FIPA 2023-22
MONITOREO BIOLÓGICO PESQUERO DE LAS PESQUERÍAS Y DEL ECOSISTEMA ASOCIADO AL ARCHIPIÉLAGO DE JUAN FERNÁNDEZ, TERCERA ETAPA

OFERENTE

Universidad de Concepción

Requirente

Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura - FIPA

INFORME FINAL
Año 2024

PROYECTO FINANCIADO POR EL

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

Y DE ACUICULTURA (FIPA)

Programa Anual de Investigación, año 2023.

PROYECTO FIPA Nº 2023-22:

MONITOREO BIOLÓGICO PESQUERO DE LAS PESQUERÍAS Y DEL ECOSISTEMA ASOCIADO AL ARCHIPIÉLAGO DE JUAN FERNÁNDEZ, TERCERA ETAPA

Informe Final

Requirente : Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Ejecutor : Universidad de Concepción
Jefe de proyecto : Billy Ernst Elizalde

www.fipa.cl

FICHA PROYECTO

Requirente	:	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Mandante	:	Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura
Supervisión	:	Consejo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (CIPA)
Contraparte Técnica	:	Subpesca – División Administración Pesquera
Ejecutor	:	Universidad de Concepción, Barrio Universitario s/n, Concepción, Biobio, Chile.
Jefe(a) de proyecto	:	Billy Ernst Elizalde, biernst@udec.cl.
Autores	:	• Billy Ernst Elizalde • Carolina Parada • Julio Chamorro Solís • Josefa Pino Aguilera • Braulio Tapia Álvarez • Constanza Amaya
Colaboradores	:	Gricel Recabarren, Alessandra Contreras, José López, , Vicente Donoso, Juan Chamorro, Pedro Tobar, Gary Calderon, José González, Gabriela González, Jhoseline Santander.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe corresponde al reporte de la ejecución del programa de monitoreo de las pesquerías de crustáceos y del ecosistema del archipiélago Juan Fernández e Islas Desventuradas. El monitoreo se focalizó en los recursos langosta de Juan Fernández, cangrejo dorado, breca de Juan Fernández, vidriola y bacalao de Juan Fernández. La extensión temporal del levantamiento de información a partir de las pesquerías mencionadas corresponde a septiembre de 2023 hasta febrero de 2024. Las actividades reportadas contemplaron el monitoreo de la actividad pesquera considerando escalas espaciales y temporales, y un programa de seguimiento biológico para abordar la estimación de la proporción sexual, la estructura de tallas y la condición reproductiva de los crustáceos. La información aportada por el control de tráfico marítimo junto a las estimaciones de captura promedio por salida obtenidas desde las bitácoras de pesca, permiten estimar las capturas y esfuerzos totales por subsistema de estudio. De acuerdo con ello, para el periodo registrado durante la temporada 2023/24, la captura total de langostas retenidas se estimó en 61423 individuos. A nivel de subsistema, el 35 % de esta captura provino de las islas Robinson Crusoe-Santa Clara (RC-SC), el 25 % de la isla Alejandro Selkirk (AS) y el 38 % de Islas Desventuradas (ID). La biomasa de langostas retenidas estimada para la temporada 2023/24 a través del programa de monitoreo resultó mostrar un valor superior al obtenido desde la base de datos de Sernapesca.

La CPUE media de langostas retenidas ha sido baja en ambos subsistemas (AS y RC-SC), manteniendo una tendencia a la baja de los últimos 6 años y mostrando en términos nominales en RC-SC y AS los niveles más bajo de las últimas dieciocho temporadas. Los rendimientos de pesca de langostas no retenidas también muestran niveles bajos característicos de los últimos 9 años, alcanzando valores de 2.4 langostas por trampas, en comparación con los 10 que exhibía al comienzo de la serie. Se sugiere que estos resultados sean discutidos en el comité de manejo, para elucubrar posibles medidas de manejo que deban abordarse ante este escenario adverso. En RC-SC la línea de tendencia de la talla media de langostas retenidas muestra una pendiente positiva, mientras que en AS la inclinación es negativa al incluir los últimos datos que muestran un descenso en la talla media. Destaca la alta presencia de hembras en las capturas de AS.

