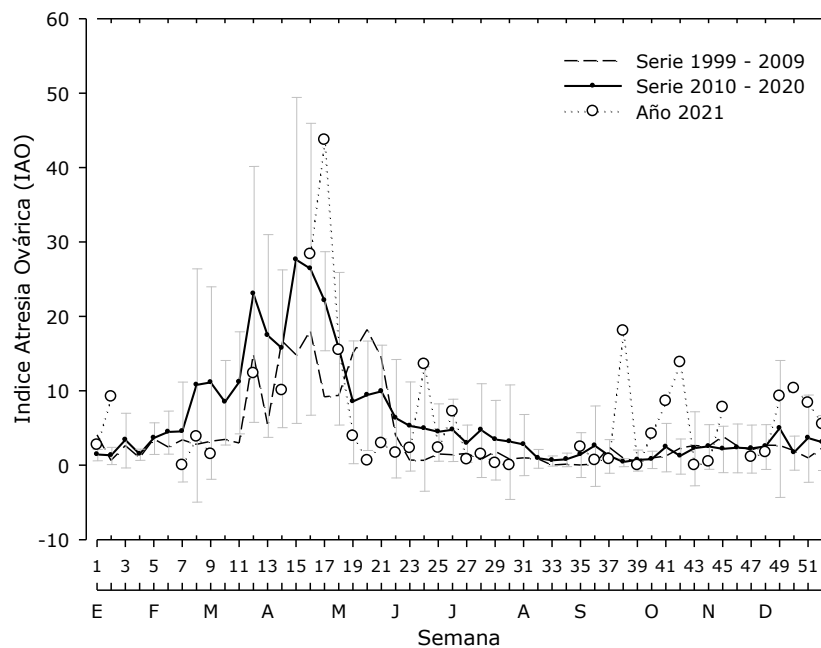


Figura 51. Variación semanal del Índice de Atrisia Ovárica de anchoveta en la zona norte, para el año 2021 y las series 1999-2009 y 2010-2020 (con desviación estándar).

Determinación del periodo de máxima intensidad de desove (MID)

La anchoveta presenta una estrategia de desoves parciales, en un periodo reproductivo prolongado. La variabilidad temporal del IAD en la anchoveta de la zona norte refleja desoves durante todo el año, pero con cambios en su intensidad (Díaz *et al.*, 2013; Hernández *et al.*, 2013).

El análisis de las series históricas de indicadores de actividad ovárica (macroscópico y microscópico) y de desove (microscópico) permiten establecer el valor de $IAD \geq 25\%$ como criterio para definir el periodo de la máxima intensidad de desove (MID) de la anchoveta en la zona norte (Díaz *et al.*, 2013), el cual, se caracteriza por evidenciar sobre 90% de hembras sexualmente activas (IHA), en máxima actividad ovárica ($IGS \geq 6\%$), y por nula o baja incidencia de atrisia mayor (IAO), a la vez que, se fundamenta en la mayor frecuencia de ovarios hidratados (desove inminente) y con folículos postovulatorios (desove reciente).

La **Figura 52** muestra la variabilidad semanal de las anomalías del indicador de desove (IAD) y de actividad (IGS) en relación a los criterios de máximo desove ($IAD \geq 25\%$) y de máxima actividad ($IGS \geq 6\%$), respectivamente, para las series de IAD 1999-2009 y 2010-2020, y para el IAD e IGS año 2021. La comparación de ambas series de IAD reflejan un desfase en la intensificación de los desoves, siendo más tardío el inicio del MID en el patrón más reciente, no obstante, ambas series no varían mayormente en el descenso en octubre, indicando para la serie de la última década un periodo MID más acotado y menos intenso que se extiende entre agosto y octubre.

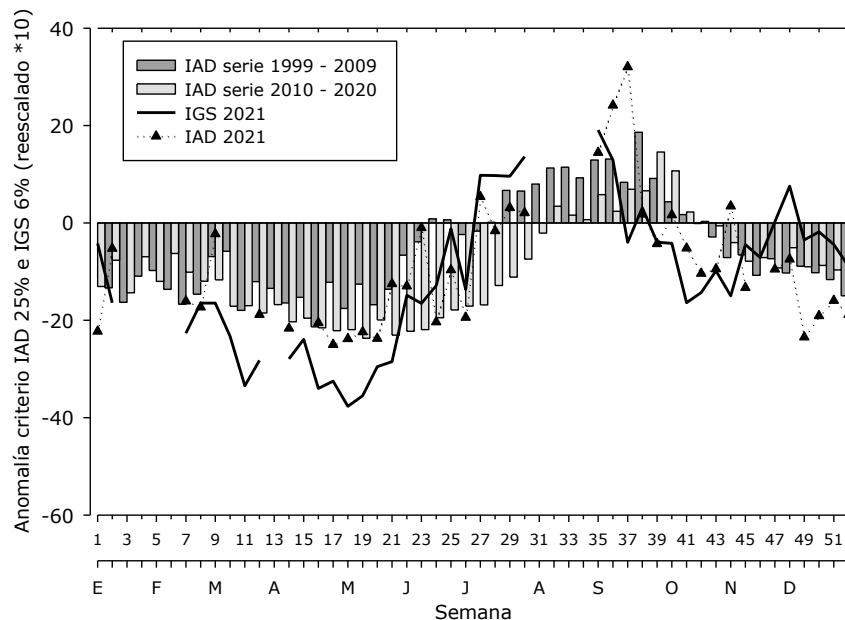


Figura 52. Anomalía semanal del IAD para las series 1999-2009 y 2010-2020, y para el año 2021 (triángulos) y del IGS para el año 2021 (línea) de anchoveta en la zona norte, respecto al criterio de máxima intensidad de desove (IAD $\geq 25\%$) y de máxima actividad ovárica (IGS $\geq 6\%$).

En el año 2021, ambos indicadores, de actividad y de desove, evidenciaron un incremento en junio, superando el criterio en la segunda semana de julio (27), reflejando el IAD el inicio del periodo MID que se extendió hasta inicios de octubre (semana 40), a partir del cual, el indicador mostró tendencia fluctuante al descenso (**Figura 52**). Los resultados mostraron un periodo MID de aproximadamente 3 meses, el cual se asoció mayormente a la tendencia del patrón más antiguo, a diferencia de los años recientes (Böhm *et al.*, 2021).

Evaluación de la veda reproductiva de la anchoveta zona norte

En este año, según D. EX. N° 749 (Subpesca, julio 2013), ante el cumplimiento de los criterios que establecen la veda, el periodo de veda biológica de anchoveta en el área marítima de las regiones de Arica y Parinacota a Antofagasta abarcó entre 2 de agosto y 15 de septiembre, ambas fechas inclusive (45 días). Así mismo, según decreto, se establece una veda por 10 días corridos, finalizada la veda fija, entre 20 y 29 de septiembre, ambas fechas inclusive.

Con el fin de contar con antecedentes durante la veda biológica se ejecutó la pesca de investigación: "Monitoreo del proceso de desove de anchoveta durante la veda biológica, Regiones Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, 2021" (R. EX. N° E-2021-451, agosto 2021) (**Anexo 5**).

De acuerdo a los antecedentes, durante el periodo de veda fija (45 días), más 10 días, la anchoveta se mantuvo en plena actividad de desove, en su periodo de máxima intensidad de desove (MID), no obstante, abarcando hacia inicios de octubre.

Proporción de maduros y estimación de la talla de madurez sexual de anchoveta en la zona norte

La proporción de maduros a la talla se obtuvo de ejemplares recolectados durante las semanas de septiembre (35, 36, 37 y 39), periodo en que la anchoveta se encontró en pleno proceso reproductivo, con alta intensidad de desove, y sin observarse ejemplares en regresión y/o regeneración que señalen el término próximo del evento reproductivo (**Figura 53**). Para estos fines se lograron 8 muestreos que abarco la zona de estudio (Arica-Antofagasta).

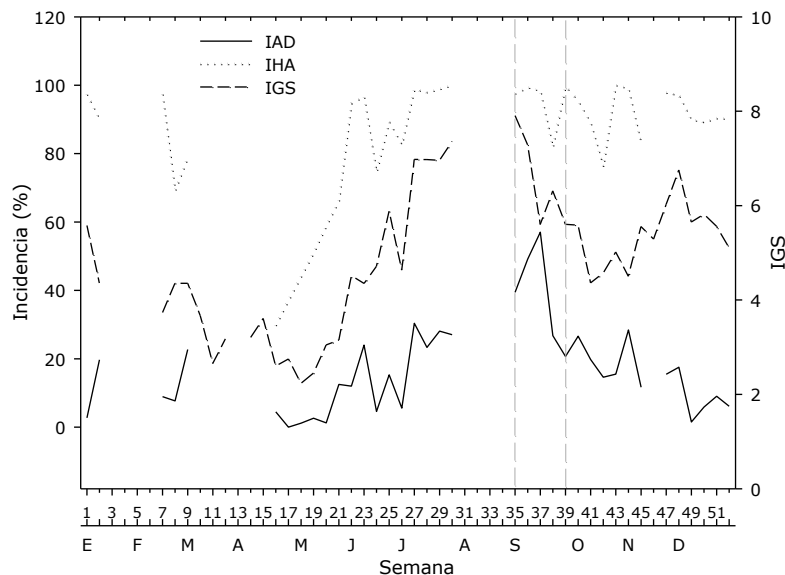


Figura 53. Tendencia semanal de indicadores de actividad ovárica (IGS e IHA) y de desove (IAD) de anchoveta en la zona norte (las líneas verticales acotan el periodo de muestreo para la ojiva de madurez).

Para el ajuste de la madurez a la talla se contó con 287 registros histológicos, en hembras con tamaños que fluctuaron entre 5,5 y 13,0 cm de longitud total. El criterio para discernir hembras maduras fue la presencia del estadio de crecimiento secundario de alveolos corticales (Lowerre-Barbieri *et al.*, 2011; Leal y Díaz, 2012). Según la escala apreciativa propuesta se clasificaron como sexualmente maduras las hembras en EMS II al IX.

El análisis por talla mostró la transición a la madurez en el rango entre 9,5 y 11,0 cm, mientras que, todas las hembras menores e iguales a 9,0 cm fueron virginales, y todos los tamaños mayores a 11,0 cm fueron maduros (**Figura 54**).

La madurez a la talla (L_{50}) se estimó en 10,1 cm LT, con intervalos de confianza al 95% entre 9,9 y 10,3 cm. Los parámetros β_0 y β_1 que describen el modelo logístico alcanzaron valores de -34,5121 y 3,4151, respectivamente. El estimado de este año evidenció una fluctuación positiva respecto al valor del año 2020, no obstante, se mantiene bajo los estimados reportados de años anteriores para la

especie (1999-2018), indicando en años recientes una maduración más temprana de la anchoveta en la zona norte (**Figura 55**).

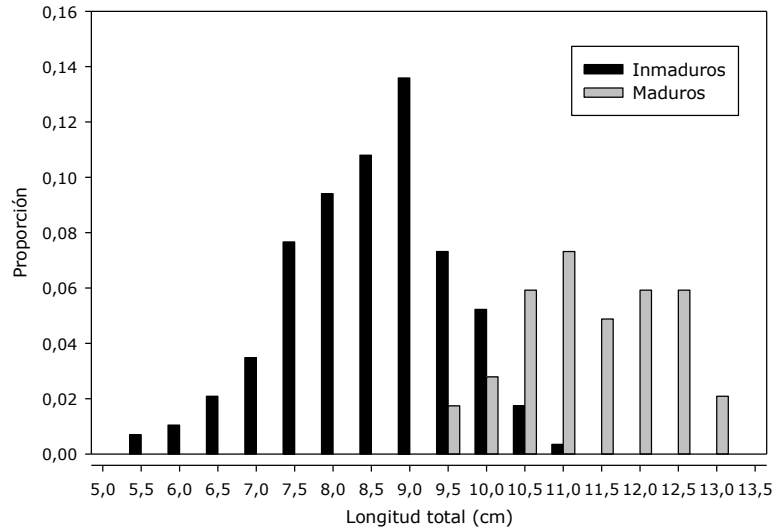


Figura 54. Proporción de inmaduros y maduros a la talla de hembras de anchoveta de la zona norte, año 2021

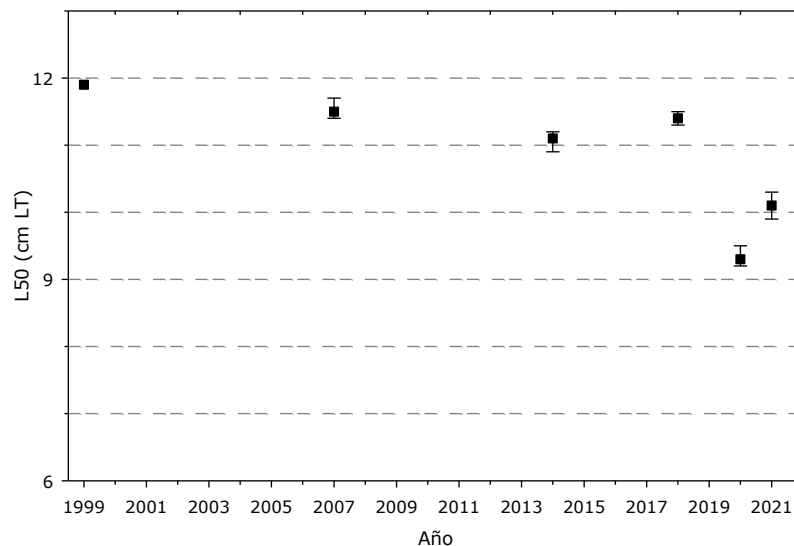


Figura 55. Estimados de madurez a la talla ($L_{50\%}$) de hembras de anchoveta en la zona norte.

Para la anchoveta de Arica-Antofagasta la determinación de edad se realizó en días, a partir de la lectura de microincrementos primarios en el otolito sagita. Para este efecto se seleccionaron 115 ejemplares, a los cuales previamente fueron analizados histológicamente para determinar el estado de madurez y estimar la longitud media de madurez ($L_{50\%}$). Esta submuestra seleccionada incluyó a 92 ejemplares con tallas entre 8,5 y 11,5 cm LT que presentaron individuos tanto maduros como

inmaduros, 14 ejemplares totalmente inmaduros entre 7 y 8 cm LT y 9 ejemplares 100% maduros (12 y 12,5 cm LT).

En la Macro zona Arica-Antofagasta la edad de las hembras analizadas fluctuó entre 77 y 197 días. La edad media de madurez fue de 138 días, equivalente a 4,6 meses de vida. Sobre los 175 días (5,8 meses) el 100% de las hembras se encontraban maduras (**Tabla 10** y **Figura 56**).

Tabla 10. Parámetros del ajuste logístico entre la proporción de madurez y la edad con su error estándar (EE), significancia de los parámetros y del ajuste don n corresponde al tamaño de muestra. Se incluye además la estimación de la edad media de madurez (E50%).

Parámetro	Estimación	E.E.	Z _{valor}	P _{valor}
β_0	16,61	3,35	4,96	0,000
β_1	-0,12	0,02	4,97	0,000
$E_{50\%} (\beta_0 / \beta_1)$	138,4 días			
Log like	14,37 (gl=3)			
R^2				
n	86			

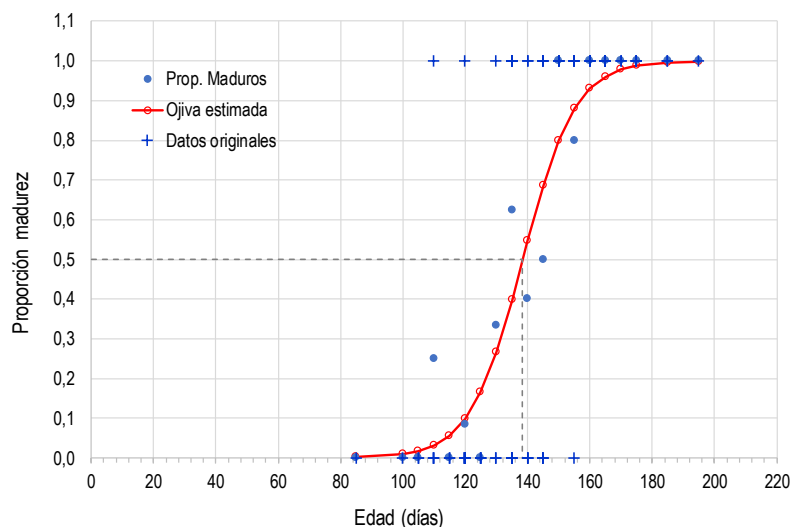


Figura 56. Ojiva de madures en edad de hembras de anchoveta de la macrozona Arica-Antofagasta. La línea entrecortada indica la posición de la edad media de madurez.



5) Proceso de reclutamiento

Es conocido el hecho de que la actividad pesquera de la zona norte del país, es sustentado en gran parte del año por el recurso anchoveta, dado que es la especie más importante en términos de productividad y por los atributos biológicos que se le reconocen. Entre estos atributos destacan el tener un ciclo de vida corto, un rápido crecimiento, una alta tasa de mortalidad natural y una alta sensibilidad a la variabilidad ambiental, la cual se manifiesta durante todas sus etapas de vida (Cubillos *et al.*, 2001; Arancibia & Cubillos 2005; Yañez *et al.*, 1995; Plaza & Cerna., 2015). Sin embargo, es en la etapa del reclutamiento, definido como: “La cantidad de peces que sobreviven a las etapas de huevo, larva y juvenil que se incorporan por primera vez a la fase explotable de la población, siendo susceptibles de ser capturados por un arte particular de pesca” (Bakun, 1989), donde esta sensibilidad a la variabilidad ambiental es más perjudicial, debido a que el éxito en esta etapa determinará el éxito que la población tendrá para mantenerse en el tiempo en un estado saludable.

De acuerdo a la revisión histórica realizada el año 2020 por el Proyecto de Seguimiento, se determinó que máxima recurrencia y presencia de ejemplares juveniles (<11,5 cm LT) ocurre entre los meses de octubre a abril de cada año, periodo donde se realiza el monitoreo de reclutamiento. Para lo cual, se intensifica la recolección de muestras por parte de los observadores científicos en las plantas de proceso (muestreo en tierra) y a bordo de las embarcaciones pesqueras, utilizando los límites regionales descritos en **Tabla 11**.

Tabla 11. Límites de las regiones consideradas en el área de estudio.

	Región	Límite norte	Límite sur
Zona norte	Arica y Parinacota	18°21'	19°13'
	Tarapacá	19°13'	21°25'
	Antofagasta	21°25'	26°00'

a) Veda biológica de reclutamiento

Mediante el D. EX. N°202100002 del año 2021, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA), establece como el indicador el porcentaje de ejemplares juveniles $\leq 11,5$ cm con un valor $\geq$ al 30% en número y ponderado a la captura semanal para la aplicación de una veda de reclutamiento. Así mismo se estableció como periodo referencial de reclutamiento desde el 16 de diciembre hasta al 15 de abril del año siguiente (ambas fechas inclusive), con una duración aproximada de 120 días en total, el cual será administrado en 2 periodos.

El primer periodo: Entre el 01 de enero y el 28 de febrero de cada año (60 días de referencia), aplicándose una veda continua por 30 días. Si la veda finaliza antes del 28 de febrero, se evaluará semanalmente su continuidad hasta finalizar el periodo referencial. Así mismo si la veda de 30 días se gatilla previendo su finalización posterior al 28 de febrero, finalizará automáticamente en esta fecha.



El segundo periodo: Entre el 16 y el 31 de diciembre, y el 01 de marzo y el 15 de abril de cada año (60 días de referencia). En este periodo la aplicación de la veda será de carácter semanal y se evaluará semanalmente entre el comité de manejo de pequeños pelágicos de la zona norte (CM) y la SSPA, en base a la información recopilada por el monitoreo de reclutamiento. Las medidas de manejo se aplican mediante cierres espacio-temporales (región, áreas y/o cierres longitudinales). Además y complementario a lo anterior se aplica el “Protocolo de cierre de cuadrantes por enmalle” que elaborado por la industria pesquera en la zona norte.

Durante el monitoreo y de acuerdo a los resultados reportados se establecieron los siguientes periodos de veda continuas y semanales para cada región (**Tabla 12**).

Tabla 12. Periodos de cierre por veda de reclutamiento en la zona norte, 2022.

AyP	TPCA	ANTOF
Veda continua: 1-30 enero, 2022.	Veda continua: 30 enero al 28 de febrero, 2022.	Veda continua: 30 enero al 28 de febrero, 2022.
1 ^{era} Extensión: 31 enero al 05 de febrero, 2022.	Cierre entre los días 23 y 29 de marzo, ambas fechas inclusive: Desde pta. Lobos (21°01') hasta el Río Loa (21°26') (Acta N° 05).	Cierre entre el 09 y 15 de marzo, ambas fechas inclusive: Desde pta. Michilla (22°44' L.S) hasta pta. Lagarto (23°20' L.S) (Acta N° 03).
2 ^{da} Extensión: 06 al 12 de febrero, 2022	Cierre entre los días 30 de marzo al 05 de abril, ambas fechas inclusive: Desde pta.: Pisagua (19°34') hasta pta. Cavancho (20°13') (Acta N° 07).	Cierre entre los días 30 de marzo al 05 de abril, ambas fechas inclusive: Desde pta.: Michilla (22°44') hasta pta. Hornos (22°55') (Acta N° 07).
3 ^{era} Extensión veda anchoveta: 20 al 26 de febrero, 2022.	Cierre entre los días 07 al 13 de abril, ambas fechas inclusive: Desde pta. Colorada (20°03') hasta pta. Gruesa (20°21' L.S) (Acta N° 08).	Cierre entre los días 14 al 20 de abril, ambas fechas inclusive: Desde pta. Angamos (23°01') hasta pta. Tetras (23°31' L.S) (Acta N° 09).
Cierre entre el 09 y 15 de marzo, ambas fechas inclusive: Desde el límite norte de la región hasta pta. Vitor (18°45' L.S), entre la costa a las 5 millas náutica (mn), (Acta N° 03).	Cierre entre los días 14 al 20 de abril, ambas fechas inclusive: Desde pta. Ballena (19°54') hasta pta. Cavancho (20°13' L.S) (Acta N° 09).	
Cierre entre los días 16 y 22 de marzo, ambas fechas inclusive: región completa (Acta N° 04).		
Cierre entre los días 27 de marzo y 02 de abril, ambas fechas inclusive: Desde el límite norte de la región hasta pta. Blanca (18°35' L.S) (Acta N° 06).		
Cierre entre los días 07 al 13 de abril, ambas fechas inclusive: Desde el límite norte de la región hasta el 19°10' L.S. Desde la costa hasta las 5 mn (Acta N° 08).		
Cierre entre los días 14 al 20 de abril, ambas fechas inclusive: Toda la región de AyP. Desde la costa hasta las 5 mn (Acta N° 09).		



b) Capturas

Las capturas registradas durante el periodo de monitoreo, fueron extraídas principalmente por la flota artesanal representando un 93% de las capturas totales. La operaci3n artesanal estuvo restringida a sectores costeros, donde se registr3 una alta presencia de ejemplares juveniles. La regi3n de TPCA registro las m3ximas capturas entre noviembre de 2021 y febrero 2022, siendo superadas por la regi3n de AyP entre los meses de marzo y abril de 2022. La flota industrial represent3 el 7% de las capturas totales, siendo representada principalmente por la operaci3n registrada en la regi3n de AyP a finales del 2021 (diciembre). La actividad de esta flota sobre el recurso anchoveta durante el monitoreo se concentro en sectores costeros entre las 7 y las 10 mn de la costa, la baja actividad reportada de esta flota responde a la imposibilidad de perforar el 3rea de reserva artesanal, zona principal de distribuci3n y concentraci3n de la anchoveta los 3ltimos ańos concentrando su operaci3n sobre los recursos jurel y caballa (**Tabla 13 y Figura 57**).