En la pesquería de cangrejo dorado el esfuerzo en número de trampas desplegadas y revisadas y embarcaciones que realizan la actividad extractiva está muy por debajo de lo observado en la pesquería de langosta, sin embargo, a partir del mes de enero se aprecia un aumento importante en el número de salidas destinadas al cangrejo. El seguimiento con muestreadores científicos en las salidas de pesca de cangrejo dorado indica que las capturas entre septiembre de 2023 y febrero de 2024 han sido sostenidas casi en su totalidad por machos, con una talla media superior a 120 mm de AC.

Durante esta temporada se mantiene una alta presencia de erizos en las trampas de langostas, reflejando una fuerte presencia en los fondos rocosos en torno al subsistema RC-SC. Los erizos también fueron la especie dominante de fauna acompañante en AS, aunque en menor abundancia. No hubo registros desde el muestreo de captura incidental asociadas a los aparejos pesca de crustáceos ni de especies ícticas en el periodo de ejecución del proyecto.

Los indicadores ambientales de fondo, en el hábitat de la langosta, muestran que la temperatura se mantuvo entre los 13° y 14°C la mayor parte del tiempo, con intrusiones de agua más fría (<13°C) al inicio y al final del periodo de estudio, mientras que se observó un comportamiento altamente

homogéneo para la salinidad. Respecto al oxígeno, se observó una alta oxigenación de la columna de agua en el periodo analizado, con valores que oscilan entre los 8.5 y 9.5 mg/L. La obtención de indicadores ambientales, como la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura y la salinidad, es fundamental para caracterizar y comprender la variabilidad en la columna de agua. Estos indicadores pueden proporcionar información importante sobre las condiciones físicas y químicas del ambiente marino, y su conexión con los indicadores biológicos y pesqueros es relevante para comprender los ecosistemas y los recursos pesqueros en la zona estudiada.

EXECUTIVE SUMMARY

This report unveils the crucial findings of the comprehensive monitoring program for crustacean fisheries and the associated ecosystem of the Juan Fernández archipelago and Desventuradas Islands. The monitoring, which spanned from September 2023 to February 2024, focused on the resources of Juan Fernández lobster, golden crab, Juan Fernández morwong, amberjack, and Juan Fernández cod. The reported activities included monitoring fishing activity at spatial and temporal scales and a biological monitoring program to address the estimation of the sexual ratio, size structure, and reproductive condition of crustaceans. The information provided by maritime traffic control and the average catch estimates per trip obtained from the fishing logs allows for estimating the total catches and efforts per study subsystem. For the 2023/24 season, the total catch of retained lobsters was estimated at 61,423 individuals. At the subsystem level, 35% of this catch came from Robinson Crusoe-Santa Clara Islands (RC-SC), 25% from Alejandro Selkirk Island (AS), and 38% from Desventuradas Islands (ID). The biomass of retained lobsters estimated for the 2023/24 season through the monitoring program showed a higher value than that obtained from the Sernapesca database.

The average CPUE of retained lobsters has been low in both subsystems (AS and RC-SC), maintaining a downward trend over the last 6 years and showing, in nominal terms, the lowest levels of the last eighteen seasons. Non-retained lobster catch rates also show low levels, which is characteristic of the last 9 seasons, reaching values of 2.4 lobsters per trap, compared to the 10 at the beginning of the series (RC-SC). It is of utmost importance that these results be promptly discussed with the management committee to elucidate possible management measures that should be addressed in this adverse scenario. In RC-SC the trend line of the average size of retained lobsters shows a positive slope, while in AS the slope is negative when including the latest data that show a decrease in the average size. The high presence of females in the AS catch stands out.

In the golden crab fishery, the effort in terms of boats, fishing trips, and traps hauled is well below what is observed in the lobster fishery; however, starting in January, the number of fishing trips significantly increased. Between September 2023 and February 2024, the golden crab catch was almost entirely male, with an average size greater than 120 mm of carapace width.

During this season, the lobster traps maintained a high presence of urchins, reflecting a solid presence in the rocky bottoms around the RC-SC subsystem. Sea urchins were also the dominant bycatch species in the lobster fishery in AS, although they showed lower bycatch rates. Throughout the project execution period, there was no incidence of ETP bycatch species associated with crustacean or finfish fishing gear.