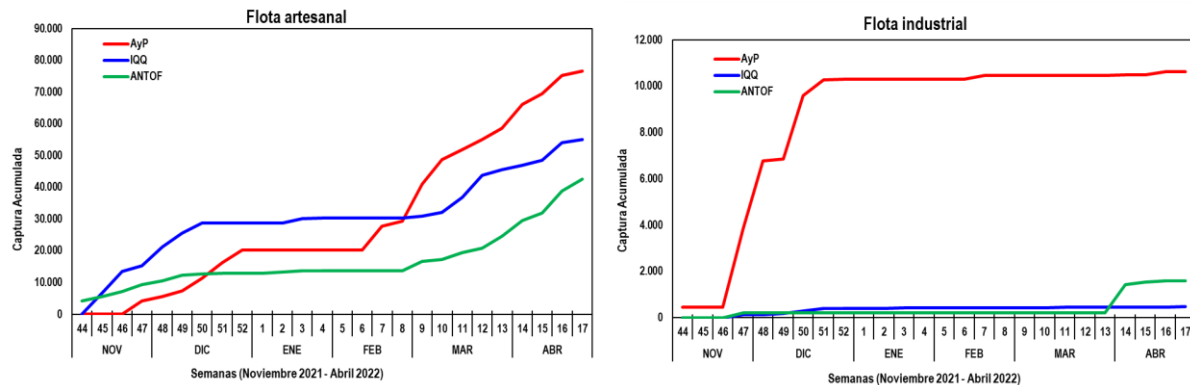


Figura 57. Captura acumulada durante noviembre 2021 – abril 2022, por flota y regi3n

Tabla 13. Resumen de la actividad extractiva de la flota comercial de la zona norte, periodo noviembre 2021 a abril 2022.

REGI3N	FLOTA	CAPTURA (t)	Nº VIAJES MUESTREADOS	Nº EJEMPLARES MUESTREADOS	CAPTURA DEL MUESTREO (t)	AMPLITUD TALLA (cm)	MODA (cm)	% JUVENILES ⁽¹⁾
AYP	IND	10.640	38	6.089	2.124	6,0-17,0	13,0	40,0
	ART	76.697	272	34.578	12.406	7,0-17,0	13,0	57,2
	TOT	87.337	310	40.667	14.530	6,0-17,0	13,0	55,5
TPCA	IND	485	6	742	197	7,5-16,5	13,5	3,6
	ART	57.871	156	19.967	7.855	6,0-16,5	13,0	37,4
	TOT	58.356	162	20.709	8.052	6,0-16,5	13,0	37,3
ANTOF	IND	1.607	8	1.389	350	9,5-16,5	11,5	44,1
	ART	42.567	158	16.922	4.942	7,0-16,5	10,5	58,7
	TOT	44.174	166	18.311	5.292	7,0-16,5	10,5	58,3
ZONA NORTE	IND	12.732	52	8.220	2.671	6,0-17,0	13,0	40,1
	ART	177.135	586	71.467	25.203	6,0-17,0	13,0	52,2
	TOT	189.867	638	79.687	27.874	6,0-17,0	13,0	51,3

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

El % de juveniles estimado, corresponde al ponderado en n3mero al desembarque por flota, (mayores antecedentes revisar el capitulo de metodolog3a).

c) Estructura de talla

Durante el monitoreo la estructura de talla (artesanal e industrial) presentó una amplitud entre los 6,0 y los 17,0 cm de longitud total (L.T), con moda en los 13,0 cm. La flota artesanal presenta una estructura de talla bimodal con modas en los 11,0 cm (9%) y 13,0 cm (12%). Espacialmente, la región de AyP mostró dos grupos principales, uno centrado en ejemplares <11,0 cm L.T y uno secundario centrado en ejemplares entre los 12,5 y 13,0 cm de L.T. La región de TPCA registra un grupo principal de ejemplares >11,5 cm LT y en la región de ANTOF se observó una estructura de talla distribuida en forma más homogénea, representada principalmente por ejemplares de 7,0 a 16,5 cm LT (**Figura 58 a y Tabla 13**). Por otra parte, la distribución de tallas para la flota industrial presentó una estructura de talla multimodal, con modas en los 11,0 cm (8%); 12,0 cm (10%); 13,0 cm (14%) y 13,5 cm (13%). Espacialmente, la región de AyP si bien evidencia la presencia de un grupo de ejemplares <11,5 cm de L.T, concentra una mayor participación de ejemplares > 12,5 cm de L.T, al igual que TPCA. La región de ANTOF por su parte, evidencia una participación principalmente de ejemplares que están entre los 11,0 y los 13,0 cm de L.T (**Figura 58 b y Tabla 13**).

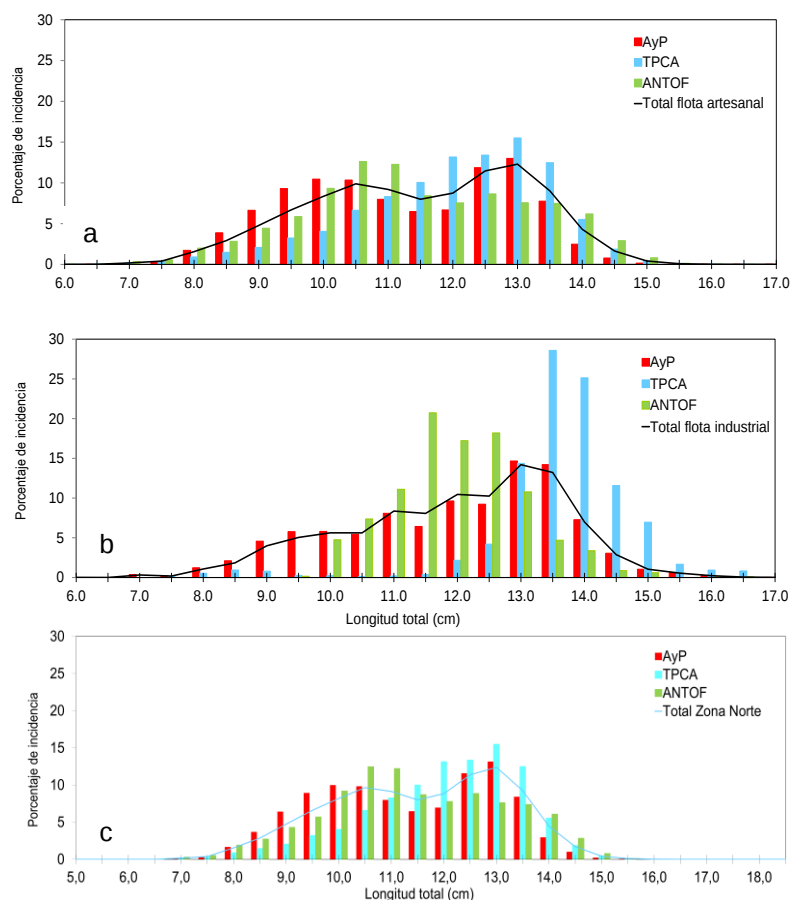


Figura 58. Estructura de talla de anchoveta de la flota comercial por región a) flota artesanal, b) flota industrial y c) flota total.

d) Incidencia de ejemplares

Durante el monitoreo, la incidencia de ejemplares juveniles ($\leq 11,5$ cm de LT) ponderado a la captura en número fue de 51%. La flota artesanal mostró una mayor incidencia de 52% y un 40% para la flota industrial (con 12.732 t (7%) entre noviembre – diciembre de 2021). Regionalmente el aporte de ejemplares juveniles estimados para ambas flotas pesqueras, fue mayor en la región de ANTOF (59% art; 44% ind) seguido por la región de AyP (57% art; 40% ind) (Figura 59 a, b y c).

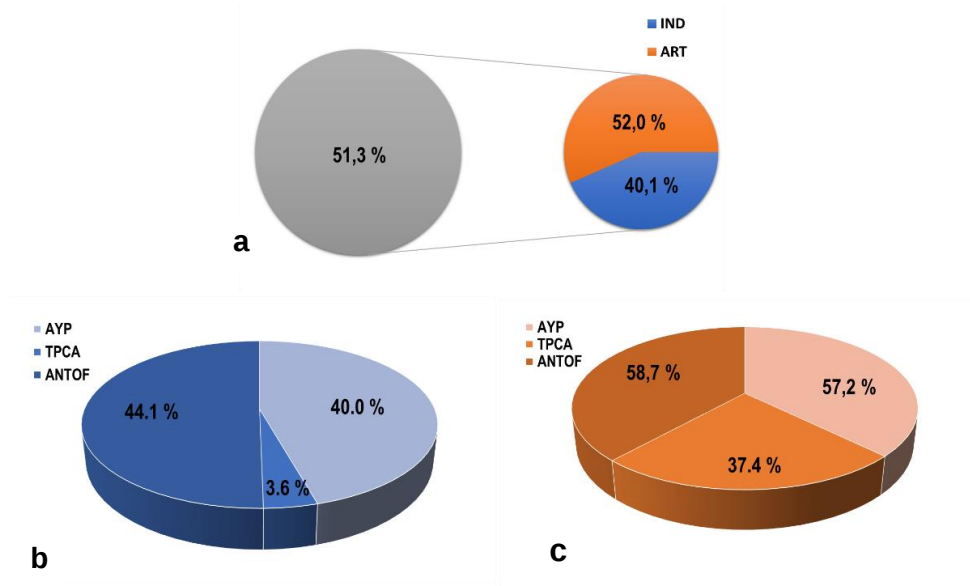


Figura 59. Porcentaje de incidencia de la fracción juvenil de anchoveta ponderadas (número) a la captura noviembre 2021 - abril 2022, a) Porcentaje flota total, b) porcentaje flota industrial, c) porcentaje flota artesanal.

e) Distribución espacial

En la **Figura 60**, se muestra la posición geográfica de los viajes con captura de anchoveta durante el monitoreo, los que fueron agrupados en: menores al 30% de juveniles ponderados a la captura, entre 30-50% y los mayores a 50%. Para la flota artesanal el mayor registro de viajes se observó durante noviembre – diciembre de 2021 y marzo – abril de 2022, concentrando su actividad en sectores costeros distribuidos principalmente entre las 5 y 10 millas náuticas (mn) de la costa. Se identificaron 3 sectores principales de mayor frecuencia de viajes, los cuales estaban delimitados entre el puerto de Arica ($18^{\circ}28'S$) y cta. Camarones ($19^{\circ}12'S$), desde el sur del puerto de Iquique ($19^{\circ}12'S$) hasta pta. Patache ($20^{\circ}48'S$) y entre las costas de pta. Michilla ($22^{\circ}44'$) hasta las costas de Mejillones del sur ($23^{\circ}04'$), sectores que son reconocidos por ser zonas recurrentes de desove y por presentar una gran abundancia de ejemplares juveniles, situación se ve reflejada en los meses de enero y febrero de 2022 donde se registró una escasa actividad pesquera por parte de ambas flotas, en respuesta a la implementación de la veda de reclutamiento y los cierres espacio-temporales aplicados por región



o áreas, así como también cierres longitudinales (vedas y cierres, ver punto a). Si bien los porcentajes de ejemplares juveniles estimados durante el monitoreo no presentaron una tendencia definida, se observó que los valores $>50\%$ fueron más frecuentes durante los meses de marzo – abril de 2022, los cuales no solo se registraron en los 3 sectores principales antes mencionados, sino que además frente las costas de Pisagua ($19^{\circ}35'S$), pto. de Iquique ($20^{\circ}12'$) y cta. Chipana ($21^{\circ}20'$). La distribución espacial de los viajes de la flota industrial esta relacionado principalmente con la imposibilidad de penetrar el área de reserva artesanal, zona donde principalmente se distribuye y concentra la anchoveta orientando su operación a los recursos jurel/caballa. Sin embargo, se registra actividad en sectores concretos, como lo son el, pto. de Arica ($18^{\circ}28'$) en noviembre 2021 y febrero 2022, pta. Camarones ($19^{\circ}12'$) diciembre de 2021 y pta. Patache y pta. Jara ($23^{\circ}51'$) en abril de 2022, concentrando los máximos porcentajes ($>50\%$) entre noviembre y diciembre de 2021 entre las costas del puerto de Arica ($18^{\circ}28'S$) a cta. Camarones ($19^{\circ}12'S$) y en marzo de 2022 frente el pto de Antofagasta ($23^{\circ}40'$).

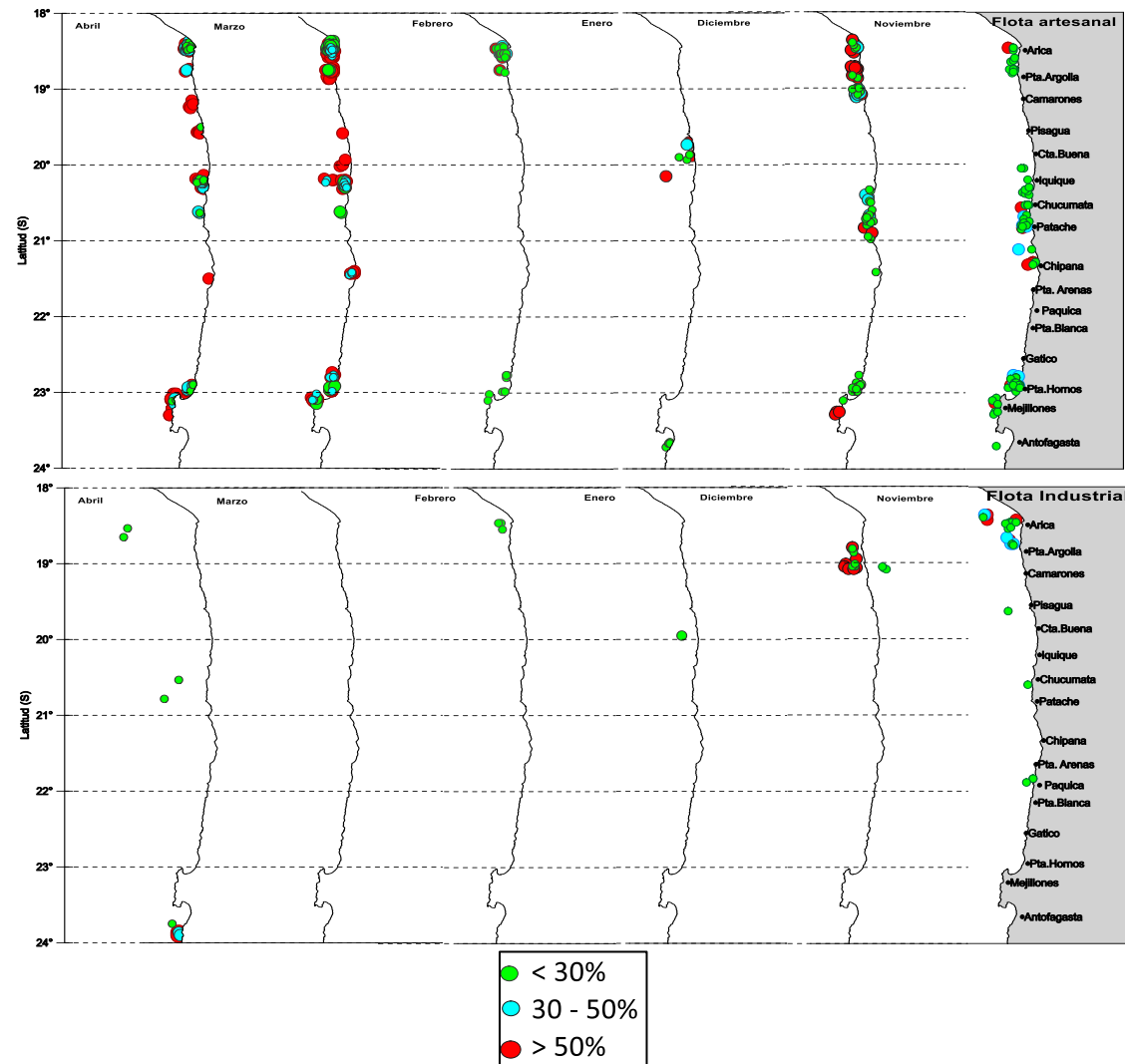


Figura 60. Posición geográfica de los viajes muestreados (flota Industrial y artesanal) en la zona norte.



f) Pesca de Investigación (PINV)

La Pesca de Investigación (PINV) del “Monitoreo del proceso de reclutamiento de anchoveta regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, 2021-2022”, fue ejecutada durante enero y febrero de 2022, autorizada mediante la R. EX. N° E-2022-032. 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 La actividad se realizó con la participación de tres embarcaciones artesanales que operaron con régimen de salida de carácter semana por medio, completando un total de 3 salidas en la región de AyP y ANTOF y 2 salidas para la región de TPCA. En este periodo se ejecutaron un total de 24 lances de pesca, siendo 22 de ellos efectivos (92%) para anchoveta. La estructura de talla de 3.200 ejemplares analizados en la zona de estudio presentó una distribución multimodal, conformada por anchovetas entre 6,0 y 15,0 cm de longitud total, con moda principal en los 9,5 y 10,0 cm (11%) y secundaria en los 13,0 (10%). Para la zona norte el porcentaje de incidencia de ejemplares juveniles ($\leq 11,5$ cm) se estimó en un 67% (Para mayores antecedentes revisar Reporte Final de la PINV, **Anexo 6**).

La cuantificación del porcentaje de incidencia semanal de ejemplares juveniles ($\geq 11,5$ cm), muestreados en los dos últimos monitoreos (2020-2021 y 2021-2022) más los antecedentes obtenidos durante la ejecución de la PIN 2021-2022 se pueden observar en la **Figura 61 a y b**, aquí se muestra una alta abundancia de ejemplares reclutas (por sobre el criterio establecido ($>30\%$) a partir de diciembre de 2021 y manteniéndose así durante toda la época estival. Esta condición refuerza la ejecución de mantener un monitoreo “in situ” de la condición del recurso, debido a que es conocida su gran variabilidad y el cambio poblacional, registrándose una importante mezcla entre diversas tallas durante gran parte del año, producto de la influencia ejercida por las condiciones oceanográficas imperantes.

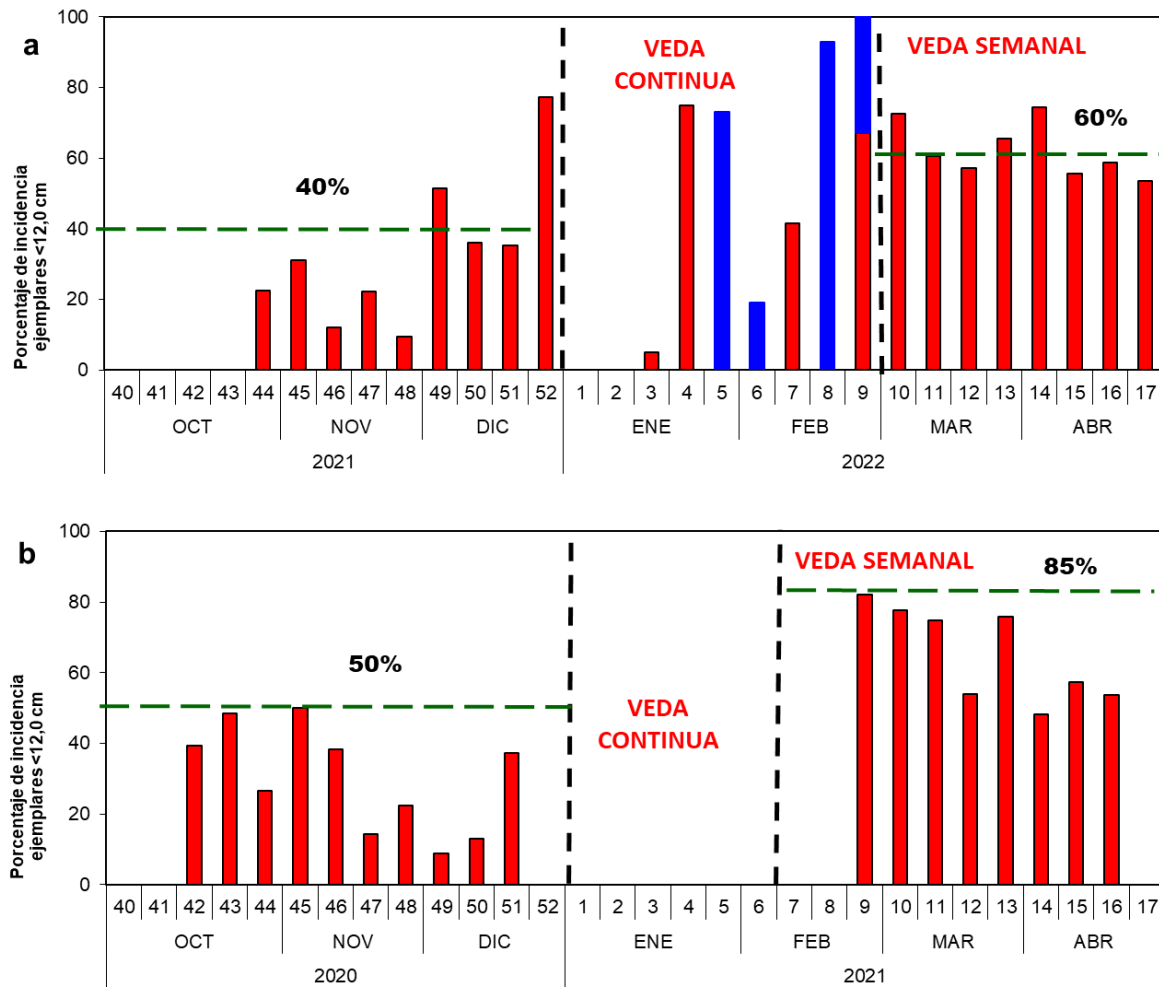


Figura 61. Incidencia (%) semanal de la fracción juvenil de anchoveta ponderadas a la captura, regiones de Arica y Parinacota a Antofagasta, monitoreo **a)** noviembre 2021- abril 2022 y **b)** octubre 2020 - al 20 de abril 2021.