Background environmental indicators in the lobster's habitat show that the temperature remained between 13° and 14°C most of the time, with intrusions of colder water (<13°C) at the beginning and end of the study period. At the same time, a highly homogeneous behavior was observed for salinity. Regarding oxygen, a high oxygenation of the water column was observed in the period analyzed, with values ranging between 8.5 and 9.5 mg/L. Obtaining environmental indicators, such as dissolved oxygen concentration, temperature, and salinity, is essential to characterize and understand variability in the water column. These indicators can provide important information about the physical and chemical conditions of the marine environment, and their connection with biological and fishing indicators is relevant to understanding the ecosystems and fishing resources in the studied area.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO iv
EXECUTIVE SUMMARY vi
ÍNDICE GENERAL vii
ÍNDICE DE TABLAS ix
ÍNDICE DE FIGURAS xi
ÍNDICE DE ANEXOS xvi
ACRÓNIMOS xvii
UNIDADES DE MEDIDA xvii
1 OBJETIVOS 18
1.1 Objetivo general 18
1.2 Objetivos específicos 18
2 ANTECEDENTES 19
2.1 Archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas 19
2.2 Pesquería de langosta de Juan Fernández 20
2.3 Pesquería del cangrejo dorado 21
2.4 Pesquería de breca y otras especies ícticas 22
2.5 Pescadores y sus organizaciones 22
2.6 Regulación de las pesquerías 23
2.7 Programas de monitoreo 25
2.8 Contexto pesquero en pandemia 25
3 METODOLOGÍA 27
3.1 Especies objetivo y sistema espacial de estudio 27
3.1.1 Consideraciones espaciales 28
3.2 Programas de monitoreo 29
3.2.1 Control de tráfico marítimo 30
3.2.2 Monitoreo pesquero 31
3.2.3 Monitoreo con muestreador científico 32
3.3 Objetivo 1 34
3.3.1 Langosta de Juan Fernández 35
3.3.2 Cangrejo Dorado 38
3.3.3 Breca de Juan Fernández 38
3.3.4 Vidriola y Bacalao de Juan Fernández 39
3.3.5 Aspectos técnicos de las embarcaciones y equipamiento a bordo 39
3.3.6 Caracterización de la cadena productiva local 39
3.3.7 Contrastación de las capturas censales de langosta 39
3.4 Objetivo 2 40
3.4.1 Información biológica 41

3.4.2 Análisis de información 42
3.5 Objetivo 3 43
3.5.1 Análisis de información 43
3.6 Objetivo 4 44
3.6.1 Registro y análisis de información 44
3.6.2 Registro de información 45
3.7 Contra oferta: Caracterización ambiental 45
3.7.1 Anclaje “Estación langosta I” 45
3.7.2 Muestreos con CTD 46
3.7.3 Anomalías estacionales 47
4 RESULTADOS 49
4.1 Objetivo 1 49
4.1.1 Langosta de Juan Fernández 49
4.1.2 Cangrejo dorado 71
4.1.3 Breca de Juan Fernández y otras especies ícticas 73
4.1.4 Aspectos técnicos de las embarcaciones 76
4.1.5 Contrastación de estimaciones 77
4.1.6 Cadena de comercialización 82
4.2 Objetivo 2 83
4.2.1 Langosta de Juan Fernández 83
4.2.2 Cangrejo dorado 101
4.2.3 Peces 106
4.3 Objetivo 3 110
4.3.1 Trampas de crustáceos 110
4.3.2 Espinel vertical 116
4.4 Objetivo 4 117
4.5 Caracterización ambiental [contraoferta] 118
4.5.1 Análisis anclaje (enero 2022 - diciembre 2023) 118
4.5.2 Análisis muestreos con CTD (julio 2022 – febrero 2024) 122
4.5.3 Análisis de anomalías estacionales 130
5 DISCUSIÓN 135
5.1 Programa de monitoreo 135
5.2 Indicadores pesqueros 135
5.3 Indicadores biológicos 138
5.4 Fauna acompañante y captura incidental (aves, mamíferos y reptiles) 139
5.5 Indicadores ambientales 140
6 CONCLUSIONES 144
7 REFERENCIAS 145
A N E X O S 150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Control de tráfico marítimo. Número total de salidas destinadas a la langosta y cangrejo por subsistema. Periodo reportado septiembre 2023 – febrero 2024. 30

Tabla 2 Número de embarcaciones operando en la pesquería de langosta por subsistema durante la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 – febrero 2024. 31

Tabla 3 Cobertura mensual de salidas de pesca de langosta registrados en las bitácoras de pescadores en cada subsistema. Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024. 32

Tabla 4 Número de salidas de pesca realizadas con muestreador científico a bordo de las embarcaciones, por subsistema y recurso. Periodo reportado: septiembre – febrero 2024. 33

Tabla 5 Cobertura del monitoreo biológico de las pesquerías de crustáceos en cada subsistema sobre el número total de salidas de pesca. Periodo reportado: septiembre 2023– febrero 2024. 33

Tabla 6 Tamaños muestrales de capturas de langostas por sexo y subsistema según registros de muestreadores científicos. Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024. H: hembras, M: Machos, O: Ovígeras. 34

Tabla 7 Tamaños muestrales de capturas de cangrejo dorado por sexo según registros de muestreadores científicos en el subsistema RC-SC. Periodo reportado: septiembre 2023 – febrero 2024. 34

Tabla 8 Organización de las estaciones por grupo según sus ubicaciones. 48

Tabla 9 Captura (número de individuos retenidos), esfuerzo (número de trampas levantadas) y CPUE (número de individuos retenidos por trampa levantada) para langosta de Juan Fernández en el subsistema islas Robinson Crusoe – Santa Clara, por zona y mes durante la temporada 2023/24 (información no censal). Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024. 50

Tabla 10 Captura (número de individuos retenidos), Esfuerzo (número de trampas levantadas) y CPUE (número de individuos retenidos por trampa levantada) para langosta de Juan Fernández en el subsistema isla Alejandro Selkirk, por zona y mes durante la temporada 2023/24 (información no censal). Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024. 51

Tabla 11 Captura (número de individuos retenidos), Esfuerzo (número de trampas) y CPUE (número de individuos retenidos por trampa) para langosta de Juan Fernández en el subsistema archipiélago Islas Desventuradas, por zona y mes durante la temporada 2023/24 (información no censal). Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024. 51

Tabla 12 Esfuerzo de pesca y captura retenida de langosta de Juan Fernández por mes en los subsistemas AS, RC-SC e ID en la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024. 53

Tabla 13 Resultados de la estandarización de CPUE según modelos ajustados a las langostas capturadas retenidas y no retenidas en el subsistema RC-SC. N.Lan corresponde a número de langostas por trampa. 67

Tabla 14 Resultados de la estandarización de CPUE según modelos ajustados a las langostas capturadas retenidas y no retenidas en el subsistema AS. N.Lan corresponde a número de langostas por trampa. 68

Tabla 15 Esfuerzo de pesca y captura retenida de cangrejo dorado por mes en el subsistema RC-SC. Periodo septiembre 2023 - febrero de 2024. 71

Tabla 16 Captura (número de individuos), esfuerzo (número de trampas) y CPUE de cangrejo dorado retenido y no retenido en el subsistema RC-SC obtenidos desde muestreo biológico mensual (las capturas no son censales). Periodo reportado: septiembre 2023 – febrero 2024. 72

Tabla 17 CPUE de cangrejo dorado retenido (sobre 110, 120 y 130 mm de AC respectivamente) en el subsistema RC-SC obtenidos desde muestreo biológico. Periodo reportado: septiembre 2023 - febrero 2024. 72

Tabla 18 Captura total anual (t) de especies ícticas capturadas y reportadas en el archipiélago Juan Fernández según registros de SERNAPESCA. 75

Tabla 19 Proporción de sexual de ejemplares de langostas muestreados en cada subsistema, por zona y mes de estudio (hembras respecto del total) durante la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 a febrero 2024. 87

Tabla 20 Longitud cefalotorácica media (mm) de ejemplares de langostas muestreados en cada subsistema, por zona y mes de estudio durante la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 a febrero 2024. 88

Tabla 21 Parámetros de la distribución modal por sexos para las capturas de langosta de Juan Fernández en los subsistemas RC-SC y AS durante las temporadas 2022/23 y 2023/24. 95

Tabla 22 Proporción de portación respecto al total de hembras de langosta muestreadas en cada subsistema por zona y mes de estudio durante la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 a febrero 2024. 96

Tabla 23 Estimación del peso medio a la talla de langostas diferenciadas por sexo y sexos combinados (proyectos anteriores) 101

Tabla 24 Proporción sexual de cangrejo (hembras sobre el total), de portación (respecto del total de hembras) y ancho cefalotorácico medio (talla media en mm) de la captura total y retenida muestreadas en el subsistema RC-SC por zona y mes de estudio. Periodo septiembre 2023 – febrero 2024. 103