En la serie histórica analizada (1997- abril 2022) (**Figura 62**), se observa que, en los últimos 8 años, la participación de ejemplares juveniles ponderada en número a la captura registra valores superiores al 30%, especialmente hacia finales e inicios de cada año, esto evidencia un cambio de condición en la población de anchoveta de la zona norte, debido a que en años anteriores se estimaban porcentajes de incidencia de juveniles, cuyos máximos no superaban el 20% y estaban acotados a periodos de tiempo específicos (octubre-marzo). Esto nos sugiere que esta fracción de ejemplares juveniles son los que sustentaron la actividad de la población principalmente en los años (2015, 2016, 2019 y 2021) donde se registró la participación de esta fracción durante todo el año. Sin embargo, es importante destacar que los porcentajes estimados durante el 2022 son los más bajos dentro del periodo (2015-2022) observándose una leve tendencia hacia la baja.

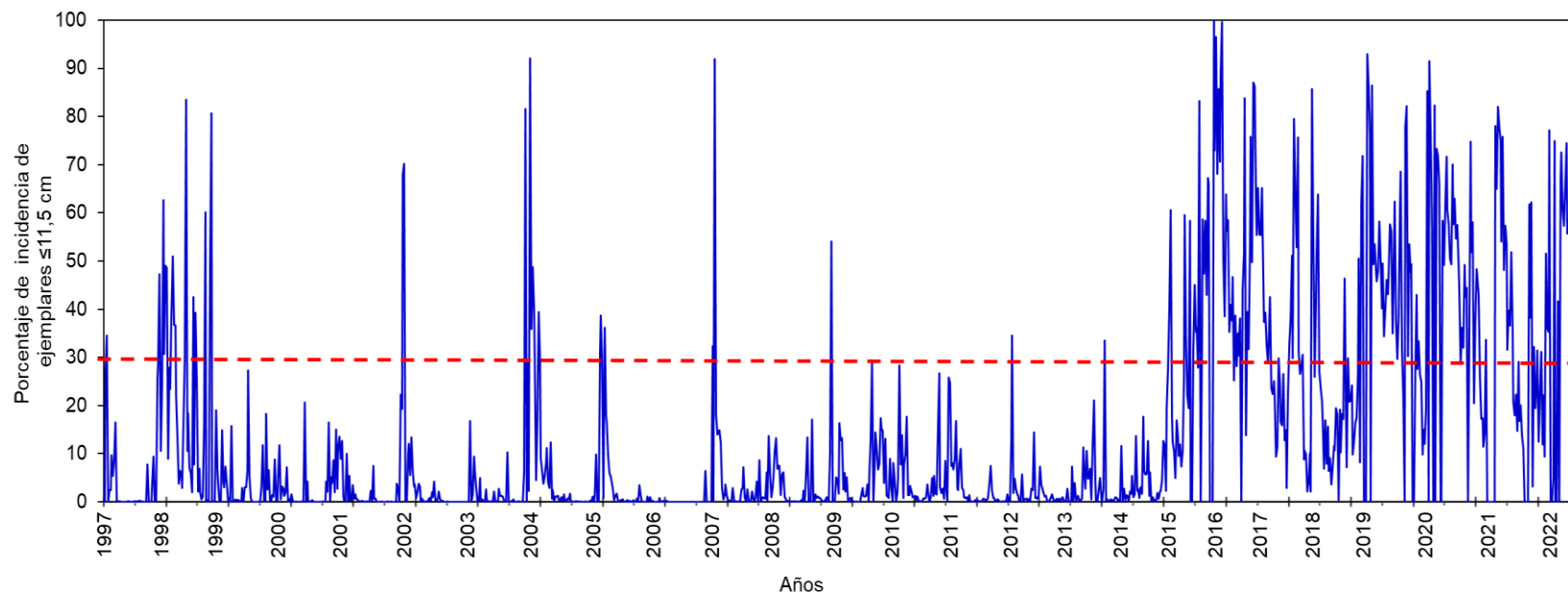


Figura 62. Serie histórica semanal del porcentaje de incidencia de la fracción juvenil de anchovetas, zona norte, años 1997- abril 2022. La línea punteada marca el 30% de incidencia de ejemplares $\leq 11,5$ cm LT.

6) Tendencia de los indicadores biológicos

La tendencia en el factor condición del pez (FC) mostró una disminución persistente en el largo plazo con interrupciones en 1993, 1998 y 2010. Estos puntos marcan un cambio de nivel en la condición del pez, se destaca una mejor condición del pez el último año, lo que provocó que la tendencia cambiara con respecto al 2020 (**Figura 63**). El peso promedio mostró entre 1989 y 2021, una tendencia decreciente, con cambios de nivel marcados por un aumento del peso en 1994, 1999 y 2015. La tendencia continúa mostrando una fuerte disminución hasta ahora (**Figura 64**). Esta disminución en el peso promedio podría estar relacionado con el predominio de individuos de menor talla en las capturas. se destaca que estas bajas en los pesos promedio de la anchoveta también han sido reportadas en los últimos cruceros correspondientes al Proyecto Método de Producción de Huevos de anchoveta realizado con el B/C Abate Molina en agosto-septiembre durante el periodo de veda reproductiva.

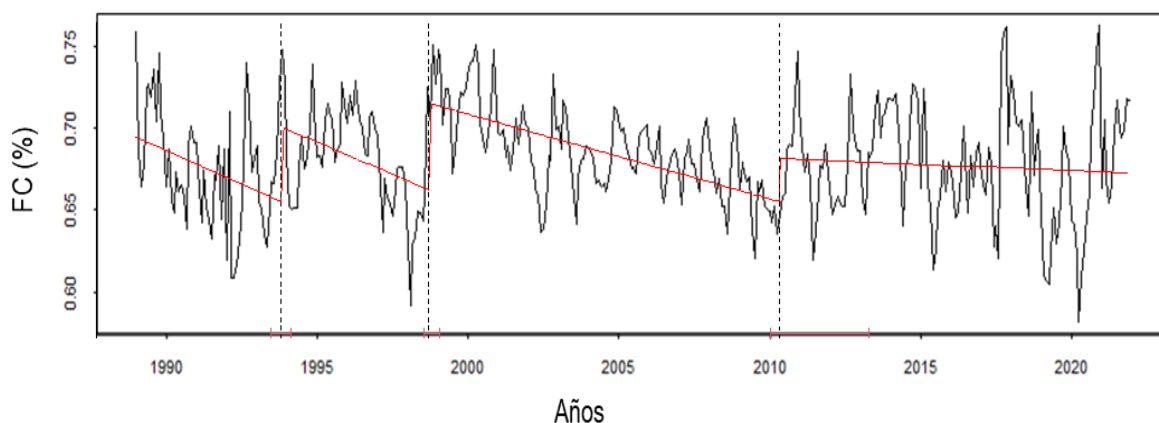


Figura 63. Evolución de la condición corporal (FC) para anchoveta entre 1989 y 2021, puntos de interrupción obtenidos por la función BFAST (línea de puntos negros) y la tendencia (línea roja).

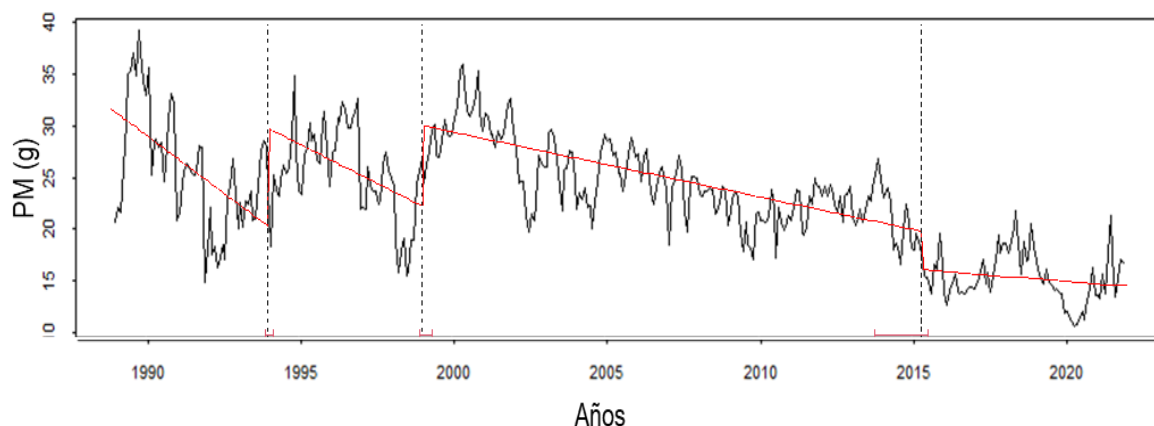


Figura 64. Evolución del peso medio en gramos (PM) para anchoveta entre 1989 y 2021, puntos de interrupción obtenidos por la función BFAST (línea de puntos negros) y la tendencia (línea roja).



4.2.5 Recurso sardina española

1) Capturas

Los indicadores pesqueros para 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 35 mil t a menos de 31 t el 2008 (**Figura 27**). Entre el 2009 y 2013 solo se registraron capturas de 1 y 5 t los años 2010 y 2013, respectivamente. Posterior al 2014 las capturas fluctuaron entre 2 a 1.980 t (2020).

A partir del 2001 las escasas capturas de sardina se concentran en la zona norte y fueron extraídas principalmente por la flota industrial, destacando en los últimos dos años las mayores capturas fueron realizadas por flota artesanal, en tanto en la zona centro norte se extraen principalmente por la flota artesanal. Las escasas capturas de sardina española no permiten distinguir un patrón estacional (**Figura 65**).

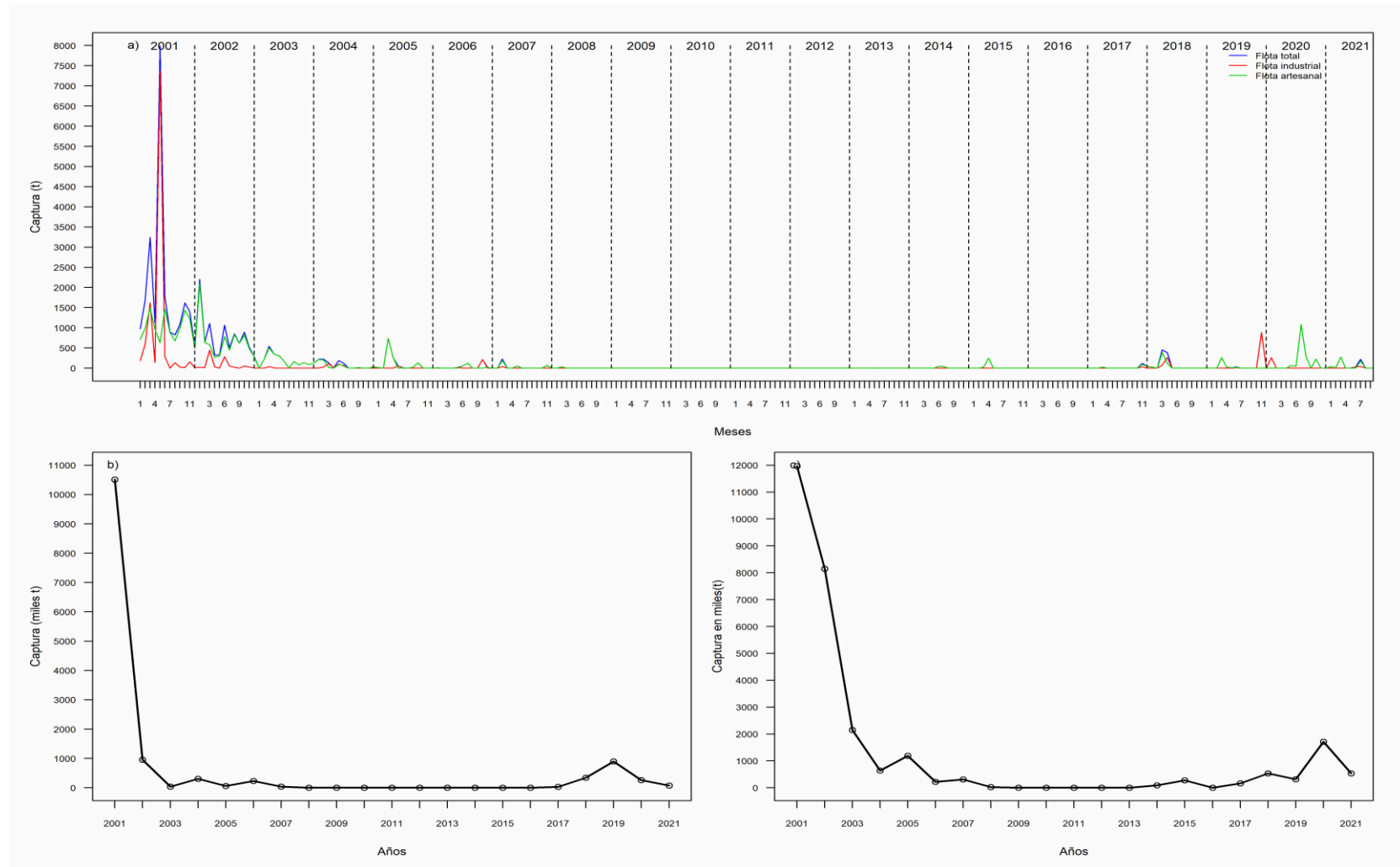


Figura 65. Evolución de las capturas de sardina española en la zona norte en el período 2001-2021. **a)** Capturas mensuales por flota; **b)** capturas anuales de la flota industrial y **c)** capturas anuales de la flota artesanal.

2) Distribución espacial de las capturas

La distribución espacial de la sardina española en la zona norte, mostró hasta el 2003, una mayor concentración frente al puerto de Arica, al sur de Iquique y entre Tocopilla y Mejillones. En tanto entre 2004 y 2008 la sardina se distribuyó al norte de los 21°30'S. Entre 2009 y 2013 no se reportan capturas de Sardina española, destacando desde 2014 una distribución principalmente entre Tocopilla y Mejillones (**Tabla 14, Figura 67**).

Con respecto a distribución costa océano, entre 1986 y 1991 se destaca una distribución fuera de las 20 millas, posteriormente las escasas capturas de sardina española comienzan a desplazarse hasta áreas costeras, resaltando una concentración principalmente costera entre 2000 y 2006 con el 61% y 96% de las capturas en las primeras 10 millas de la costa. Las escasas capturas reportadas entre 2014 y 2020 se registran principalmente entre la costa y las 10 millas, con un aumento en la concentración entre la costa y las 5 millas, el 2021 destacando una concentración de las capturas en las primeras 5 millas (**Tabla 14**).

Espacialmente se observa entre 2000-2004 y 2017-2020 una distribución principalmente al sur de Iquique, entre 2005 y 2016 las capturas de sardina en la zona norte fueron escasas o nulas con un aumento a partir del 2017 distribuidas principalmente al sur de los 21°30'S (**Figura 66**).

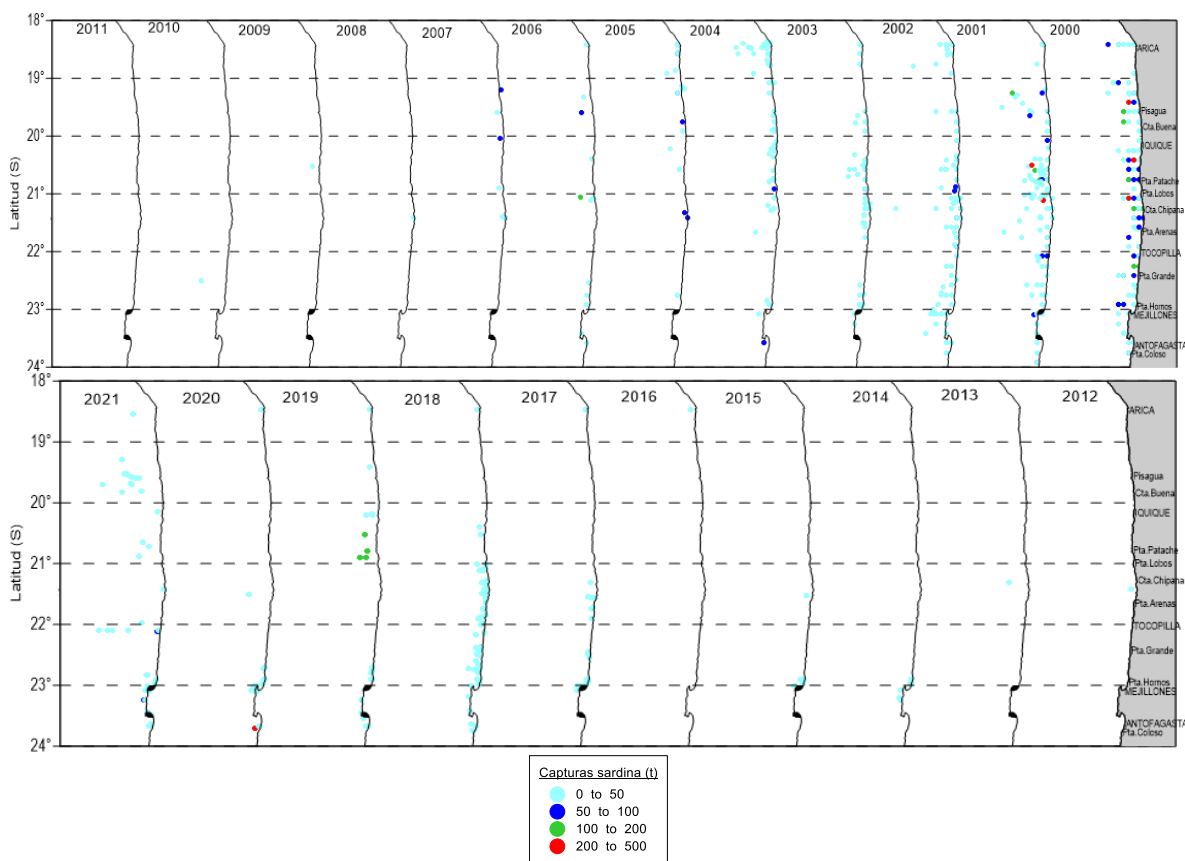


Figura 66. Evolución anual de las capturas de sardina española en la zona norte, años 2000 a 2021.

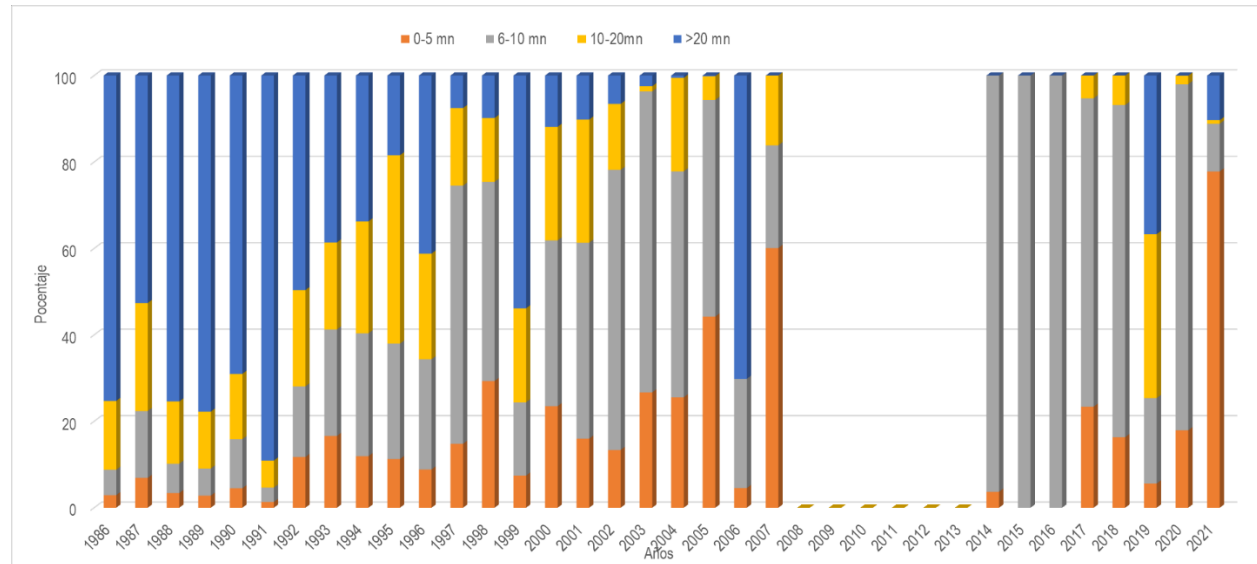


Figura 67. Evolución en la proporción de captura de sardina española en la zona norte, por distancia a la costa. Años 1986 a 2021.

Tabla 14. Porcentaje de captura de sardina española en la zona norte, por rango latitudinal. Años 1980 a 2021.