Tabla 25 Proporción sexual (hembras sobre el total) y talla media de la captura total de cangrejo dorado en RC-SC. Periodo reportado septiembre 2023 – febrero 2024. 103

Tabla 26 Número de individuos registrados por especie capturada en las trampas de langostas observadas e Índice de ocurrencia de fauna acompañante S0%. Registros mensuales durante el periodo octubre 2023 a febrero 2024, por subsistema. 112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas. 20

Figura 2 Fotografías del sistema de estudio. A) Bahía Cumberland, subsistema RC-SC. B) "Las Casas", subsistema AS. C) Sector "La Potala", subsistema ID. 28

Figura 3 Indicación de la división en zonas estadísticas utilizadas en proyectos anteriores. Arriba subsistemas RC-SC (izquierda) y AS (derecha), abajo subsistema ID. 29

Figura 4 Medidas morfométricas registradas para langosta de Juan Fernández (izquierda) y cangrejo dorado (derecha) durante el monitoreo biológico a bordo de las embarcaciones. 41

Figura 5 Ubicación del anclaje y estaciones de muestreo con CTD realizadas durante el año 2022-2023. Los colores indican la división por grupo. G1 = puntos azules, G2 = puntos rojos, G3 = puntos amarillos, G4 = puntos morados, G5 = puntos verdes y G6 = puntos celestes. 47

Figura 6 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en las diferentes zonas de pesca del subsistema RC-SC desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24. 55

Figura 7 CPUE (número de langostas retenidas por trampa) por zona delimitada en el subsistema RC-SC desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24. 56

Figura 8 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en los diferentes meses de pesca en el subsistema RC-SC desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24 56

Figura 9 CPUE de langostas retenidas y no retenidas en las diferentes temporadas de pesca (desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24) en el subsistema RC-SC. El eje X representa distintos intervalos de tiempo durante las temporadas utilizados para el cálculo de la CPUE. 57

Figura 10 Coeficiente de correlación entre la CPUE calculada a distintos intervalos de tiempo versus la CPUE calculada para la temporada completa, utilizando los datos desde octubre de la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24 para el subsistema RC-SC. 57

Figura 11 Serie de tiempo de CPUE de langostas retenidas (a) y no retenidas (b) por trampa levantada en el subsistema RC-SC. Los círculos rojos son los promedios mensuales de CPUE, la línea discontinua horizontal indica el promedio de las capturas durante toda la serie, en azul y gris se presentan las medias móviles de 3 y 5 meses, la línea negra continua corresponde a la tendencia de la serie. Periodo octubre 2006 a febrero 2024. 58

Figura 12 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en las diferentes zonas de pesca del subsistema AS desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24. 60

Figura 13 CPUE (número de langostas retenidas por trampa) por zonas delimitadas del subsistema AS desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24. 60

Figura 14 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en los diferentes meses en el subsistema AS desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24. 61

Figura 15 CPUE de langostas retenidas y no retenidas en las diferentes temporadas de pesca (desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24) en el subsistema AS. El eje X representa distintos intervalos de tiempo durante las temporadas utilizados para el cálculo de la CPUE. 61

Figura 16 Coeficiente de correlación entre la CPUE calculada a distintos intervalos de tiempo versus la CPUE para la temporada completa, utilizando los datos desde octubre de la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24 para el subsistema AS 62

Figura 17 Serie de tiempo de CPUE de langostas retenidas (a) y no retenidas (b) por trampa levantada en el subsistema AS. Los círculos rojos son los promedios mensuales de CPUE, la línea discontinua horizontal indica el promedio de las capturas durante toda la serie, en azul y gris se presentan las medias móviles de 3 y 5 meses, la línea negra continua corresponde a la tendencia de la serie. Periodo octubre 2006 a febrero de 2024. 63

Figura 18 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en las diferentes zonas de pesca del subsistema ID desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24. 65

Figura 19 Serie de tiempo del número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) por temporada en el subsistema ID. 65

Figura 20 CPUE de langostas retenidas y no retenidas en las diferentes temporadas de pesca en el subsistema ID. El eje X representa distintos intervalos de tiempo durante la temporada utilizados para el cálculo de la CPUE 66

Figura 21 Representación de los residuos asociados al modelo 9 (con efectos aleatorios). (a) QQ-plot de residuos observados y residuos predichos junto a (b) histograma de distribución de frecuencia de residuos simulados respecto de la diferencia entre los residuos observados y predichos (línea roja). Las características de la distribución de los residuos de esta figura fueron muy cercanas al diagnóstico de residuos derivados de modelos igualmente configurados para langostas no retenidas de RC-SC, y retenidas y no retenidas de AS. 68

Figura 22 Estandarización de la CPUE de langostas retenidas por trampa (a) y langostas No retenidas por trampa (b) en RC-SC. Temporadas 2006/07 a 2023/24. Líneas verticales corresponden a intervalos de confianza del 95%. 69

Figura 23 Estandarización de la CPUE de langostas retenidas por trampa (a) y langostas no retenidas por trampa (b) en AS. Temporadas 2006/07 a 2023/24. Líneas verticales corresponden a intervalos de confianza del 95%. 70

Figura 24 Serie de captura por unidad media de esfuerzo de cangrejo dorado (número de cangrejos por trampa). La línea discontinua corresponde al intervalo de confianza 72

Figura 25 Captura por unidad de esfuerzo (Nº/anzuelo) de breca de Juan Fernández, para la serie entre el año 2012 y diciembre de 2023. a) Subsistema RC-SC; b) Subsistema AS; c) Subsistema ID. 74

Figura 26 Desembarque mensual (t) de principales especies ícticas en AJF. Periodo septiembre 2023 a febrero 2024. Fuente: Sernapesca. 75

Figura 27 Captura por unidad de esfuerzo (número/anzuelo) de bacalao de Juan Fernández en espineles verticales desplegados alrededor de RC-SC. Actualizado a diciembre 2023. 76

Figura 28 Reconstrucción de desembarques y comparación con las estimaciones obtenidas desde el programa de monitoreo de la pesquería de langosta. 79

Figura 29 Serie de tiempo de registros de esfuerzo promedio en número de trampas revisadas por salida de pesca con captura retenida y no retenida por temporada de pesca de langosta en cada subsistema. Temporada 2023/24 considera hasta febrero 2024. 79

Figura 30 Serie de tiempo del esfuerzo en número de salidas de pesca de langosta por temporada en los subsistemas RC-SC, AS e ID. Temporada 2023/24 considera hasta febrero 2024. 80

Figura 31 Serie de tiempo del esfuerzo en número de trampas revisadas por temporada en los subsistemas RC-SC y AS. Temporada 2023/24 considera hasta febrero 2024 80

Figura 32 Desembarques de Sernapesca y comparación con las estimaciones obtenidas desde el programa de monitoreo de la pesquería de cangrejo durante el periodo septiembre 2023 a febrero 2024. ..81

Figura 33 Desembarques de Sernapesca y comparación con las estimaciones obtenidas desde el programa de monitoreo de la pesquería de breca durante el periodo septiembre de 2023 a febrero 2024. a) RC-SC, b) AS. ..82

Figura 34 Serie de tiempo de la talla media de langostas retenidas por subsistema. Periodo 2008/09 - feb 2023/24. La línea discontinua negra indica la talla mínima legal (115 mm). ..89

Figura 35 Proporción de tallas de langosta de Juan Fernández por sexo (hembras a la izquierda y machos a la derecha) capturadas mensualmente a) octubre; b) noviembre; c) diciembre; d) enero; e) febrero; f) marzo y g) abril y h) mayo, durante las temporadas 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 en el subsistema RC-SC. La línea punteada indica la talla mínima legal de retención (115 mm de LC). ..90

Figura 36 Proporción de tallas de langosta de Juan Fernández por sexo (hembras a la izquierda y machos a la derecha) capturadas mensualmente a) octubre; b) noviembre; c) diciembre; d) enero; e) febrero; f) marzo y g) abril, durante las temporadas 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 en el subsistema AS. La línea punteada indica la talla mínima legal de retención (115 mm de LC). ..91

Figura 37 Estructura de tallas de langosta del subsistema RC-SC temporadas 2011/2012, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24*. (a) Hembras octubre-diciembre; (b) Hembras enero-mayo; (c) Machos octubre- diciembre; (d) Machos enero-mayo. *Solo considera periodo enero – febrero de 2024. ..92

Figura 38 Estructura de tallas de langosta del subsistema AS, temporadas 2011/2012, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23 y *2023/24 (a) Hembras octubre- diciembre; (b) Hembras enero-mayo; (c) Machos octubre-diciembre; (d) Machos enero-mayo. *Solo considera periodo enero – febrero de 2024. ..93