	Zona 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
18°21' 18°59'	19	27	17	20	14	62	28	24	17	3	3	1	22	8	7	1	12	24	50	66	18	0	0					0	0	100	1	0	0	0	0	
19°00' 19°29'	13	6	14	8	19	13	10	7	4	0	0	2	3	11	5	1	0	0	4	12	1	22	0					0	0	0	0	0	0	0	0	1
19°30' 19°59'	9	6	7	5	7	3	7	3	1	1	0	0	7	17	6	4	7	5	2	8	19	16	0					0	0	0	0	0	0	0	0	6
20°00' 20°29'	15	10	15	10	10	4	12	7	4	9	2	13	9	12	8	1	6	5	9	0	1	24	0					0	0	0	0	0	1	0	0	0
20°30' 20°59'	13	9	7	14	13	4	10	11	6	4	0	8	14	9	14	15	5	31	10	0	0	0	0					0	0	0	0	0	73	0	0	0
21°00' 21°29'	12	10	11	16	8	4	9	14	10	14	18	3	2	10	21	20	14	5	6	12	56	39	100					0	0	0	0	15	0	0	0	1
21°30' 21°59'	8	9	9	11	6	2	9	8	13	9	4	3	1	11	8	7	8	1	0	0	0	0	0					0	0	0	16	9	0	0	0	
22°00' 22°29'	4	8	8	5	10	2	5	12	14	2	5	0	0	5	4	4	2	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	7	0	0	15	
22°30' 22°59'	4	6	6	7	5	3	4	8	14	15	23	20	19	6	16	27	28	24	2	1	2	0	0					92	84	0	57	57	20	26	10	
23°00' 23°29'	3	4	4	3	3	1	5	4	3	11	28	21	7	6	2	2	6	5	0	0	2	0	0					8	16	0	25	3	2	57	19	
23°30' 23°59'	2	5	4	2	6	2	2	3	12	32	17	29	16	5	10	17	11	0	15	0	2	0	0					0	0	0	0	9	5	17	49	
captura (miles t)	2220	1827	1367	1425	709	585	654	319	77	33	23	4	8	213	38	22	9	2	1	1	0.3	0.2	0.0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.0	0.2	1	1	2	0.6

3) Estructura de talla

La proporción de grupos de tallas para sardina española muestra la mayor participación del grupo de ejemplares entre 25 a 30 cm de LT, seguido del grupo de 20 a 25 cm LT. Entre 1997 y 2004 dominó el grupo entre 20 y 25 cm de LT seguido por ejemplares de 25 a 30 cm, destacando una mayor participación de ejemplares menores a 20 cm de LT y una reducción con el grupo de mayor tamaño (30 cm LT) (Figura 68).

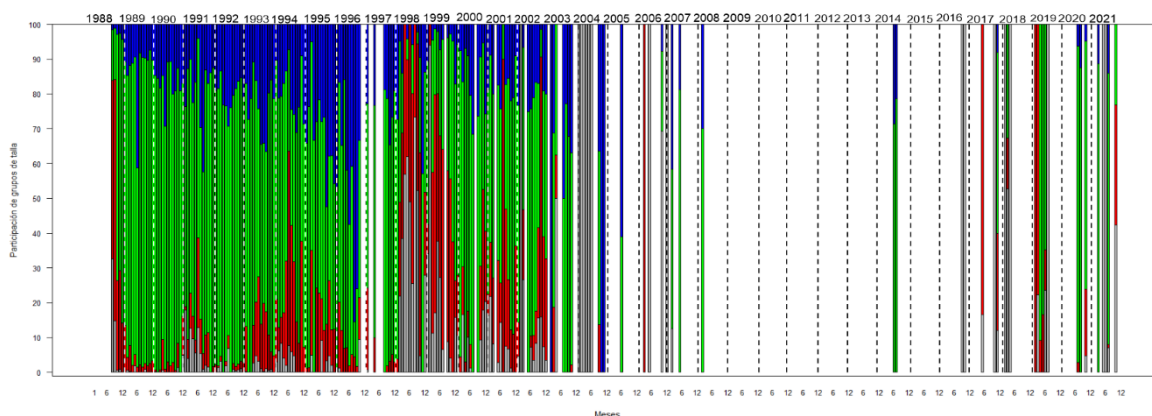


Figura 68. Proporción mensual de sardina española en la zona norte, por grupo de tamaño entre 1988 y 2021. Grupo de longitud ≤ 20 cm LT (gris), grupo entre 20 a 25 cm LT (rojo), grupo 25 a 30 cm LT (verde) y el grupo >30 cm LT (azul).

La talla media para la sardina se registró cercana a los 24 cm de LT con una alta variabilidad posterior al 2002. Entre 2016 y 2021 la talla media presenta una tendencia creciente variando entre los 8,0 y los 27,0 cm de LT. Entre el 2009 y 2013 no se dispone de información (Figura 69).

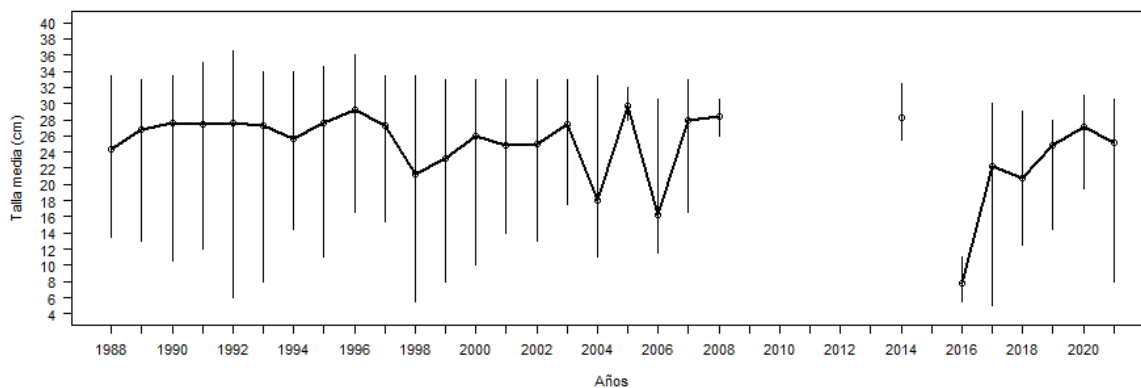


Figura 69. Talla media para sardina española en la zona norte entre 1988 y 2021. Las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo de longitud anual.

En la zona norte solo se dispuso de muestras de sardina española en la zona de Antofagasta. La distribución de tallas presentó una estructura multimodal conformada por ejemplares de 14,5 a 30,5 cm de LT, con moda principal en 28,0 cm (15%) (**Figura 70** y **Figura 72**). Es importante señalar que las capturas en la zona de Antofagasta se focalizaron en marzo, agosto y octubre. Mensualmente las estructuras son similares, excepto en octubre que se registraron algunos ejemplares de menor talla.

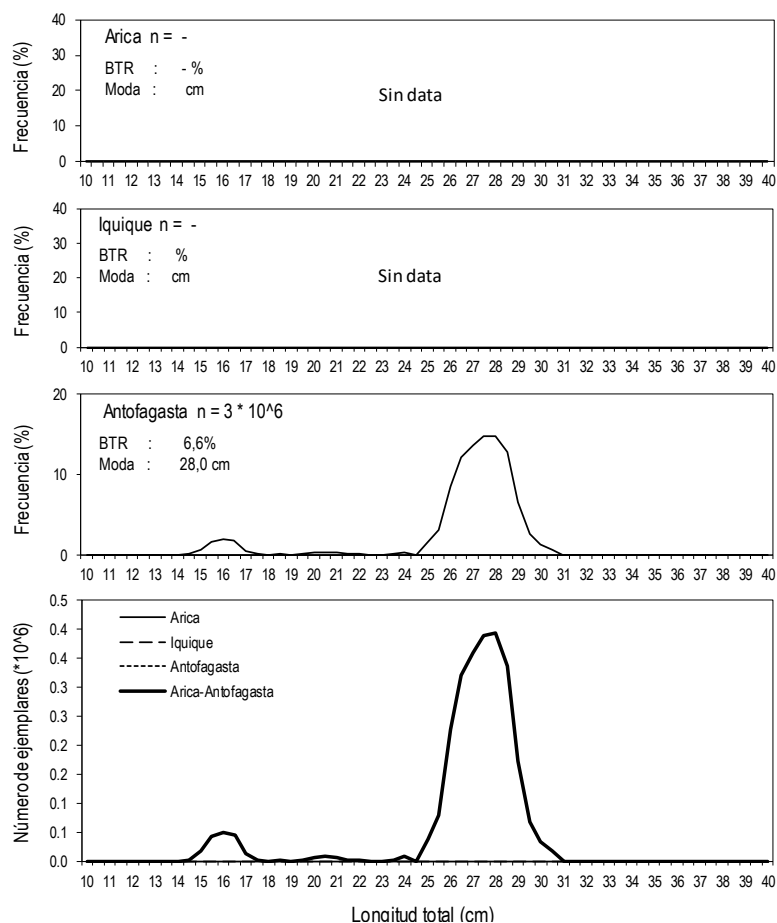


Figura 70. Captura en número de sardina española según tallas, zona norte. Flota total, año 2021.

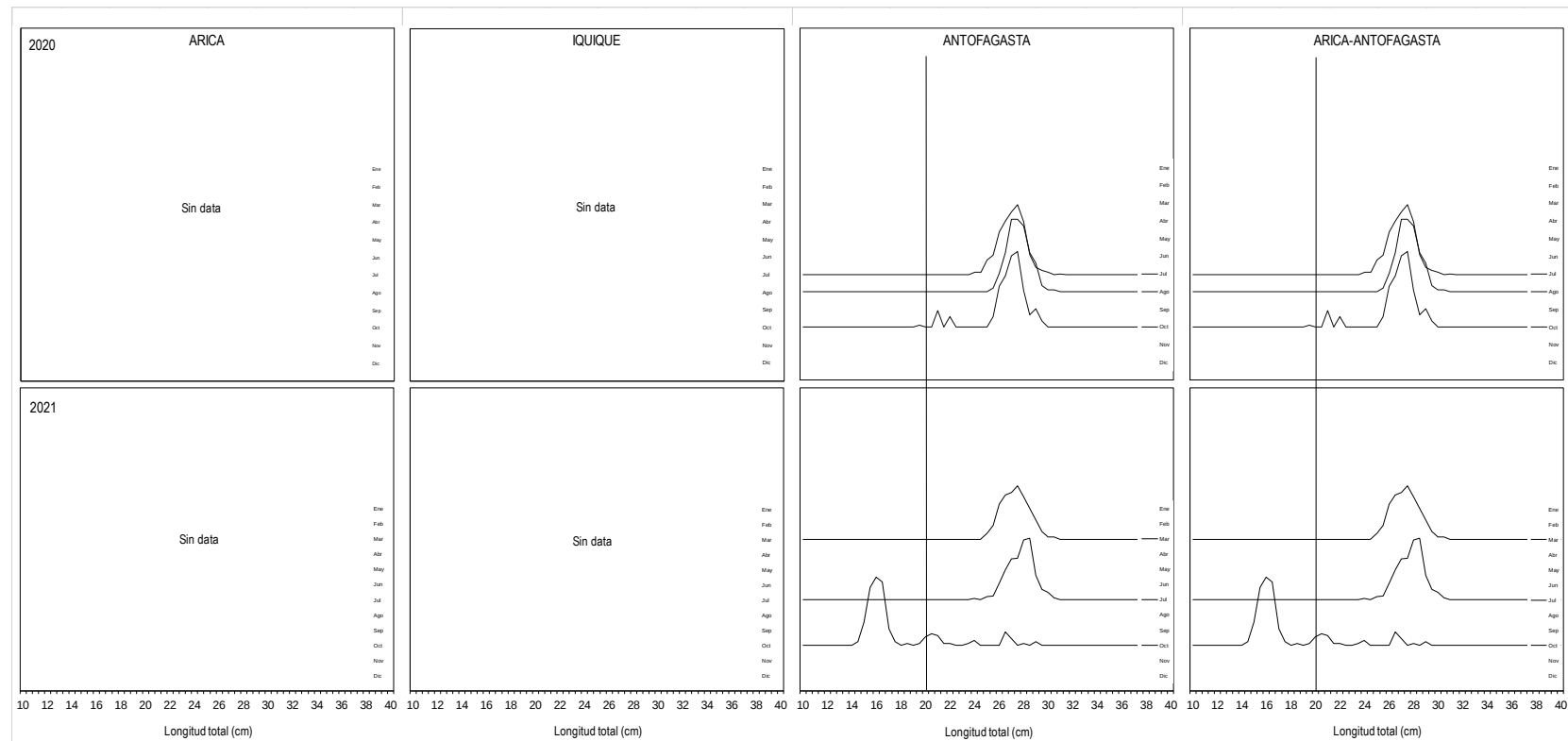


Figura 72. Distribuci3n de frecuencias de longitudes en las capturas de sardina espa1ola, zona norte. Flota total, a1o 2021.

4.2.6 Integración de resultados

En este capítulo se entregan los resultados de la relación entre la temperatura e indicadores biológicos que dan cuenta de factores maternos y el IGS.

El análisis de la temperatura satelital mostró quiebres en la estacionalidad y la tendencia. Para la estacionalidad se registraron dos puntos de quiebres 1993 y 2009. La tendencia muestra cinco puntos de quiebres en los años 1992, 1997, 2001 y 2007 (**Figura 73** panel superior). Los resultados indican un cambio intraestacional en la TSM registrando tres periodos: menor a 1993, 1993 a 2009 y 2009 a 2017 (**Figura 73** panel inferior). Estos periodos se caracterizan por un desplazamiento temporal en la estacionalidad de la TSM durante el ciclo anual. El patrón interanual del IGS para los tres periodos establecidos correlacionados con la TSM, registró una pérdida de acoplamiento hacia el final del periodo de estudio. Para el primer periodo se estimó una correlación negativa de -85,5%, -64,1% para el segundo, y para el tercer periodo -54,04%.

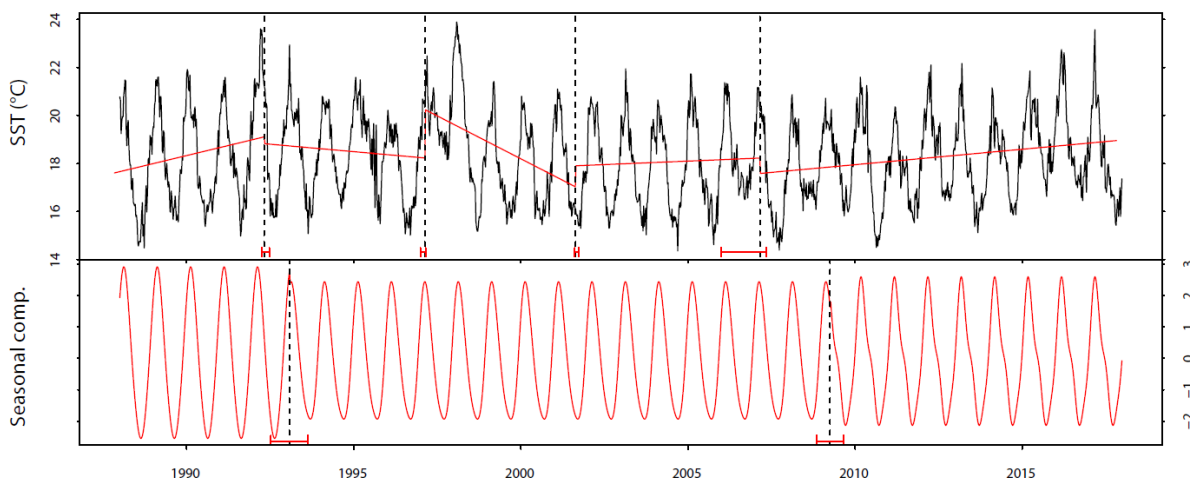


Figura 73. Evolución de la temperatura satelital (panel superior) y la descomposición de la serie en estacionalidad (panel inferior) y tendencia en el largo plazo (línea roja en panel superior), entre 1988 y 2017. La línea punteada marca los puntos de quiebre para la serie por función Bfast.

En el primer periodo, el IGS muestra un máximo en la actividad reproductiva durante agosto, alcanzando un mínimo en abril con valores menores 1,5%, destacando veranos más cálidos e inviernos más fríos en relación a los siguientes periodos. En el segundo periodo el reposo reproductivo no fue tan evidente, registrando un descenso paulatino del IGS desde diciembre con mínimos en abril superiores a 3% y un máximo en agosto. Destacando un adelanto en el inicio de la actividad con mayores valores de IGS respecto al primer periodo, se observaron menores temperaturas con respecto al primer periodo, con temperaturas en invierno menos frías. Posterior al 2009 la actividad reproductiva mostró un desplazamiento situando el máximo en septiembre, contrario, a lo que ocurría antes de 2009 donde el máximo se alcanzaba en agosto. En tanto el inicio de la actividad se trasladó en el último periodo a junio a diferencia de lo registrado en los periodos previos donde se registró en mayo (**Figura 74**). La temperatura muestra menores valores en verano, sin embargo, se registran mayores temperaturas a partir de mayo en relación a los periodos anteriores.

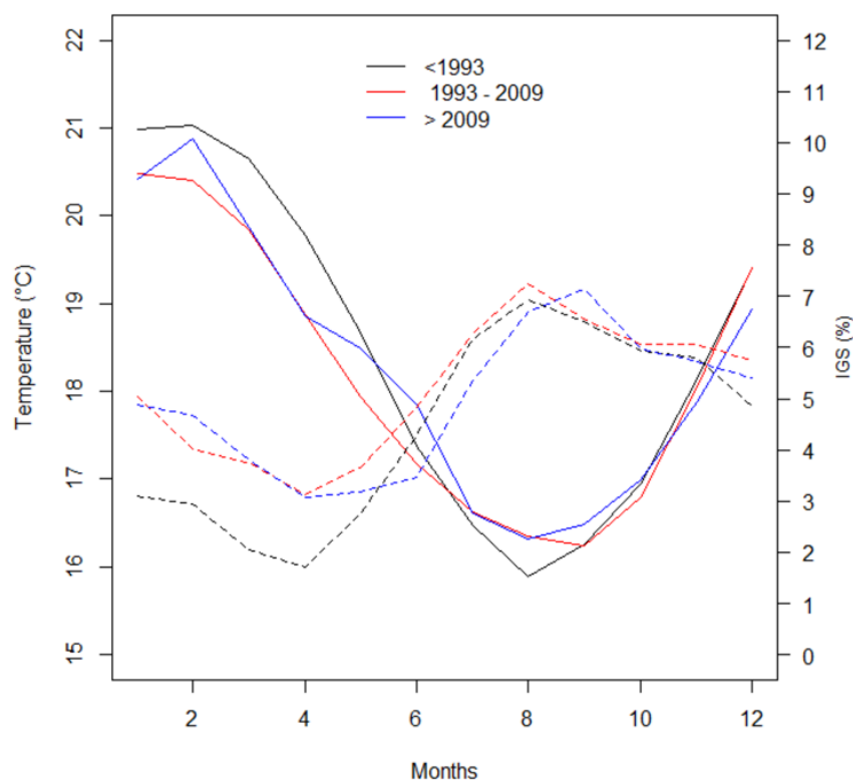


Figura 74. Evolución de la temperatura estacional (línea entera) e IGS (línea punteada) para los periodos estimados por función Bfast para la temperatura.

En los modelos GLM y GAM se incluyeron el efecto del medio ambiente a través de la tendencia (t_{tem}) y la estacionalidad (s_{tem}) de la temperatura para cuantificar si la variabilidad de la actividad reproductiva (IGS) está asociado con los cambios en la estacionalidad o el aumento de la temperatura en el largo plazo. El efecto maternal se analizó a través de la condición corporal del pez (fc), el peso medio (pm) y la tendencia de estas variables en el largo plazo. El modelamiento por GLM, explica el 48,4 de la variabilidad total de la actividad reproductiva. Las co-variables que mayor reducen la devianza fueron la estacionalidad de la temperatura que explica un 39,3%, de la variabilidad, la condición del cuerpo un 7,3% y la tercera variable explica 1,9%. Las co-variables temperatura, peso medio y la tendencia del peso medio y factor de condición no fueron significativo (**Tabla 15**).

Los modelos GAM explican mayor variabilidad en relación a los modelos GLM, el Mod2 con suavizamiento Loes explico un 55,5% de la variabilidad en tanto Mod3 con suavizamiento spline explico un 57,2%. Para el Mod2 las covariables que mayor aportan a la reducción de la devianza fueron la estacionalidad de la temperatura con un 34% y FC un 5,5%. La temperatura, el peso medio y la tendencia del factor de condición aportan marginal a la reducción del modelo (**Tabla 15**).



Tabla 15. Análisis de varianza del modelo GLM y GAM para IGS de anchoveta, con sus correspondientes valores F, AIC y Pseudo coeficiente de determinación.

Co-variable	Df	Resid. Dev	Deviance Resid.	F	Pr(>F)	AIC	Pseudo R ²
GLM							
Null	347	55,942				355,48	
Estacionalidad TSM	346	33,958	21,98	262,520	< 2,2e-16	183,75	0,3929
Factor condición	345	29,862	4,096	48,903	1,407e-11	141,03	0,0732
Tendencia TSM	344	28,808	1,054	12,591	0,0004413	130,52	0,01884
GAM (spline)							
Null	347	55,942				355,4769	
Estacionalidad TSM	343,0001	32,6023	23,3397	3,7159	0,011834	175,5793	0,4172
Factor condición	338,9997	27,0272	5,5751	6,7588	0,000195	118,317	0,0659
TSM	334,9997	26,1145	0,9127	4,4434	0,004449	114,3625	0,0496
Tendencia del peso medio	330,9999	25,2767	0,8378	2,7042	0,045457	111,0141	0,0149
GAM (Loess)							
Null	347	55,942				355,4769	
Estacionalidad TSM	343,7524	33,4667	22,4753	3,1981	0,0366516	183,1816	0,4018
Factor condición	339,484	27,629	5,8377	6,6827	0,0001288	125,0118	0,1044
Tendencia del peso medio	335,6018	26,5174	1,1116	4,8482	0,0029724	118,4858	0,0199

El desacople del ciclo estacional de la temperatura y el índice gonadosomático muestra un desfase de un mes para la serie 2000-2009, 2010-2014 y 2015-2019 comenzando la actividad en junio, julio y agosto, respectivamente (**Figura 76 a**), conjuntamente con una pérdida de intensidad de la actividad principalmente para el último periodo con IGS que no superan el 7% (excepción 2018) e IAD cercanos a 30% (**Figura 75**).

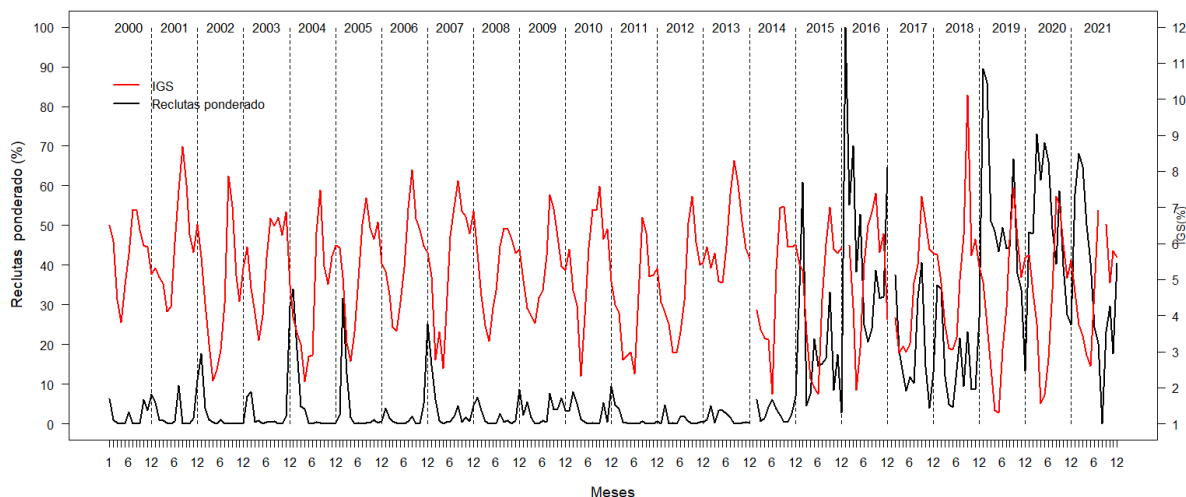


Figura 75. Evolución de los reclutas ponderados y el índice gonadosomático de la anchoveta entre los años 2000 y 2021.

Este desfase registra un efecto en la estacionalidad del proceso de reclutamiento. El patrón estacional del reclutamiento muestra para la serie 2000-2009 y 2010-2014 un periodo de máxima incidencia entre noviembre y marzo (**Figura 76 b**) con un desfase de 6 meses con el periodo principal de desove y correlaciones máximas de 0,4 y 0,3, respectivamente (**Figura 77 a y b**). Se destaca para la serie 2000-2009 mayores niveles de reclutas cercano a 14% en relación al periodo posterior (6%) (**Figura 76 b**). La serie 2015-2021 registra un cambio de patrón evidenciando dos pulsos de reclutamiento, el principal de diciembre a abril y un pulso secundario de julio a octubre (**Figura 76 c**). El pulso principal de reclutas (diciembre-abril) esta correlacionado con el pulso principal de desove (agosto-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 0,2 pero no significativas (**Figura 76 c**). Considerando el año 2015 como un año de transición se estimaron las correlaciones para el periodo 2016-2020 registrando correlaciones positivas y significativas con un desfase de 6 meses de 0,244 (**Figura 76 d**).

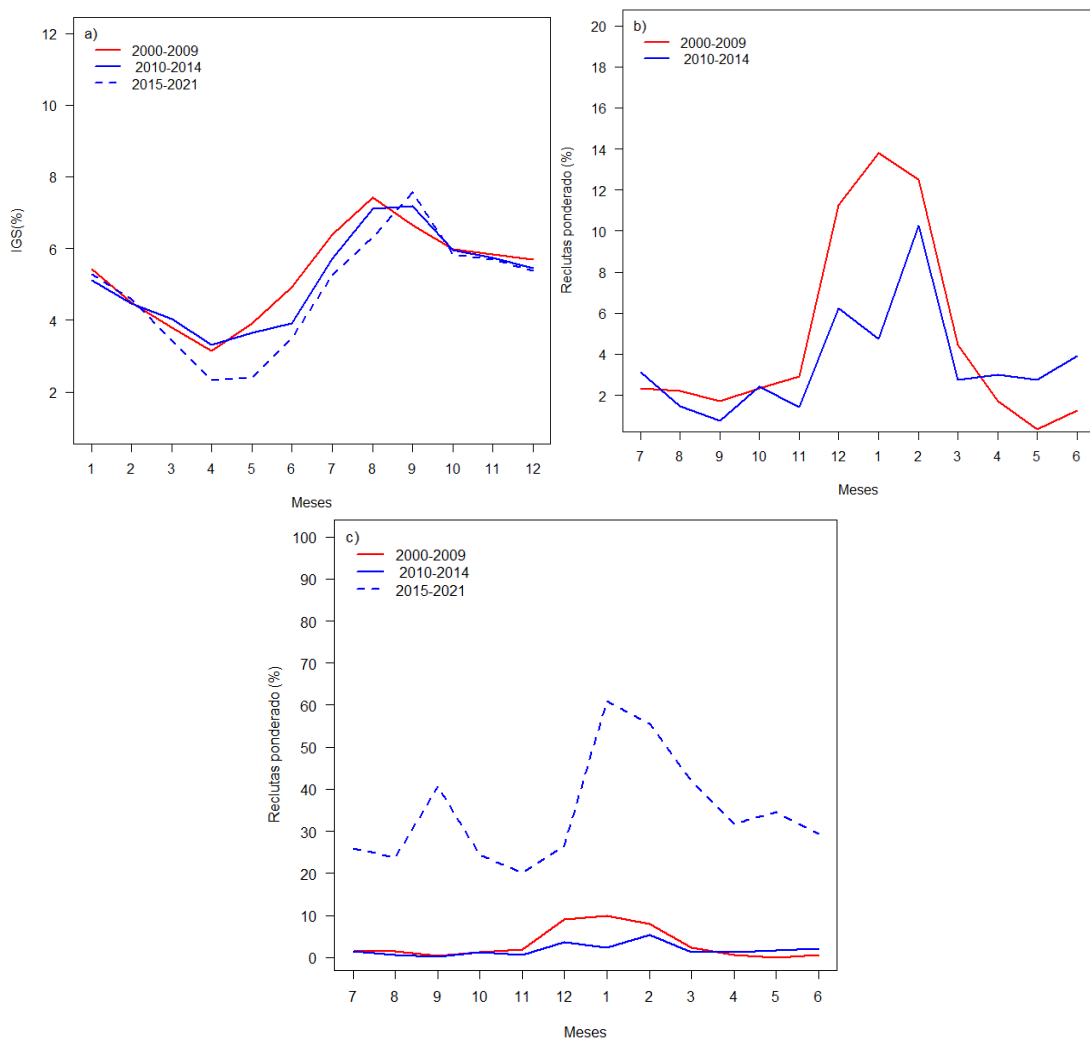


Figura 76. Ciclo anual del índice gonadosomático (IGS) (a) y de los reclutas ponderados de anchoveta en la zona norte (b y c) entre 2000 y 2021.

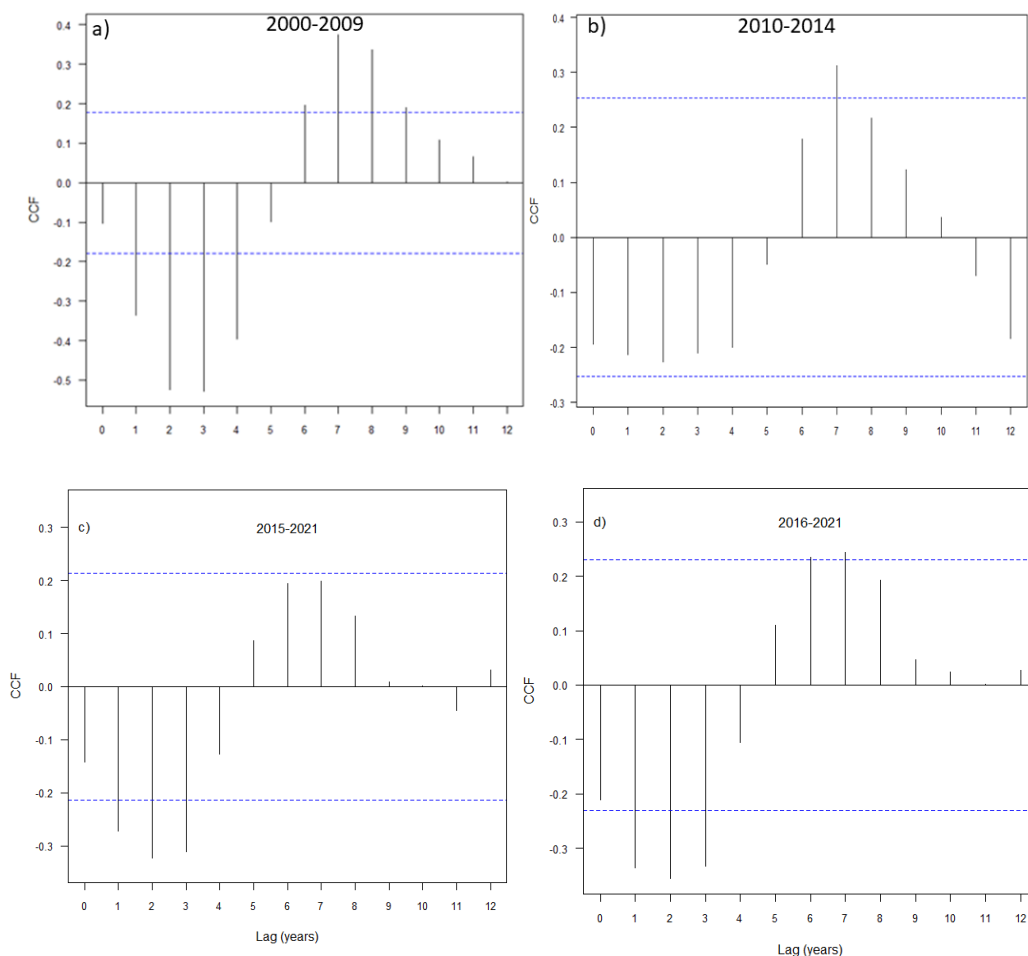


Figura 77. Correlaciones entre los reclutas ponderados y el índice gonadosomático de la anchoveta en la zona norte para las series a) 2000-2009; b) 2010-2014; c) 2015-2021 y d) 2016-2021.

4.3 Objetivos específico 3.2.3. 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 lo largo de la costa chilena, la inyección de nutrientes desde aguas profundas hacia aguas superficiales a través de los eventos de surgencia resulta en alta producción primaria; lo que promueve al zooplancton y la producción de peces sobre extensas áreas, lo que, a su vez, sostiene niveles tróficos superiores, incluyendo grandes poblaciones de aves y mamíferos marinos (Thiel *et al.*, 2007). Esto ha permitido el desarrollo de una actividad pesquera enfocada en especies como la anchoveta, jurel, caballa y sardina española, a partir de los años 50 en el norte del país. Sin embargo, cuando el esfuerzo de pesca se encuentra dirigido hacia dichas especies, en ocasiones suelen atraer otros animales que se acercan para alimentarse de la captura y terminan siendo capturados por los artes y/o aparejos de pesca. Esto se conoce como captura incidental (bycatch), la cual conforme a la



legislación chilena (Ley 20.625, Art. 2) es definida como aquella conformada por especies que no son parte de la fauna acompañante y que están constituida por reptiles marinos, aves marinas y mamíferos marinos, situación que actualmente constituye una amenaza para una adecuada administración de las pesquerías.

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 & Páez, 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 en el año 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, 2005).

En la zona norte los registros de captura incidental a bordo de la flota cerquera artesanal e industrial comenzaron a registrarse parcialmente a partir del año 2015 en el marco del Programa de Seguimiento de las principales pesquerías pelágicas. A partir del año 2017 los datos, en términos de cobertura y robustez, se incrementaron con la incorporación del Programa de Descarte en la pesquería norte con especial énfasis en un enfoque eco sistémico.

Se resumen los resultados de los registros de captura y mortalidad incidental de aves, reptiles y mamíferos marinos que interactuaron con las actividades de pesca comercial de las flotas cerqueras artesanal e industrial que capturan como especie objetivo el recurso anchoveta en la zona norte durante el periodo 2017-2021.



Flota artesanal anchoveta

A bordo de la flota artesanal se reportó la captura incidental de 1.121 animales correspondiente a 7 especies identificadas y una especie de cormorán sin especificar (**Tabla 16**). Los mamíferos marinos representaron el 72%, con reportes de captura entre el límite norte de la región de Arica (18°21'S) hasta Punta Chilena (21°30'S), siendo el lobo marino común quien reportó el 100% de las capturas de este grupo (**Figura 78 A**). La captura de aves marinas costeras representó el 28% y 5 especies, cuyos registros se ubican entre el límite norte de región de Arica y Punta Gruesa (20°22'S) (**Figura 78 B**), donde la captura y mortalidad de este grupo fue representada principalmente por el guanay. La captura y mortalidad de procelariiformes correspondió solo a fardela negra, cuyos registros se localizaron en la región de Arica (**Figura 78 C**). La captura de reptiles estuvo representada solo por un ejemplar de tortuga verde localizado a 2 millas frente a caleta Camarones (19°15'S) (**Figura 78 D**).

Tabla 16. Captura y mortalidad incidental por especie en la flota cerquera artesanal que operó sobre el recurso anchoveta, en la zona norte. Datos provenientes del registro de observadores científicos sobre 830 lances de pesca comerciales durante el periodo 2017-2021.

Nombre común	Nombre Científico	Captura	Muertos	Mort (%)	CIP	CV _{CIP}	MIP	CV _{MIP}
Lobo Marino Común	<i>Otaria flavescens</i>	805	4	0,50	0,970	316	0,005	1762
Guanay	<i>Phalacrocorax bouganvilli</i>	217	216	99,5	0,261	2659	0,26	2671
Piqueros	<i>Sula variegata</i>	58	55	94,8	0,070	1450	0,066	1520
Pelicano peruano	<i>Pelecanus thagus</i>	29	4	13,8	0,035	2495	0,005	1762
Fardela negra	<i>Ardenna grisea</i>	8	8	100	0,010	2276	0,010	2276
Gaviota garuma	<i>Larus modestus</i>	2	-	-	0,002	2881	-	-
Tortuga verde	<i>Chelonia mydas</i>	1	-	-	0,001	2881	-	-
Cormorán sin especificar	-	1	-	-	0,001	2881	-	-

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}).

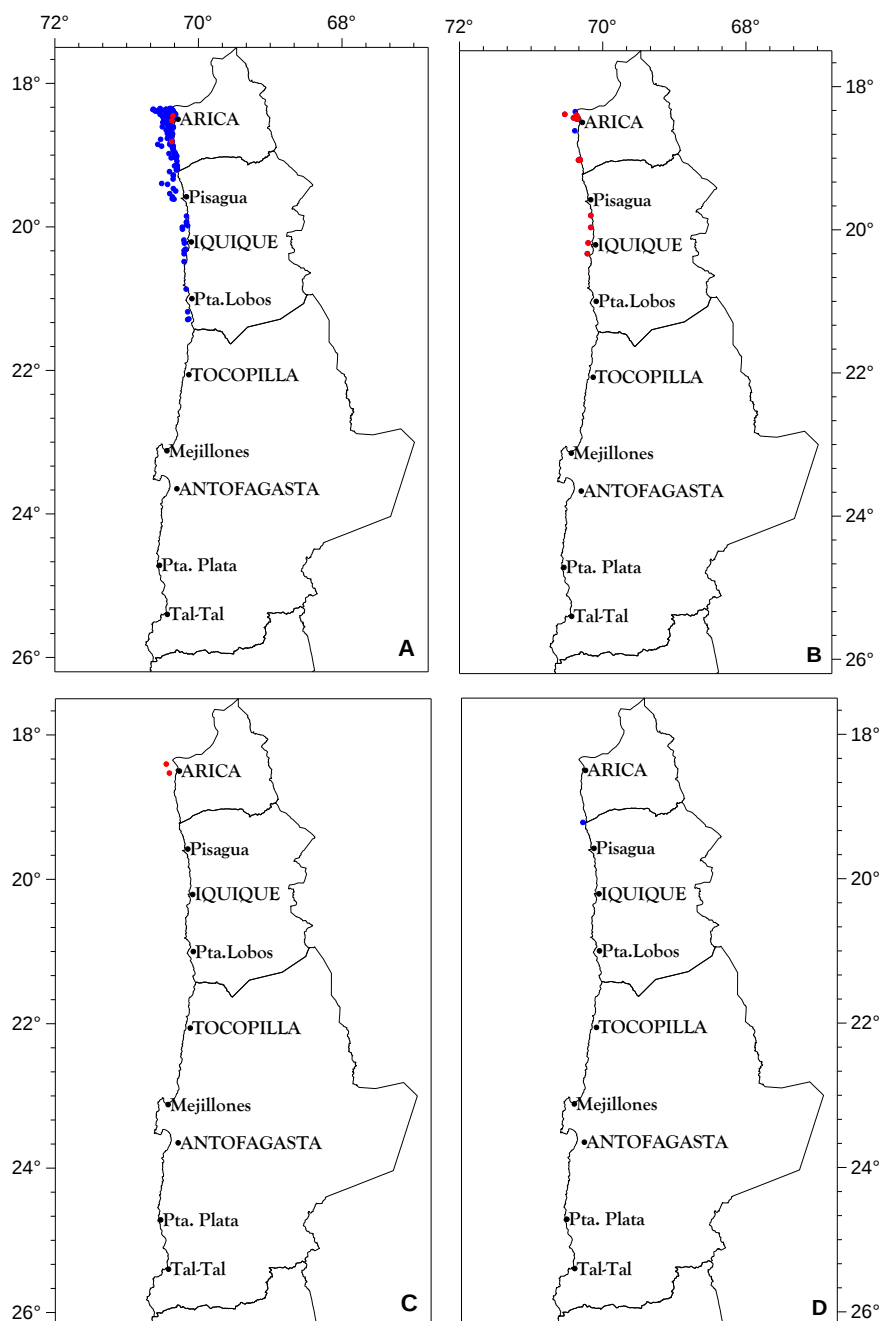


Figura 78. Distribución espacial de los lances con registros de captura (azul) y mortalidad incidental (rojo) realizados por la flota artesanal sobre el recurso anchoveta. A) Mamíferos marinos, B) Aves marinas costeras, C) Procelariiformes, D) Tortugas marinas



Flota industrial anchoveta

Se registró la captura incidental de 6.711 animales correspondiente a 20 especies y un delfín sin especificar (**Tabla 17**). Los mamíferos marinos representaron el 82% de los animales capturados, con reportes de captura entre el límite norte de la región de AyP (18°21'S) hasta punta Piedras (24°40'S) (**Figura 79A**), siendo el lobo marino común quien reportó las mayores capturas promedio, mientras que los delfines presentaron un 44% de mortalidad. La captura de aves marinas costeras se concentró principalmente entre el puerto de Arica y puerto de Tocopilla (22°07'S) (**Figura 79 B**) y representó el 9,5%, donde el guanay mostró el 71% de las capturas y el 93% de la mortalidad de este grupo. La captura de procelarifformes estuvo localizada entre las regiones de Tarapacá y Antofagasta (**Figura 79 C**), donde la fardela negra representó el 98% de las capturas y el 69% de las mortalidades de este grupo. Respecto a la captura de reptiles marinos, este representó el 1% de las capturas observadas mayoritariamente entre las regiones de AyP y TPCA. (**Figura 79 D**), sin reportes de mortalidad.

Tabla 17. Captura y mortalidad incidental por especie en la flota cerquera industrial que operó sobre el recurso anchoveta, en la zona norte. Datos provenientes del registro de observadores científicos sobre 3.772 lances de pesca comerciales durante el periodo 2017-2021.