Figura 39 Estructura de tallas de langosta del subsistema ID, 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 (a) hembras y (b) machos. ..93

Figura 40 Descomposición modal de la estructura de tallas de las capturas de langosta en RC-SC. (a) Hembras temporada 2022/23; (b) Machos temporada 2022/23; (c) Hembras temporada 2023/24; (d) Machos temporada 2023/24. ..94

Figura 41 Descomposición modal de la estructura de tallas de las capturas de langosta en el subsistema AS. (a) Hembras temporada 2022/23; (b) Machos temporada 2022/23; (c) Hembras temporada 2023/24; (d) Machos temporada 2023/24. ..94

Figura 42 Proporción de portación a la talla de langosta de Juan Fernández por mes durante el periodo octubre de 2022 a febrero de 2024. (a) Subsistema RC-SC; (b) subsistema AS. ..97

Figura 43 Ajuste de modelo LOESS (regresión local) a la proporción de portación a la talla de langosta de Juan Fernández por mes en el subsistema RC-SC. Temporada 2023/24. ..98

Figura 44 Ajuste de modelo LOESS (regresión local) a la proporción de portación a la talla de langosta de Juan Fernández por mes en el subsistema AS. Temporada 2023/24 ..99

Figura 45 Proporción de portación mensual obtenida de la modelación de la proporción de portación de langosta de Juan Fernández para los subsistemas RC-SC y AS. Periodo octubre 2019 hasta febrero 2024. ..100

Figura 46 Proporción de distribución de tallas de cangrejo dorado retenido del muestreo de las capturas en el subsistema RC-SC. Periodo: septiembre 2023 a febrero 2024 ..103

Figura 47 Proporción de tallas de la captura retenida de cangrejo dorado en el subsistema RC-SC. Período julio de 2022 a febrero 2024. ..104

Figura 48 Serie de tiempo mensual de talla media de las capturas retenidas y total de cangrejo dorado. Periodo noviembre 2012 a febrero 2024. La línea gris horizontal discontinua indica la talla comercial adoptada voluntariamente (130 mm de AC) y la línea negra continua corresponde a la tendencia de la captura retenida. 105

Figura 49 Relación talla-peso de cangrejo dorado por sexo. Registros tomados en laboratorio en la isla Robinson Crusoe durante el 2020. (Ernst et al., 2021). 106

Figura 50 Proporción a la talla (LT) de las capturas de breca por año calendario (2016 a febrero 2024). (a) Subsistema RC-SC; (b) Subsistema AS. 108

Figura 51 Talla media (Longitud Total) de las capturas de las principales especies utilizadas como carnada entre los años 2012 hasta febrero 2024 en AJF. a) Morena (anguila); b) breca de Juan Fernández; c) jurel de Juan Fernández; d) vidriola. 108

Figura 52 Proporción a la talla de capturas de breca por año calendario. La línea vertical discontinua indica la madurez del 50% (FIPA 2020-35). 109

Figura 53 Fauna acompañante expresada según la frecuencia de ejemplares por grupo taxonómico mayor, capturados durante el periodo octubre 2023 a febrero 2024 en la pesquería de langosta. a) Subsistema RC-SC; b) subsistema AS; c) subsistema ID. 113

Figura 54 Proporción de número de especies capturadas y presencia en trampas en la pesquería de langosta durante el periodo octubre 2023 a febrero 2024 por subsistema a partir de las observaciones de los muestreadores científicos. 113

Figura 55 Distribución espacial de erizos en trampas de langosta alrededor de RC-SC, durante el periodo octubre 2023 a febrero 2024. Los círculos azules corresponden al número de erizos por trampa. El tamaño de los círculos es de acuerdo al intervalo de número de erizos por trampa revisada. Las líneas alrededor de las islas corresponden a la profundidad e indican intervalos de 50m, iniciando en el estrato de 0 – 50m (Registros desde el programa de monitoreo con muestreadores científicos a bordo). 114

Figura 56 Serie de tiempo de captura de erizos en trampas de langosta obtenidas a partir de los programas de monitoreo entre las temporadas 2012/13 y 2023/24. A) Serie de presencia de erizos en trampas en AJF e ID y b) serie de tiempo de rendimiento de erizos en trampas de langosta en RC-SC según estrato de profundidad. 115