Nombre común	Nombre Científico	Captura	Muertos	Mort (%)	CIP	CV _{CIP}	MIP	CV _{MIP}
Lobo Marino Común	<i>Otaria flavescens</i>	5338	9	0,17	1,42	360	0,002	2045
Fardela negra	<i>Ardenna grisea</i>	568	390	68,7	0,15	3400	0,10	3339
Guanay	<i>Phalacrocorax bouganvilli</i>	452	420	92,9	0,12	3993	0,11	4266
Delfín común	<i>Delphinus delphis</i>	72	23	31,9	0,02	2183	0,006	2489
Piqueros	<i>Sula variegata</i>	71	59	83,1	0,02	2097	0,016	2291
Gaviotín monja	<i>Larosterna inca</i>	61	-	-	0,02	6042	-	-
Delfín oscuro	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	56	38	67,9	0,01	2528	0,010	2615
Pelicano peruano	<i>Pelecanus thagus</i>	31	17	54,8	0,008	2085	0,005	2196
Delfín sin identificar		15	-	-	0,004	6142	-	-
Pingüino de Humboldt	<i>Spheniscus humboldti</i>	12	1	8,3	0,003	2399	0,0003	6142
Fardela Blanca	<i>Ardenna creatopus</i>	8	8	100	0,002	6142	0,002	6142
Gaviota garuma	<i>Larus modestus</i>	6	6	100	0,002	6142	0,002	6142
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>	4	4	100	0,001	6142	0,001	6142
Yeco	<i>Phalacrocorax bouganvilli</i>	4	4	100	0,001	6142	0,001	6142
Tortuga verde	<i>Chelonia mydas</i>	3	-	-	0,001	3545	-	-
Tortuga olivacea	<i>Lepidochelys olivacea</i>	3	-	-	0,001	3545	-	-
Gaviota de Franklin	<i>Larus pipixcan</i>	2	2	100	0,001	6142	0,0005	6142
Tortuga Laud	<i>Dermochelys coriacea</i>	2	-	-	0,001	4342	-	-
Albato Ceja negra	<i>Thalassarche melanophris</i>	1	1	100	0,0003	6142	0,0003	6142
Tortuga cabezona	<i>Caretta caretta</i>	1	-	-	0,0003	6142	-	-
Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	1	-	-	0,0003	6142	-	-

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})

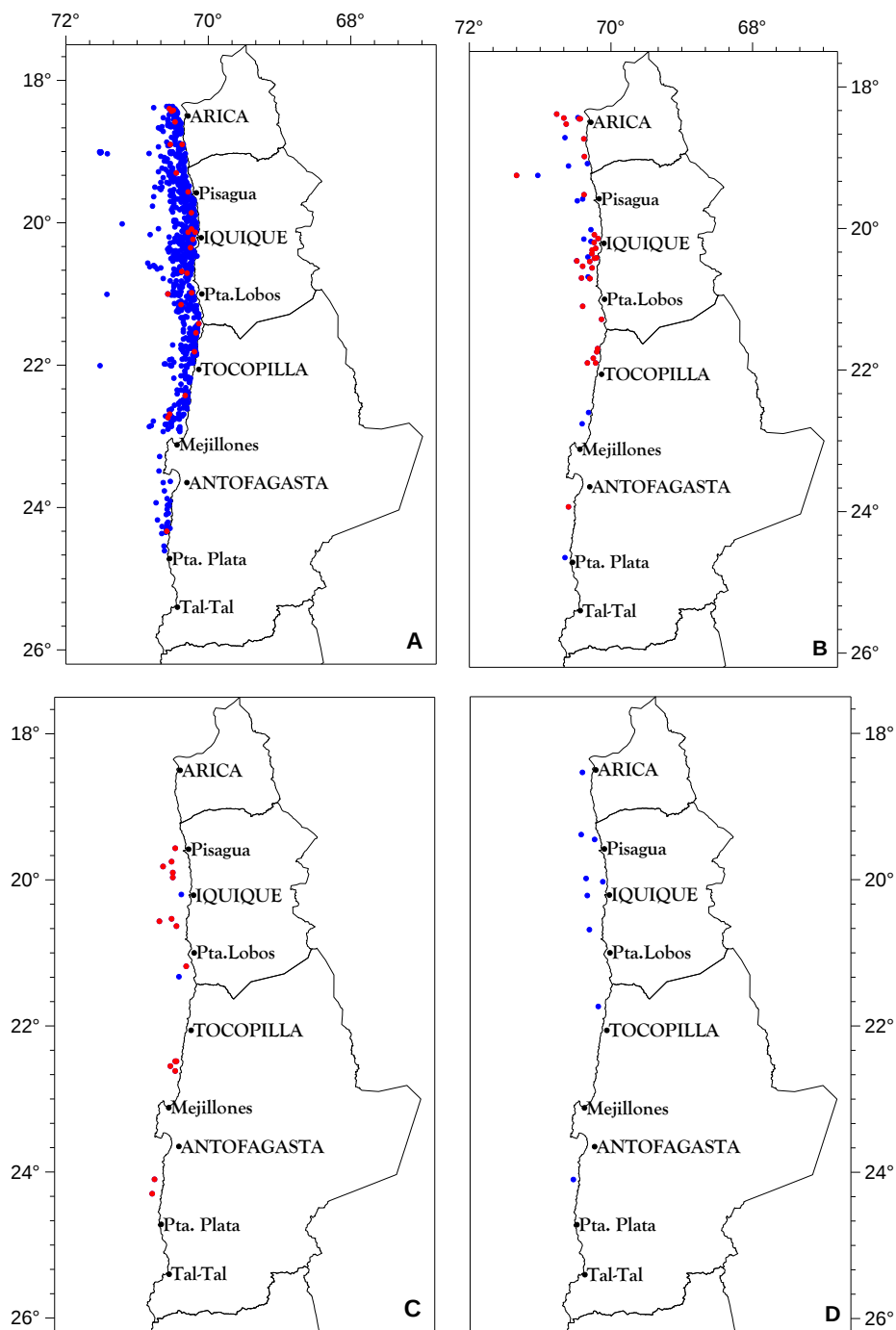


Figura 79. Distribución espacial de los lances con registros de captura (azul) y mortalidad incidental (rojo) realizados por la flota industrial sobre el recurso anchoveta. A) Mamíferos marinos, B) Aves marinas costeras, C) Procelariformes, D) Tortugas marinas



Análisis interanual

El análisis interanual de la captura incidental promedio para las pesquerías que operaron entre la región de AyP a ANTOF, arrojó diferencias significativas en las capturas de mamíferos marinos para todas las pesquerías y cuyas mayores capturas ocurrieron durante el año 2019 en la pesquería Industrial de anchoveta y jurel, mientras que las mayores capturas observadas en la pesquería artesanal de anchoveta ocurrieron el año 2021. En el grupo de las aves costeras se observaron diferencias significativas solo en la pesquería industrial de anchoveta cuyas mayores capturas ocurrieron el año 2020. En el grupo de los procelarifomes se observaron diferencias significativas en la pesquería artesanal e industrial de anchoveta con mayores capturas durante el año 2019 y 2017 respectivamente. En el grupo de los reptiles marinos solo se observaron diferencias significativas en las capturas ocurridas en la pesquería industrial de anchoveta, la cual fue superior en el año 2018 (Tabla 18).

Tabla 18. Captura incidental promedio por grupo de especie ($\pm$ desviación estándar) entre años de estudio, en la flota cerquera que operó entre la Región de AyP y ANTOF. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2017 - 2021. Valores P indican resultados de la Prueba de Kruskal-Wallis para comparar las capturas promedio entre los diferentes años. (AA: Artesanal Anchoveta, IA: Industrial Anchoveta, IJ: Industrial Jurel)

Pesquería	Grupo de especies	Año					Valor P
		2017	2018	2019	2020	2021	
AA	Mamíferos marinos	0,9 $\pm$ (2,7)	1,0 $\pm$ (3,3)	1,0 $\pm$ (2,5)	0,6 $\pm$ (2,1)	1,2 $\pm$ (4,2)	0,037*
IA		0,5 $\pm$ (2,3)	0,9 $\pm$ (2,6)	2,7 $\pm$ (7,9)	1,8 $\pm$ (3,7)	1,9 $\pm$ (7,2)	< 2,2E-16*
IJ		0,05 $\pm$ (0,3)	0,0 $\pm$ (0,0)	2,5 $\pm$ (6,6)	2,3 $\pm$ (3,7)	0,6 $\pm$ (1,7)	< 2,2E-16*
AA	Aves costeras	1,6 $\pm$ (15,9)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,03 $\pm$ (0,2)	0,1 $\pm$ (0,8)	1,1 $\pm$ (1,9)	0,067
IA		1,1 $\pm$ (2,0)	0,01 $\pm$ (0,1)	0,1 $\pm$ (1,3)	1,2 $\pm$ (16,0)	0,02 $\pm$ (0,1)	0,001*
IJ		0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	--
AA	Procelarifomes	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,04 $\pm$ (0,4)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,009*
IA		0,6 $\pm$ (10,2)	0,03 $\pm$ (0,6)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	< 2,2E-16*
IJ		0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	--
AA	Reptiles marinos	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,01 $\pm$ (0,07)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,147
IA		0,001 $\pm$ (0,03)	0,01 $\pm$ (0,07)	0,001 $\pm$ (0,03)	0,003 $\pm$ (0,05)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,001*
IJ		0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	--

*Diferencias significativas



Por tipo de pesquería

El análisis por tipo de pesquería presentó diferencias significativas solo para el grupo de aves marinas costeras, donde la mayor la captura de este grupo se observó en la flota artesanal-anchoveta, sin reportes de captura en la flota industrial-jurel. En el grupo de mamíferos marinos se reportan capturas en todas las pesquerías y cuyas mayores capturas se observaron en la flota industrial-anchoveta. Respecto a reptiles marinos se reportan capturas solo para la pesquería artesanal e industrial cuya especie objetivo era anchoveta (**Tabla 19**).

Tabla 19. Captura incidental promedio por grupo de especie ($\pm$ desviación estándar) entre tipo de pesquería en la flota cerquera que operó entre las regiones de AyP y Antof. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2017-2021. Valores P indican resultados de la Prueba de Kruskal-Wallis usada para comparar la captura entre pesquerías.

Grupo de especies	Pesquería			Valor P
	Anchoveta artesanal	Industrial anchoveta	Industrial jurel	
Mamíferos marinos	0,9 $\pm$ (3,0)	1,5 $\pm$ (5,1)	1,3 $\pm$ (3,7)	0,275
Aves costeras	0,4 $\pm$ (7,0)	0,2 $\pm$ (5,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	< 2,2E-16*
Procelariformes	0,01 $\pm$ (0,2)	0,1 $\pm$ (5,1)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,147
Reptiles marinos	0,001 $\pm$ (0,03)	0,002 $\pm$ (0,04)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,354

*Diferencias significativas

Análisis estacional

El análisis estacional solo arrojó diferencias significativas en la captura incidental promedio en la pesquería industrial de anchoveta para mamíferos, aves costeras y procelariformes. Las mayores capturas de mamíferos marinos y aves marinas costeras se observaron durante el invierno en la pesquería artesanal e industrial de anchoveta. En el grupo de los procelariformes las mayores capturas se observaron en el periodo invierno-primavera en ambas flotas y para el grupo de los reptiles marinos, solo se reportó la captura de un ejemplar de tortuga verde en la flota artesanal durante el otoño 2019, mientras que en la flota industrial se registraron capturas de tortugas durante todo el año, con un leve incremento en la primavera (**Tabla 20**).



Tabla 20. Tasa media de la captura incidental por grupo de especie ($\pm$ desviación estándar), en la flota cerquera industrial que operó sobre el recurso anchoveta en la zona norte. Datos provenientes del registro de observadores científicos en el periodo 2017-2021. Valores P son del test de Kruskal-Wallis para comparar estaciones. (AA: Artesanal anchoveta, IA: Industrial anchoveta)

Pesquería	Grupo de especies	Estación				Valor P
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	
AA	Mamíferos marinos	1,1 $\pm$ (4,0)	0,8 $\pm$ (2,6)	1,1 $\pm$ (2,8)	0,9 $\pm$ (3,4)	0,089
IA		0,7 $\pm$ (2,2)	1,6 $\pm$ (6,6)	2,1 $\pm$ (4,8)	1,0 $\pm$ (3,3)	< 2,2E-16*
AA	Aves marinas costeras	0,0 $\pm$ (0,0)	0,2 $\pm$ (1,8)	1,1 $\pm$ (13,1)	0,02 $\pm$ (0,2)	0,011*
IA		0,01 $\pm$ (0,09)	0,02 $\pm$ (0,2)	0,7 $\pm$ (10,4)	0,04 $\pm$ (0,5)	< 2,2E-16*
AA	Procelariformes	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,03 $\pm$ (0,4)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,163
IA		0,0 $\pm$ (0,0)	0,05 $\pm$ (1,4)	0,06 $\pm$ (1,5)	0,5 $\pm$ (10,3)	0,001*
AA	Reptiles marinos	0,0 $\pm$ (0,0)	0,003 $\pm$ (0,05)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,0 $\pm$ (0,0)	0,627
IA		0,002 $\pm$ (0,04)	0,001 $\pm$ (0,04)	0,002 $\pm$ (0,04)	0,004 $\pm$ (0,06)	0,478

*Diferencias significativas

Interacción de aves, mamíferos y tortugas en la pesquería de cerco

Los mamíferos y aves marinas que interactuaron con las actividades pesqueras de la zona norte, durante el periodo 2017-2021, fueron agrupados según el tipo y momento de interacción. El grupo de los mamíferos marinos estuvo compuesto de 5 especies (2 otáridos y 3 cetáceos), los cuales en su mayoría se encontraban alimentándose de la captura (91%) y en ocasiones también alimentándose de desechos orgánicos (comida, restos de peces). El 3% de estas interacciones resultó en captura incidental y menos del 1% de los animales se observaron chocando con la red de pesca (delfines) o izados a bordo (**Figura 80 A**). Respecto al momento de interacción de los mamíferos marinos, estos mostraron una mayor presencia durante el virado de la red, correspondiente al periodo más extenso del lance, pero en términos generales la presencia de otáridos es permanente durante todo el lance de pesca (desde el calado hasta el término de la succión de la captura) (**Figura 81 A**).

Producto de la interacción de los mamíferos con las actividades pesqueras se contabilizó un total de 424 ejemplares con heridas, las cuales pudieron estar asociados a la actividad de pesca o bien a relaciones intraespecíficas en sus respectivas colonias. Además, en 47 ocasiones se observó un efecto negativo en la faena de pesca debido a la presencia de mamíferos marinos, los cuales provocaron retardos en las maniobras pesqueras, cortes de cuba debido a la imposibilidad de succionar la captura ante la alta presencia de animales en el copo y obstrucción de la yoma asociado a ejemplares juveniles de lobo marino y/o delfines atrapados.

Respecto a la interacción de aves marinas con las operaciones de pesca, las cuales estuvieron representadas por 26 especies (20 de hábitat costero y 6 de hábitat oceánico). Casi la totalidad de las aves observadas se encontraban alimentándose de la captura objetivo o bien de desechos, un 3% de los animales que interactuaron resultaron capturados incidentalmente y menos del 1% correspondió a ejemplares que fueron izados a bordo (pelicanos), chocaron con la embarcación (fardelas negras), o chocaron con el arte de pesca (cormoranes) (**Figura 80 B**). El momento de interacción donde se observó la mayor cantidad de aves fue durante el virado (90%) y calado (9%), solo el 1% de las interacciones correspondió al atrinque (**Figura 81 B**). Esta última interacción no necesariamente implica captura incidental ya que muchas aves se mantienen alrededor de la red alimentándose y suelen avistarse únicamente en ese momento (golondrinas de mar), mientras que otras se mantienen a una distancia considerable de la embarcación (Fardela negra grande, albatros). Producto de la interacción de las aves con las actividades pesqueras se contabilizó un total de 690 ejemplares con heridas de diversa gravedad, muertos o bien cuyas heridas eventualmente les provocarían la muerte. Además, en 5 ocasiones se observó un efecto negativo en la faena de pesca debido a la presencia de aves, las cuales provocaron retardos en las maniobras pesqueras (piqueiros y cormoranes) cortes de cuba debido a la imposibilidad de succionar la captura ante la alta presencia de animales en el copo (pelicanos) y obstrucción de la yoma (gaviotas)

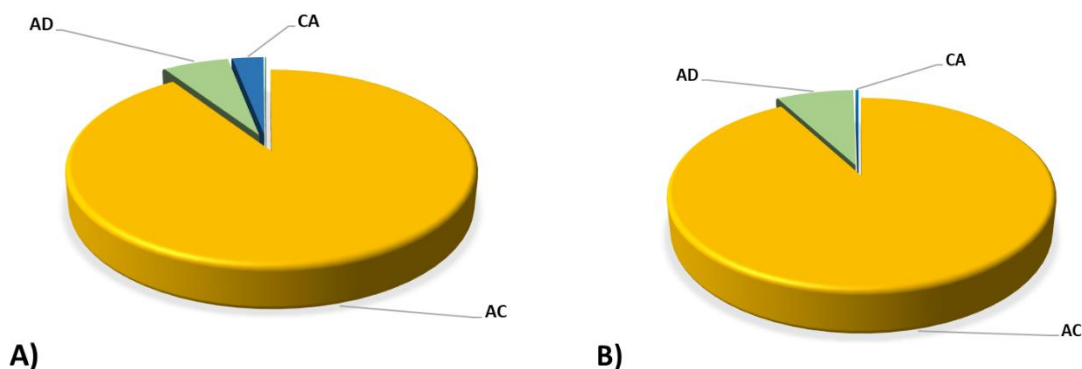


Figura 80. Tipo de interacción de mamíferos (A) y aves marinas (B) con las operaciones de pesca comercial de la flota artesanal e industrial de anchoveta en la zona norte, durante el periodo 2017-2021. AC: Alimentándose de la captura, AD: Alimentándose de desechos, CA: Capturado por el arte.

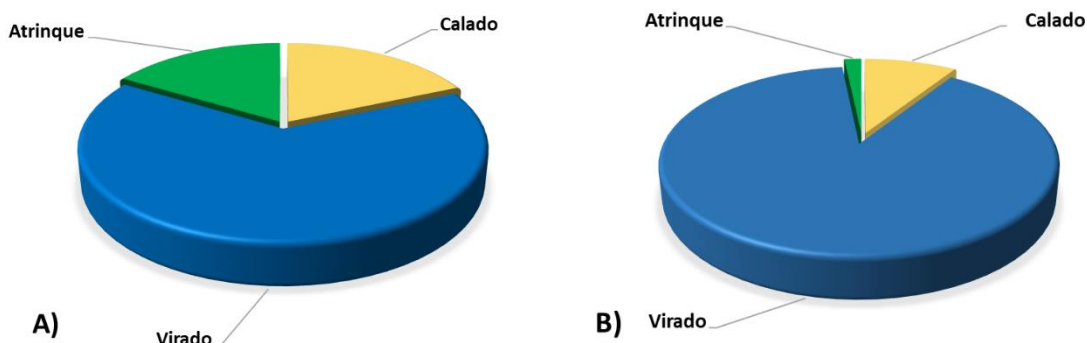


Figura 81. Momento de interacción de mamíferos (A) y aves marinas (B) con las operaciones de pesca comercial de la flota artesanal e industrial de anchoveta en la zona norte, durante el periodo 2017-2021.

Avistamiento de cetáceos

El resumen de los registros de avistamientos de cetáceos durante el periodo 2017-2021 se detallan en la tabla 6 anexa.

Registro de presencia de fauna acompañante

Durante el periodo 2017-2021, se reportó la captura de 20 especies y 6 grupos sin identificar. Los peces teleósteos agruparon el 50% de las especies y grupos identificados y el 25% del total de incidencias, donde el bonito, pez luna y corvina fueron las especies que representaron el 80% de los registros en este grupo. Los condictios agruparon 6 especies y 2 grupos sin identificar, correspondientes al 15% del total de incidencias donde las rayas y el tiburón pejezorro representaron el 80% de las incidencias de este grupo. Los invertebrados agruparon 3 especies y 2 grupos sin identificar y representaron el 60% del total de incidencias, determinado principalmente por el langostino enano y medusas (**Tabla 21, Figura 82 y Figura 83**)



Tabla 21. Listado de especies que componen la fauna acompañante registradas como presencia a bordo de la pesquería industrial de anchoveta en la zona norte, en el periodo 2017-2021. FI: Frecuencia de Incidencia, FO (%): Frecuencia de ocurrencia. Datos provenientes de 3.431 lances de pesca.

Pesquería	Grupo	Nombre Científico	Nombre común	FI	FO (%)
Industrial Anchoveta Zona norte	Teleósteos	<i>Sarda chiliensis</i>	Bonito	68	1,98
		<i>chiliensis</i>			
		<i>Mola mola</i>	Pez Luna	33	0,96
		<i>Cilus gilberti</i>	Corvina	30	0,87
		<i>Scomberesox saurus</i>	Agujilla	7	0,20
		<i>Tetrapturus audax</i>	Marlín rayado	7	0,20
		<i>Seriola lalandi</i>	Vidriola	3	0,09
		<i>Istiophoridae</i>	Marlín sin identificar	3	0,09
		<i>Vinciguerria sp</i>	Pez linterna	3	0,09
		<i>Thunnus albacares</i>	Atún aleta amarilla	3	0,09
		<i>Coryphaena hippurus</i>	Dorado de altura	2	0,06
		<i>Xiphias gladius</i>	Pez espada	2	0,06
		--	Pez volador sin identificar	2	0,06
		<i>Normanichthys crockeri</i>	Mote	1	0,03
	Condriictios	Rajidae	Raya Sin identificar	47	1,37
		<i>Alopias vulpinus</i>	Tiburón pejezorro	32	0,93
		<i>Prionace glauca</i>	Tiburón azulejo	5	0,15
		--	Tiburón sin identificar	5	0,15
		<i>Sphyrna zygaena</i>	Tiburón martillo	4	0,12
		<i>Mustelus mento</i>	Tollo común	4	0,12
		<i>Myliobatis chilensis</i>	Raya chilena	3	0,09
		<i>Isirus oxyrinchus</i>	Tiburón marrajo	1	0,03
	Invertebrados	<i>Pleuconcodes monodon</i>	Langostino enano	207	6,03
		Scyphozoa	Medusas	141	4,11
		<i>Dosidicus gigas</i>	Jibia	28	0,82
		--	Salpas	10	0,29
		<i>Loligo gahi</i>	Calamar	8	0,23

FO% = FI / N° lances observados

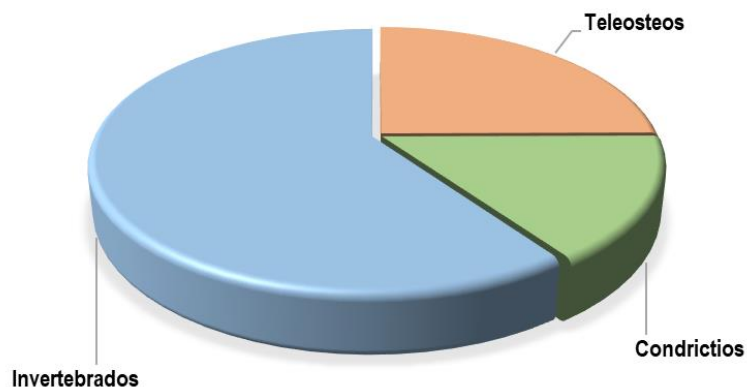


Figura 82. Proporción de la presencia de los grupos que componen la fauna acompañante en la pesquería industrial de anchoveta norte durante el periodo 2017-2021

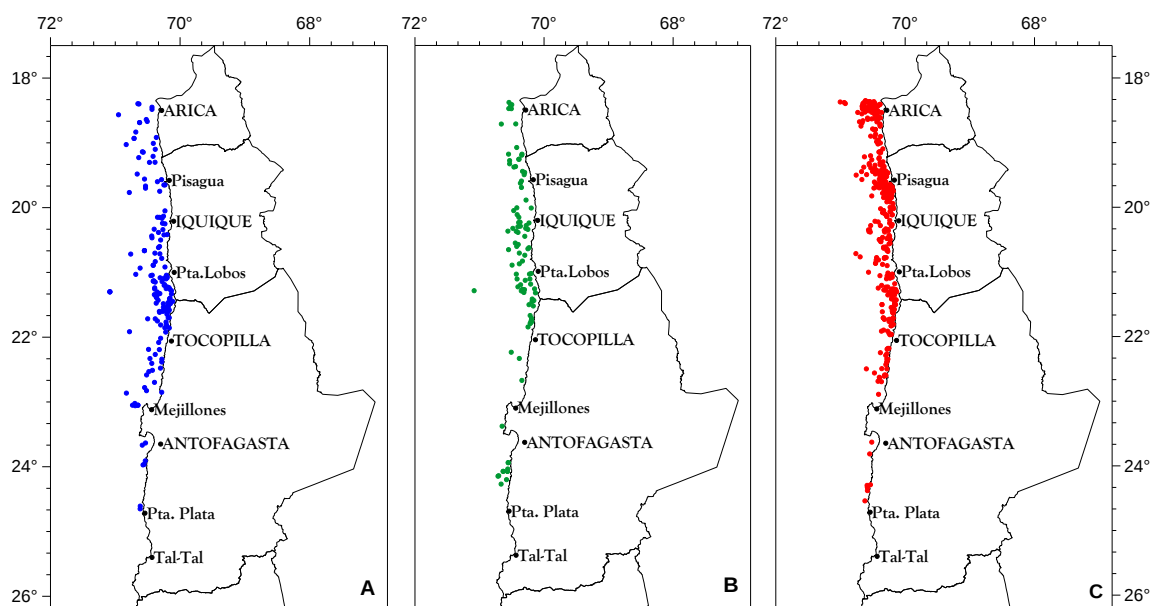


Figura 83. Distribución espacial de los lances con registro de presencia de fauna acompañante a bordo de la pesquería industrial de anchoveta norte, durante el periodo 2017-2021. A) Teleósteos, B) Condrictios, C) Invertebrados.



4.4 Objetivos específico 3.2.4. 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 recolección 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 norte.

Durante el segundo semestre del 2022, se analizará en conjunto con Subpesca la información entregada el 2021 donde se determinó cambios en los procesos de desove y reclutamiento con el propósito de asesorar oportunamente a la Subpesca.

Con la entrega del informe 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) Integración de la información de la pesquería de jurel y caballa de las regiones de Arica y Parinacota a Coquimbo. 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 partir del 2018 se inició la estandarización metodológica en la recopilación de datos a bordo de las embarcaciones pesqueras entre los programas de seguimiento y descarte de la zona norte. A través de talleres se implementó que los OC de ambos proyectos realicen las mismas actividades con los criterios establecidos. Se contempla continuar con los talleres metodológicos para asegurar la estandarización en la recopilación debido a la rotación de los OC. Los talleres se vieron afectados el año 2020 por el tema de la pandemia no pudiendo realizarse actividades en terreno.



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

c) Reducción de la talla de anchoveta

Frente al actual escenario de la pesquería de anchoveta de la zona norte de Chile, caracterizado por la reducción en la proporción de ejemplares mayores a 16,0 cm LT y la mayor presencia de ejemplares juveniles ($\leq 11,5$ cm) sumado a una reducción de la talla media de la población a partir de 2015. Creemos necesario identificar los factores que han gatillado y conducen estos cambios demográficos de la población, que están impactando fuertemente procesos como el reclutamiento, la reproducción, el crecimiento, entre otros. En este sentido, se realizó un taller binacional entre Perú y Chile, donde se abordó la disminución de la talla en la anchoveta entre otros temas, estableciendo brechas de investigación para el stock compartido entre el sur del Perú y norte de Chile (**Anexo 7**).

Una de las hipótesis con mayor aceptación entre los investigadores, dice relación con cambios en el hábitat asociados con una menor abundancia, composición (fitoplancton y zooplancton) y tamaño del alimento, cuyo efecto es modulado por el crecimiento, el cual podría haber disminuido en alguna etapa de desarrollo ontogenético de la anchoveta. Otro factor que podría disminuir el crecimiento en la fase de adulto es el aumento de la temperatura en la zona, la cual registra desde 2009 a 2017 una tendencia positiva (Hernández-Santoro *et al.*, 2019b). Al respecto, el aumento de la temperatura incrementa el consumo de oxígeno para mantener el metabolismo basal, demanda que no puede ser satisfecha (superficie de intercambio de gases aumenta directamente con la longitud del pez), con lo cual, los peces sacrifican crecimiento para mantener su metabolismo (Pauly & Cheung, 2017). En esta línea se plantean algunas hipótesis:

Hipótesis 1

El menor crecimiento en alguna de las etapas de desarrollo ontogenético provoca una disminución en la talla media de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte de Chile.

Hipótesis 2

La tasa de crecimiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte de Chile depende de los cambios en la abundancia, tamaño y composición de sus presas.

Hipótesis 3

El aumento de la temperatura del mar provoca una disminución del crecimiento en alguna de las etapas de desarrollo ontogenético de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte de Chile.

Para avanzar a entender los factores que influyen la disminución de la talla media se propone lo siguiente:



- Analizar la información de crecimiento de juveniles disponibles hasta 2020.
- Analizar los datos de temperatura superficial del mar.
- Relacionar el patrón de crecimiento con la temperatura.
- Analizar las variaciones temporales de fitoplancton y zooplancton disponible en el proyecto RECLAN.
- Analizar las variaciones temporales de la abundancia y biovolumen de zooplancton de las series mensuales de tres estaciones fijas de la zona norte de Chile disponible en el proyecto MOBIO-MPH.
- 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 (Seguimiento norte).

Es necesario destacar, que la propuesta planteada, no es suficiente para el desarrollo de las hipótesis expuestas, siendo necesario realizar en el largo plazo otros análisis los cuales por varios motivos (financiamiento, insuficientes HH disponibles y pandemia) no pueden ser abordados actualmente como, por ejemplo:

- Realizar lecturas de anillos diario de adultos de anchoveta. El avance de esta tarea se proyecta a través de subcontratos.
- Reanalizar muestras de MPH para determinar la composición y tamaño del zooplancton. Para esta labor se necesita levantar un proyecto de largo aliento.
- Recopilar información de composición y tamaño de fitoplancton y zooplancton.
- Analizar las variaciones temporales de la abundancia, estructura de tamaño y biomasa del zooplancton de las series mensuales de tres estaciones fijas de la zona norte de Chile disponible en el proyecto MOBIO-MPH



5. DISCUSIÓN

Los resultados indican que las capturas de anchoveta presentan a partir del año 1986, dos puntos de quiebre marcando dos periodos, el primero entre 1996 -2005 donde las capturas promedian las 900 mil t, el segundo periodo entre 2006 a la fecha reportó tendencia decreciente, destacando el año 2019 como uno de los años con menores capturas después del 2016. Estos cambios en los niveles de captura del sistema podrían estar relacionados con la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO). El efecto desfavorable para la anchoveta podría aumentar debido al cambio a una fase cálida del PDO esperado entre 2025-2030, sumando el efecto del cambio climático el cual podría aumentar la temperatura más rápido en relación a la fase fría donde el efecto se describe más lento (Chen *et al.*, 2016). Si bien, esta tendencia negativa en las capturas de mantiene, se observa una recuperación en las capturas, la cual es relativa, debido a que este aumento está relacionado con capturas de ejemplares de tallas menores a 12,0 cm LT las que representan en promedio el 40%, provenientes de dos pulsos uno principal en verano y otro secundario en otoño-invierno.

La anchoveta en la zona norte presenta a partir del año 2014, una distribución más costera y un leve desplazamiento hacia la parte sur del área. 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.

A partir del año 2008 la anchoveta registra una disminución de la talla media y una reducción en la proporción de ejemplares mayores a 16,5 cm LT y mayor presencia de ejemplares juveniles durante gran parte del año. Si bien la reducción de la talla media podría estar relacionado principalmente con el predominio de individuos de baja talla, su disminución podría estar relacionado con un menor crecimiento en alguna etapa de su desarrollo debido al aumento de la temperatura. Al respecto, el aumento en la tendencia de la temperatura evidenciado desde el 2009 (Hernández-Santoro *et al.*, 2019b), podría tener tanto un efecto directo como uno indirecto en la disminución de la talla media. Un efecto directo, debido a que el aumento de la temperatura disminuye el oxígeno en el mar, al mismo tiempo que los peces aceleran su metabolismo al aumentar la demanda de oxígeno por stress. Por otro lado, a medida que los peces aumentan de tamaño, también lo hace la demanda de oxígeno, pero la superficie de intercambio de gases de las branquias no crece al mismo ritmo, por lo que los peces dejan de crecer y disminuyen de tamaño debido a la falta de oxígeno (Pauly & Cheung, 2018; Pauly, 2010; Pauly & Cheung, 2017). Por otro lado, el efecto indirecto es debido a la disminución de la surgencia con efectos en la producción primaria y composición y tamaño del fitoplancton y zooplancton lo que podría provocar una escasez de alimentos para la anchoveta juvenil y adulta, reduciendo su condición corporal y la tasa de crecimiento debido a un control ecológico de abajo hacia arriba ("bottom up"). Un caso similar se ha descrito para la sardina (*Sardina pilchardus*) y la anchoa (*Engraulis encrasicolus*) en el Golfo León, donde la disminución del mesozooplancton redujo el crecimiento de los pelágicos (Brosset *et al.*, 2015). Además, los cambios en la temperatura del agua de mar influyeron



en un cambio en la disponibilidad de presas y en la fenología de las sardinas (*Sardina pilchardus*) a lo largo de la costa portuguesa (Rosa *et al.*, 2010).

La anchoveta de la zona norte presentó cambios en su comportamiento reproductivo, con tendencia en años recientes al desfase en el inicio de la actividad reproductiva, y con máximos que se centran hacia la primavera. En la estacionalidad reproductiva de los peces intervienen factores intrínsecos y exógenos, donde la temperatura cumple un rol clave en la sincronización del periodo y en la regulación endocrina de la gametogénesis (Munro *et al.*, 1990; Kjesbu, 1994; Wright y Trippel, 2009). Se ha descrito que esta especie es altamente sensible a la variabilidad ambiental, y que en condiciones adversas tiene la plasticidad de modificar su comportamiento reproductivo (Ñiquen *et al.*, 1999; Swartzman *et al.*, 2008; Claramunt *et al.*, 2014). Algunos reportes señalan que en condiciones de fase cálida de ENSO, la anchoveta responde con un proceso reproductivo de corta duración y menos intenso, con un retraso en su inicio (Buitrón y Perea, 2000; Perea *et al.*, 2015; Böhm *et al.*, 2019; Hernández-Santoro *et al.*, 2019). Otros estudios señalan repercusiones en los aspectos biológicos modulados por cambios de régimen, en la duración y tipos de ciclo reproductivos (Mori *et al.*, 2011; Claramunt *et al.*, 2014; Contreras-Reyes *et al.*, 2016; Canales *et al.*, 2018). Mientras tanto, en el Golfo de Alaska para el abadejo de lucioperca (*Gadus calcarogrammus*), la temporada de desove comenzó antes y duró más, asociada con un aumento de la temperatura (Rogers & Dougherty, 2019).

Otro aspecto que se desprende del monitoreo de la pesquería pelágica de la zona norte son cambios en la estructura poblacional de la anchoveta, y en la proporción del efectivo reproductor. Los datos dan cuenta del predominio, a partir de 2015, de ejemplares entre 12,0 y 13,5 cm, a la vez que, disminuye la proporción de tamaños entre 14,0 y 15,5 cm, mientras que, la presencia de hembras mayores a 15,5 cm es escasa o nula (Hernández-Santoro *et al.*, 2019a). Conjuntamente, se observa una mayor participación de individuos en el área de la pesquería de tamaños bajo 12,0 cm. Los antecedentes indican que el potencial reproductivo estaría sostenido mayormente por anchoveta de menores longitudes, con edades de menos de un año (Cerna y Plaza, 2016). Estos cambios en la estructura demográfica serían determinantes en la variabilidad de la estacionalidad de desove de la anchoveta, como es descrito para poblaciones de peces (Wright y Trippel, 2009). En pequeños pelágicos, como la anchoveta, los sucesos reproductivos son tamaño dependiente (Claramunt *et al.*, 2007). En anchoveta, la estación de desove estaría mediado por la estructura de longitud, incrementando la amplitud y duración con el tamaño de las hembras (Cubillos y Claramunt, 2009). En este año, la incidencia de hembras de mayor tamaño (grupos 14,0-15,5 cm; 16,0-17,5 cm), en muestreos no costeros a fines de junio y en julio, que evidenciaron una mayor actividad ovárica, influyó en el adelantamiento del inicio del periodo reproductivo, respecto a los últimos años. La dependencia de los parámetros reproductivos con el tamaño corporal es ampliamente descrita (p. ej. Lambert, 1987; Lambert *et al.*, 2003; Marshall *et al.*, 1998; Brosset *et al.*, 2016; Barneche *et al.*, 2018).

Desde 2015, la proporción de ejemplares juveniles de anchoveta incrementó en el área de la pesquería de la zona norte. Los indicadores gonadales revelaron una mayor frecuencia de hembras menores a 12,0 cm participando del proceso reproductivo, reflejando la maduración más temprana de la anchoveta. El factor temperatura puede afectar la tasa de crecimiento y la maduración sexual en peces (Heino *et al.*, 2002). Así, el incremento del régimen de temperatura puede conducir a la disminución de la talla y edad de madurez, como fue reportado en la anchoveta japonesa, *Engraulis japonicus*



(Yoneda *et al.*, 2015). Anomalías térmicas positivas afectaron la costa del norte de Chile en 2015-2016, causada por la presencia del evento ENSO (CIIFEN 2017; Hernández-Santoro *et al.*, 2019b), lo que sugiere pudo acelerar la maduración sexual de juveniles de anchoveta. Este efecto ha sido reportado para pequeños pelágicos (Torrejón-Magallanes *et al.*, 2017).

Los reportes de la madurez a la talla (L50) en anchoveta de la zona norte indican valores en torno a 11,0 y 12,0 cm entre 1999 y 2018 (Martínez *et al.*, 2008; Böhm *et al.*, 2015; Böhm *et al.*, 2019). El estimado más reciente para el 2020 reveló la disminución de la L50 a 9,3 cm, equivalente a una edad de madurez en torno a los 5 meses y el 100% de la población está madura a los 6 meses de edad. Este año, el parámetro varió positivamente (10,1 cm), pero se mantiene bajo los estimados hasta 2018, evidenciando en años recientes cambios en la proporción de maduros a la talla, con desplazamiento hacia tamaños menores y consecuente disminución del parámetro. Cambios en rasgos de historia de recursos, como la talla/edad de madurez, se relacionan con respuesta compensatoria denso-dependiente, debido a cambios en el crecimiento, o una respuesta evolutiva por truncamiento de la estructura de tallas por intensa presión pesquera (Engelhard y Heino, 2004; Rochet, 2009). Probablemente, los cambios en la estructura poblacional de la anchoveta en la última década, con el decrecimiento de los tamaños parentales y la talla de madurez, esté relacionando con un mayor crecimiento asociado con las condiciones ambientales favorables de temperatura y/o alimento en que se desarrollaron los primeros estadios de anchoveta. Al respecto, recientemente en la zona se ha reportado un mayor crecimiento explicado principalmente por mayores temperaturas por sobre la productividad del sistema (Cerna *et al.*, 2022).

La estimación de madurez histológica en el presente estudio mostró para el 2020 que en ambos socck (norte y centro norte) el 50% de la población de anchoveta está madura antes de 4,6 meses y el 100% de la población está madura a los 6 meses de edad en la macrozona Arica-Antofagasta. Lo anterior, deja en evidencia que toda la población de este recurso, está madura a los 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. El resultado del presente año fue similar al registrado el 2020, en que en la macrozona Arica-Antofagasta la edad media de madurez fue de 4,8 meses. Aunque no existe información disponible sobre edad media de madurez en engraulidos, en términos de la talla media de madurez de *Engraulis 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 *Engraulis 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).

Los cambios en el proceso reproductivo de la anchoveta debido a los cambios demográficos registrados en la zona norte asociados con la reducción de ejemplares mayores a 16,0 cm y una mayor actividad ovárica de ejemplares entre los 12,0-13,5 cm de LT desde el año 2014, reportando, una menor intensidad y duración del proceso de desove durante el periodo principal sumado a una mayor frecuencia en los desoves de verano, ha evidenciado repercusiones en el proceso de reclutamiento, el que se traduce en un cambio estacional en la mayor presencia de juveniles en el área, pasando de un patrón de mayor intensidad de reclutas entre noviembre a marzo para la serie 2000-2009 y 2010-



2014 con los mayores reclutamientos entre enero y abril, a un patrón con dos pulsos de reclutamiento, el principal de diciembre a abril y un pulso secundario de julio a octubre con alta variabilidad interanual. Lo anterior podría estar relacionado con la dependencia a las características hidrográficas que tiene los primeros estadios de vida con áreas de desove o zonas de retención, y que son determinantes de la fuerza del reclutamiento, condiciones de temperatura y/o alimento que podrían impactar positivamente en el crecimiento (Cury & Pauly, 2000; Claramunt *et al.*, 2022; Cerna *et al.*, 2022), dando lugar a un mayor contingente de individuos juveniles. Esta situación que, de ser anómala, paso a ser habitual en la zona norte, dando cuenta de la alta plasticidad y dependencia a las fluctuaciones ambientales de la especie (Espinoza & Bertrand, 2008; Ganoza *et al.*, 2000; Chávez *et al.*, 2008; Alheit y Niquen, 2004), así como a los procesos físicos de meso-escala (e.g surgencias costeras, frentes y remolinos) en combinación con los factores químicos y biológicos propios del medio. En este sentido, la mayor productividad del sistema asociado con un aumento en la intensidad de los vientos favorables a la surgencia (Weidberg *et al.*, 2020), aportando mayor cantidad de nutrientes que podrían ser favorables para la anchoveta (Roy *et al.*, 1992; Cubillos *et al.*, 2001). Por otro lado, el desfase en las mayores correlaciones entre los eventos de desove y reclutamiento de 5 a 6 meses, podría estar relacionado con crecimiento rápido descrito para esta especie durante su primer año de vida, donde los reclutas de entre 11,0 y 12,0 cm de longitud total tendrían entre 4 y 5 meses de edad (Plaza y Cerna, 2015).

La anchoveta registra una tendencia a la baja en el factor de condición y el peso medio. Esta disminución podría ser explicada como consecuencia del aumento de la temperatura. El aumento de temperatura registrado a partir del 2009, podría provocar escasez de alimentos para la anchoa juvenil y adulta, reduciendo su condición corporal y la tasa de crecimiento debido a un control de abajo hacia arriba. Por otro lado, la actividad pesquera ha removido los ejemplares de mayor tamaño, concentrando en la actualidad su operación principalmente en ejemplares de tamaños menores a 12,0 cm LT los cuales sobrepasan el 50% en las capturas.

La alta captura de otáridos en comparación al resto de las especies, estaría asociado con su amplia distribución en la costa chilena, donde se estiman cerca de 59 loberas y unos 62.000 ejemplares entre las regiones de AyP y ANTOF (Bartheld *et al.* 2008), a sus hábitos tróficos y a la facilidad de alimentarse en las operaciones pesqueras (Sielfeld, 1999; Arias-Schreiber, 2003). El patrón estacional es concordante con lo descrito por Sepúlveda *et al.* 2007 y Sepúlveda & Oliva 2005, donde reportan una mayor interacción de otáridos con la actividad de pesca durante la época no reproductiva (desde abril a diciembre), ya que en época reproductiva (enero a marzo), los machos adultos y subadultos permanecen en las loberas sin alejarse mucho de las loberas. Sin embargo, se observa un incremento en la captura de otáridos durante el verano en la flota artesanal, lo cual podría estar relacionado con la prohibición de la flota industrial de perforar dentro de las primeras 5 millas, provocando que los lobos interactúen mayormente con la flota más cercana a sus loberas. Su baja mortalidad, por otro lado, respondería a la gran adaptabilidad frente a las maniobras pesqueras, pudiendo entrar y salir de la red con facilidad, soportar el hacinamiento y esquivar la yoma si llegan a ser afectados. Caso contrario ocurre con los cetáceos, los cuales no tienen la capacidad de escapar de la red una vez que el cerco se encuentra cerrado y son más susceptibles a estrés provocado por el encierro, afectando su ritmo cardíaco, presión sanguínea, sistema inmunológico y actividad gastrointestinal, daño muscular



(Turnbull & Cowan, 1998; Ugaz *et.al.*, 2013) o hacerlos vulnerables a la presencia de patógenos (Romano, 1993).

Respecto a las interacciones de aves con la pesquería, se reportaron 22 especies presentes en actividades de pesca en el periodo de estudio, ya que todas tienen a la anchoveta como parte de su dieta, pero solo 11 de ellas resultaron capturadas incidentalmente. El incremento de los reportes de captura y mortalidad de aves marinas en los periodos fríos, estaría asociado a una mayor presencia de especies como el piquero, cormoranes y fardelas, debido a conductas o periodo reproductivos (Prado, 2008). Sin embargo, no se han reportado capturas de fardelas durante los últimos 2 años.

La captura incidental de tortugas corresponde a eventos de baja incidencia, sin presentar un patrón espacio-temporal claro y sin reportes de mortalidad. Esto último debido a que las tortugas no permanecen sumergidas durante el virado de la red, lo cual es un factor importante considerando que estos animales deben mantener un contacto frecuente entre océano-atmósfera para regular sus procesos vitales (Bentivegna *et al.*, 2003) y al hecho de que la tripulación generalmente busca minimizar el daño o mortalidad, ya sea por la presencia de las cámaras, por el status de conservación de las tortugas o por la creencia popular de que el daño hacia estos animales estaría asociado a una mala pesca.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arancibia, H., Cubillos, L.A., Acuña, E. 2005. Annual growth and age composition of the squat lobster *Cervimunida johni* off northern-central Chile (1996-97). *Scientia Marina* 69(1), 113-122.
- Angulo, J., Díaz, E., Grendi, C., Pizarro, M., Bustamante, A., Cifuentes, U., et al. (2019). Condiciones Bio-oceanográficas y Evaluación del stock desovante de anchoveta entre la XV y II Regiones, año 2018. Informe Final. Convenio de desempeño 2018. Instituto de Fomento Pesquero.
- 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 Peru. M.Sc. Thesis, Faculty of Biology and Chemistry, University of Bremen, Bremen, 59 p.
- Alheit, J., Niquen, M., 2004. Regime shifts in the Humboldt current ecosystem. *Prog.Oceanogr.* 60, 201–222.
- Bakun, A. 1989. Recruitment in fishery resources and its relationship to environment: accesible pathways to greater insight. *Pacífico Sur*, Número Especial, 25-34 pp.
- Bonicelli, J., Grendi, C., Bustamante, A., Cifuentes, U., Osorio, F., Cornejo, M., et al. (2020). Condiciones bio-oceanográficas y evaluación del stock desovante de anchoveta entre las regiones de Arica y Parinacota, y Antofagasta, año 2019 (Informe Final. Convenio Desempeño 2019. Subsecretaría Economía y EMT). Instituto de Fomento Pesquero.
- Bonicelli, J., Grendi, C., Cifuentes, U., Osorio, F., Berger, T., Bustamante, A., et al. (2021). Condiciones bio-oceanográficas y evaluación del stock desovante de anchoveta entre las regiones de Arica y Parinacota, y Antofagasta, año 2020 (Informe Final. Convenio Desempeño 2020. Subsecretaría Economía y EMT). Instituto de Fomento Pesquero.
- Bonicelli, J., Grendi, C., Cifuentes, U., Osorio, F., Berger, T., Bustamante, A., Díaz, E., et al. (2022). Condiciones bio-oceanográficas y evaluación del stock desovante de anchoveta entre las regiones de Arica y Parinacota, y Antofagasta, año 2021 (Informe de avance. Convenio Desempeño 2021. Subsecretaría Economía y EMT). Instituto de Fomento Pesquero.
- Bentivegna, F., Hochscheid, S., y Minucci, C. 2003. Seasonal variability in voluntary dive duration of the Mediterranean loggerhead turtle, *Caretta caretta*. *Scientia Marina*, 67(3), 371-375.
- Barneche, D. R., D. Ross Robertson, C. R. White and D. Marshall. 2018. Fish reproductive-energy output increases disproportionately with +body size. *Science* 360, 642-645.
- 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, G., C. Hernández, E. Díaz, G. Pérez, R. Ojeda, F. Cerna, M. Gómez, M. Pizarro, T. Berguer, A. Bustamante, R. Aravena, G. Muñoz y C. Gaspar. 2021. Convenio I: Asesoría Integral para



- la Pesca y Acuicultura. Convenio de Desempeño. Programa Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte, 2020. Informe de Final. Convenio Subsecretaría de Economía y EMT – IFOP, 148 p + Anexos.
- Böhm, G., C. Hernández, G. Pérez, E. Díaz, M. Lichtenberg, R. Ojeda, F. Cerna, C. Valero, M. Gómez, C. Machuca, L. Muñoz, M. Pizarro, R. Aravena, G. Muñoz, C. Gaspar y O. Yáñez. 2019. Convenio I: Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2018. Convenio de Desempeño. Programa Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas de la Zona Norte de Chile, XV-IV Regiones, año 2018. Informe de Final. Convenio Subsecretaría de Economía y EMT – IFOP, 228 p + Anexos.
- Böhm, G., C. Hernández, G. Pérez, E. Díaz, F. Cerna, C. Valero, C. Machuca, L. Muñoz, H. Reyes, U. Cifuentes, J. Letelier, R. Aravena, M. Troncoso, C. Gaspar y Z. Young. 2015. Convenio I: Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2014. Convenio de Desempeño. Programa Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte, 2014, Informe de Final. Convenio Subsecretaría de Economía y EMT – IFOP, 289 p + Anexos.
- Brosset, P., F. Menard, J-M. Fromentin, S. Bonhommeau, C. Ulses, J-H. Bourdeix, J-L. Bigot, E. Van Beveren, D. Ross and C. Saraux. 2015. Influence of environmental variability and age on the body condition of small pelagic fish in the Gulf of Lions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 529: 219-231.
- Brosset, P., J. Lloret, M. Muñoz, C. Fauvel, E. Van Bereven, V. marques, J.M. Froentin, F. Ménard and C. Saraux. 2016. Body reserves mediate trade-offs between life-history traits: new insights from small pelagic fish reproduction. *Royal Society Open Science*. 3: 160202.
- Buitrón, B. y A. Perea. 2000. Aspectos reproductivos de la anchoveta peruana durante el período 1992-2000. *Bol. Inst. Mar Perú* 19: 45-53.
- Canales, C., N. Adasme, L. Cubillos, M.J. Cuevas and N. Sánchez. 2018. Long-time spatio-temporal variations in anchovy (*Engraulis ringens*) biological traits off northern Chile: an adaptive response to long-term environmental change?. *ICES Journal of Marine Science*, 75(6), 1908-1923.
- Cahuin, S.M., L.A. Cubillos, R. Escribano, J.L. Blanco, M. Ñiquen and R. Serra. 2013. Sensitivity of recruitment rates anchovy (*Engraulis ringens*) to environmental changes in Southern Peru – Northern Chile. *Environmental Development* 7: 88-101.
- 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.
- Cerna, F. and G. Plaza. 2016. Daily growth patterns of juveniles and adults of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) in northern Chile. *Marine and Freshwater Research*.
- CIIFEN 2017. El Niño 2015-16: evolución, vulnerabilidad e impactos en Latinoamérica, p1-38.
- Correa-Ramirez, M.A., Hormazabal, S.E., & Morales, C.E. 2012. Spatial patterns of annual and interannual surface chlorophyll-a variability in the Peru–Chile Current System. *Progress*



in Oceanography, 92–95(0), 8–17.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2011.07.008>.

- Chávez, F., J. Ryan, S. Lluch-Cota and M. Niquen. 2003. From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. *Review. Science*, 299(5604): 217-221.
- Checkley, D.M.J., P. Ayon, T. Baumgartner, M. Bernal, J.C. Coetzee, R. Emmett, R. Guevara-Carrasco, L. Hutchings, L. Ibaibarriaga, H. Nakata, Y. Oozeki, B. Planque, J. Schweigert, Y. Stratoudakis and C.D. Van der Lingen. 2009. Habitats. In: Checkley, D., J. Alheit, Y. Oozeki and C. Roy (eds.), *Climate Change and Small Pelagic Fish*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 12-44.
- Chen, D., H. J. Wang, S. Yang and Y. Gao. 2016. A multidecadal oscillation in the northeastern Pacific. *Atmospheric and Oceanic Science Letters* 9, 315-326.
- Pauly, D., Cheung, W.W.L., 2017. Sound physiological knowledge and principles in modelling shrinking of fishes under climate change. *Glob. Chang. Biol.* 24, e15–e26. <https://doi.org/10.1111/gcb.13831>.
- Chirichigno, N. y J. Vélez. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú (2da edición). Pub. Esp. Inst. Mar Perú. 500 p.
- Claramunt, G., L. Cubillos, L. Castro, C. Hernández and M. Arteaga. 2014. Variation in the spawning periods of *Engraulis ringens* and *Strangomera bentincki* off the coasts of Chile: A quantitative analysis. *Fisheries Research*, 160, 96-102.
- Claramunt, G. R. Serra, L.R. Castro and L. Cubillos. 2007. Is the spawning frequency dependent on female size? Empirical evidence in *Sardinops sagax* and *Engraulis ringens* off northern Chile. *Fisheries Research* 85: 248-257.
- Claramunt, G. A. Araya, L.R. Castro, L. Herrera, M. Landaeta, M. Medina, G. Plaza, E. Santander, S. Vásquez et al., 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. *FIPA* 2018-34: 391 pp.
- Contreras-Reyes, J., T.M. Canales and P.M. Rojas. 2016. Influence of climate variability on anchovy reproductive timing off northern Chile. *Journal of Marine Systems* 164, 67-75.
- Cubillos, L. and G. Claramunt. 2009. Length-structured analysis of the reproductive season of anchovy and common sardine off central southern Chile. *Marine Biology* 156: 1673-1680.
- Cubillos, L., Arcos, D., Canales, M., Bucarey, D., 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile. A consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? *Aquat. Living. Resour.* 14, 115–124.
- Cury P, & D Pauly. 2000. Patterns and propensities in reproduction and growth of marine fishes. *Ecological Research*, 15(1): 101-106.
- Díaz, E., G. Böhm, C. Hernández y C. Bernal. 2013. Determinación del período reproductivo y máxima intensidad de desove (MID) de la anchoveta en la Zona Norte. Informe Coyuntural. Convenio Asesoría Integral para la Toma de Decisiones en Pesca y Acuicultura, 2013.



Proyecto 1.10: Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte.
Subsecretaría de Economía / Junio-2013.

- Engelhard, G. y M. Heino. 2004. Maturity changes in Norwegian spring-spawning herring *Clupea harengus*: compensatory or evolutionary responses? *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 272: 245-256.
- Espinoza, P. & Bertrand, A. 2008. Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current system. *Progress in Oceanography* 79 (2008) 215–227.
- Furness, R. W. 1978. Energy requirements of seabird communities: a Bioenergetics model. *Journal of Animal Ecology* 47: 39-53.
- Funamoto, T., Aoki, I., Wada, Y. 2004. Reproductive characteristics of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in two bays of Japan. *Fisheries research*, 70(1): 71-81.
- Ganoza, F., P. Castillo, and D. Marín. 2000. Variaciones estacionales en la distribución y biomasa de anchoveta entre 1983 y 2000. *Boletín Instituto del Mar. Perú* 19:157-178.
- Gómez, F. 2007. Variabilidad ambiental y pequeños pelágicos de la zona norte y centro-sur de Chile. Tesis Magister en Ciencias, mención Pesquerías. Universidad de Concepción, 90 p.
- 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.
- Hernández-Santoro, C., J. Contreras y M. Landaeta. 2019b. Intra-seasonal variability of sea surface temperature influences phenological decoupling in anchovy (*Engraulis ringens*). *Journal of Sea Research*. *Journal of Sea Research* 152.
- Hernández, C., G. Pérez, E. Díaz y G. Böhm. 2013. Análisis de indicadores macro y microscópicos para establecer el período de máxima intensidad de desove de la anchoveta *Engraulis ringens* en la zona norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol. 48 (3): 451-457.
- Heino, M., U. Dieckmann and O.R. God. 2002. Measuring probabilistic reaction norms for age and size at maturation. *Evolution* 56(4): 669-678.
- 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.
- Kjesbu, O. 1994. Time of start of spawning in Atlantic cod (*Gadus morhua*) females in relation to vitellogenic oocyte diameter, temperatura, fish length and condition. *Journal of Fish Biology* 45, 719-735.
- Kelleher, K. 2005. Discards in the world's marine fisheries. An update. *FAO Fisheries Technical Paper*:131. Rome.



- Lambert, Y., N. Yaragina, G. Kraus, G. Marteinsdottir and P. Wright. 2003. Using environmental and biological indices as proxies for egg and larval production of marine fish. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 33: 115-159.
- Lambert, T. 1987. Duration and intensity of spawning in herring *Clupea harengus* as related to the age structure of the mature population. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 39, 209-220.
- Lasker, R. and P. E. Smith. 1977. Estimation of the effects environmental variations on the eggs and larvae of the northern anchovy. *Calif. Coop. Oceanic Fish, Rep.* 19: 128-137.
- Leal, E. y E. Díaz. 2012. Estimación de la ojiva de madurez sexual en jurel. Informe Final, Subpesca.
- Letelier, J., Soto-Mardones, L., Salinas, S., Vincenti, L., Pavez, R., & Arriagada, M. (2012). Influencia de la península de mejillones en la variabilidad oceanográfica anual e interanual frente al norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(3), 513–526. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572012000300013>
- Lowerre-Barbieri, S. K., N. J. Brown-Peterson, H. Murua, J. Tomkiewicz, D. Wyanski and F. Saborido-Rey. 2011. Emerging Issues and Methodological Advances in Fisheries Reproductive Biology. *Mar. Coast. Fish.* 3: 32-51.
- Lluch-Belda, D., R.A. Schwartzlose, R. Serra, R. Parrish, T. Kawasaki, D. Hedgecock and R.J.M. Crawford. 1992. Sardine and anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans: a workshop report. *Fish. Oceanogr.* 1(4): 339-347.
- 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.
- Marshall, C. T., O. S. Kjesbu, N. A. Yaragina, P. Solemdal and O. Ulltang. 1998. Is spawner biomass a sensitive measure of the reproductive and recruitment potential of Northeast Arctic cod?. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 1766-1783.
- Martínez, C., G. Böhm, E. Díaz, L. Ossa, H. Reyes, R. Aravena, F. Cerna, V. Bocic, C. Machuca, L. Muñoz y M. Troncoso. 2008. Programa: Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Proyecto: Investigación de la Situación de la Pesquería Pelágica de la Zona Norte, 2007 – Informe Final. Convenio SUBPESCA – IFOP. Instituto Fomento Pesquero Valparaíso, Chile.
- 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.
- Mori, J., B. Buitrón, A. Perea, C. Peña y C. Espinoza. 2011. Variabilidad interanual en la estrategia reproductiva de la anchoveta peruana en la región norte-centro del litoral del Perú. *Ciencias Marinas*, 37 (4B): 513-525.
- Munro, A., A. Scott and T. Lam. 1990. Reproductive seasonality in Teleosts: Environmental Influences. CRC Press, Boca Raton, Florida.



- 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, S. Cahuin y J. Valdez. 1999. Efectos del fenómeno “El Niño 1997-98” sobre los principales recursos pelágicos en la costa peruana. In: Tarazona, J. y E. Castillo (Eds). El Niño 1997-98 y su impacto sobre los Ecosistemas Marino y Terrestre. Rev. Perú biol. Vol. Extraordinario: 85-96.
- 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.
- Ottersen, G., S. Kim, G. Hused, J. Polovina and N. Stenseth. 2010. Major pathways by which climate may force marine fish populations. J. Mar.Syst., 79(3-4): 343-360.
- Parada, C., B. Yannicelli, S. Hormazábal, S. Vásquez, J. Porobić, B. Ernst, C. Gatica, M. Arteaga, A. Montecinos, S. Núñez y A. Grechina. 2013. Variabilidad ambiental y recursos pesqueros en el Pacífico suroriental: estado de la investigación y desafíos para el manejo pesquero. Latin american journal of aquatic research, 41(1): 1-28.
- Pauly, D. 2010. Gasping fish and panting squids: oxygen, temperature and the growth of water-breathing animals. In: Excellence in Ecology. 22, International Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Germany.
- Pauly, D. and W. W. L. Cheung. 2017. Sound physiological knowledge and principles in modelling shrinking of fishes under climate change. Glob. Chang. Biol. 24, e15–e26.
- Pauly, D. and W. W. L. Cheung. 2018. On confusing cause and effect in the oxygen limitation of fish. Glob. Chang. Biol. 24, e743–e744.
- Perea, A., B. Buitrón, J. Mori, J. Sánchez y C. Roque. 2015. Anomalías de los índices reproductivos de anchoveta *Engraulis ringens* en relación al ambiente. En: “Estudio y monitoreo de los efectos del fenómeno El Niño en el ecosistema marino frente al Perú”. Boletín trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4.
- Plaza, G. y F. Cerna. 2015. Validation of daily microincrement deposition in otoliths of juvenile and adult Peruvian anchovy *Engraulis ringens*. Journal of Fish Biology 86, 203-216.
- Prado, C. 2008. Comportamiento reproductivo de *Sula variegata*, Tschudi 1845, en acantilados de Quirilluca, Horcón, Valparaíso. Boletín Chileno de Ornitología 14: 104-111.
- Rochet, M. J. 2009. Effects of fishing on the population. In: Jakobsen T, MJ Fogarty, BA Megrey & E Moksness (eds). Fish reproductive biology, pp. 172-206. Wiley-Blackwell Scientific Publications, Chichester.
- Rogers, L. A. and A. B. Dougherty. 2019. Effects of climate and demography on reproductive phenology of a harvested marine fish population. Glob. Chang. Biol. 25, 708–720.



- Romano, T. A. 1993. Neural-Immune Interactions in the Beluga Whale, *Delphinapterus leucas*. Ph.D. dissertation, University of Rochester, Rochester.
- Rosa, R., L. Gonzalez, B. R. Broitman, S. Garrido, A. M. Santos and M. L. Nunes. 2010. Bioenergetics of small pelagic fishes in upwelling systems: relationship between fish condition, coastal ecosystem dynamics and fisheries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 410, 205–218
- Roy, C., Cury, P., Kifani, S., 1992. Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromises. *S. Afr. J. Marine. Sci.* 12 (1), 135–146.
- Rutlant, J., Rosenbluth, B., & Hormazábal, S. 2004. Intraseasonal variability of wind-forced coastal upwelling off central Chile (30°S). *Continental Shelf Research*, 24, 789–804.
- Sepúlveda, M. and D. Oliva. 2005. Interaction between South American sea lions *Otaria flavescens* and salmon farms in southern Chile. *Aquaculture Research* 36: 1062-1068.
- Sepúlveda M, M.J. Pérez, D. Oliva, L.R. Durán, W. Sielfeld, V. Araos and M. Buscaglia. 2007. Operational interaction between South American sea lions *Otaria flavescens* and artisanal (small-scale) fishing in Chile: results from interview surveys and on-board observations. *Fisheries Research* 83: 332-340.
- 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., & Zorica, B. 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.
- Shaffer, G., Pizarro, O., Djurfeldt, L., Salinas, S., & Rutlant, J. (1997). Circulation and Low-Frequency Variability near the Chilean Coast: Remotely Forced Fluctuations during the 1991–92 El Niño. *Journal of Physical Oceanography*, 27(2), 217–235. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1997\)027<0217:calfvn>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1997)027<0217:calfvn>2.0.co;2)
- Swartzman, G., A. Bertrand, M. Gutiérrez, S. Bertrand and L. Vasquez. 2008. The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. *Progress in Oceanography* 79, 228-237.
- Schwartzlose, R.A., Alheit, J., Bakun, A., Baumgartner, T.R., Cloete, R., Crawford, R.J.M., Fletcher, W.J., Green-Ruiz, Y., Hagen, E., Kawasaki, T., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, S.E., MacCall, A.D., Matzuura, Y., Nevarez-Martinez, M.O., Parrish, R.H., Roy, C., Serra, R., Shust, K.V., Ward, M.N. and Zuzunaga, J. 1999. Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. *S. Afr. J. mar. Sci.* 21:289-347.



- Szteren D. and E. Páez. 2002. Predation by Southern sea Lion (*Otaria flavescens*) and artesanal fishing catches in Uruguay. *J Mar Freshw Res* 53, 1161-1167.
- Thiel, M., E. C. Macaya, E. Acuña, W. Arntz, H. Bastias, K. Brokordt, P. A. Camus, J. C. Castilla, L. Castro, M. Cortés, C. P. Dumont, R. Escribano, M. Fernández, J. A. Fajardo, C. F. Gaymer, I. Gómez, A. E. González, H. González, P. A. Haye, J. E. Illanes, J. L. Iriarte, D. A. Lancellotti, G. Luna-Jorquera, C. Luxoro, P. H. Manríquez, V. Marín, P. Muñoz, S. A. Navarrete, E. Pérez, E. Poulin, J. Sellanes, H. Hito Sepúlveda, W. Stotz, F. Tala, A. Thomas, C. A. Vargas, J. A. Vásquez and J. M. Alonso Vega. 2007. The Humboldt current system of northern and central Chile. Oceanographic processes, Ecological interactions and socioeconomic 50 feedback. *Oceanography and Marine Biology: An Annual review* 45: 195-344.
- Turnbull, B. S, and D. F. Cowan. 1998. Myocardial contraction band necrosis in stranded cetaceans. *Journal of Comparative Pathology* 1 18(3): 17-327.
- Torrejón-Magallanes, J., J. Sánchez, J. Mori, M. Bouchon y M. Ñiquen. 2017. Estimación y variabilidad temporal de talla de madurez gonadal de la caballa (*Scomber japonicus peruanus*) en el litoral parauano. *Revista peruana de biología* 24(4): 391 – 400.
- Ugaz C., R. A. Valdez, M. C. Romano and F. Galindo. 2013. Behavior and salivary cortisol of captive dolphins (*Tursiops truncatus*) kept in open and closed facilities. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical plications and Research*, 8(4): 285-290.
- Ulloa, O., R. Escribano, S. Hormazábal, R. Quiñones, M. Ramos and R. González. 2001. Evolution and biological effects of the 1997-1998 El Niño in northern Chile. *Geophys. Res. Lett.*, 28(8): 1591-1594.
- Wickens, P. 1995. A review of operational interactions between pinnipeds and fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper* 346: 1-86.
- Weidberg N., A. Ospina-Alvarez, Bonicelli, J. Barahona, M. Aiken, Ch. Broitman, B. y S. Navarrete. 2020. Spatial shifts in productivity of the coastal ocean over the past two decades induced by migration of the Pacific Anticyclone and Bakun's effect in the Humboldt Upwelling Ecosystem. *Global and Planetary Change* 193 103259. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103259>.
- Wright, P. and E. Trippel. 2009. Fishery-induced demographic changes in the timing of spawning: consequences for reproductive success. *Fish and Fisheries*, 10, 283-304.
- Yáñez, E., A. González y M. A. Barbieri. 1995. Estructura térmica superficial del mar asociada a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. *Investigaciones Marinas*. 23: 123-147.
- Yáñez, E: M. A. Barbieri, C. Silva, K. Nieto and F. Espíndola. 2001. Climate variability and pelagic fisheries in northern Chile. *Prog. Oceanogr.*, 49: 581-596.
- Yoneda, M., M. Yamamoto, T. Yamada, M. Takahashi and Y. Shima. 2015. Temperature-induced variation in sexual maturation of Japanese anchovy *Engraulis japonicus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(6), 1271-1276.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

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



www.ifop.cl