Figura 57 Composición de las capturas utilizando espinel vertical con intencionalidad de pesca dirigida a Breca y/o Bacalao de Juan Fernández durante septiembre de 2023 a febrero 2024 en RC-SC, a) Proporción mensual, b) Proporción para el periodo sep-23 a feb -24. 116

Figura 58 Diagrama Hovmöller tiempo-profundidad de la (A) temperatura, (B) salinidad y (C) oxígeno disuelto para el anclaje instalado entre el 14 de enero del 2022 al 10 de diciembre del 2023. Los datos utilizados para la confección de este gráfico fueron filtrados con un filtro pasa baja de 120 horas. 119

Figura 59 Diagrama Hovmöller tiempo-profundidad de la (A) temperatura, (B) salinidad y (C) oxígeno disuelto para el anclaje instalado entre el 14 de enero del 2022 al 31 de diciembre del 2022. Los datos utilizados para la confección de este gráfico son los datos brutos interpolados. 120

Figura 60 Diagrama Hovmöller tiempo-profundidad de la (A) temperatura, (B) salinidad y (C) oxígeno disuelto para el anclaje instalado entre el 1 de enero del 2023 al 10 de diciembre del 2023. Los datos utilizados para la confección de este gráfico son los datos brutos interpolados. 120

Figura 61 Diagramas TSO para los datos obtenidos entre A) 40-65 metros, B) 65-90 metros, C)100-120 metros y D) todos los datos obtenidos por el anclaje. El cuadrado rojo indica la salinidad y temperatura típica de Agua Subantártica (ASAA), el azul los valores típicos de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y el verde los valores típicos de Agua Subtropical (AST). 122

Figura 62 (A) Perfiles promedio de temperatura alrededor de la isla Robinson Crusoe para los meses de julio (azul), agosto (rojo), septiembre (amarillo), octubre (verde claro), noviembre (celeste), diciembre (morado claro), enero (morado azulado), febrero (rojo), mayo (verde oscuro), julio 2023 (rojo oscuro) diciembre 2023 (gris claro), enero 2024 (negro) y febrero 2024 (naranjo). Cada perfil representa el promedio de al menos 30 estaciones de muestreo. El área sombreada de los paneles (B) a (N) representa el mínimo y máximo registrado considerando todas las estaciones de muestreo para cada mes, mientras que la línea sólida representa el promedio. 124

Figura 63 (A) Perfiles promedio de salinidad alrededor de la isla Robinson Crusoe para los meses de julio (azul), agosto (rojo), septiembre (amarillo), octubre (verde claro), noviembre (celeste), diciembre (morado claro), enero (morado azulado), febrero (rojo), mayo (verde oscuro), julio 2023 (rojo oscuro) diciembre 2023 (gris claro), enero 2024 (negro) y febrero 2024 (naranjo). Cada perfil representa el promedio de al menos 30 estaciones de muestreo. El área sombreada de los paneles (B) a (N) representa el mínimo y máximo registrado considerando todas las estaciones de muestreo para cada mes, mientras que la línea sólida representa el promedio. 125

Figura 64 A) Perfiles promedio de oxígeno disuelto alrededor de la isla Robinson Crusoe para los meses de julio (azul), agosto (rojo), septiembre (amarillo), octubre (verde claro), noviembre (celeste), diciembre (morado claro), enero (morado azulado), febrero (rojo), mayo (verde oscuro) julio 2023 (rojo oscuro), diciembre 2023 (gris claro), enero 2024 (negro) y febrero 2024 (naranjo). Cada perfil representa el promedio de al menos 30 estaciones de muestreo. El área sombreada de los paneles (B) a (N) representa el mínimo y máximo registrado considerando todas las estaciones de muestreo para cada mes, mientras que la línea sólida representa el promedio. 127

Figura 65 Perfiles promedio estacionales de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para los grupos G1 (azul), G2 (rojo), G3 (amarillo), G4 (verde), G5 (celeste) y G6 (morado). A, B y C corresponden a la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante el invierno (INV: julio y agosto 2022 y julio 2023). D, E y F corresponden a la primavera (PRIM: septiembre, octubre y noviembre 2022). G, H e I corresponden al verano (VER: diciembre 2022, enero y febrero 2023 y 2024). J, K y L corresponden al otoño (OTO: mayo 2023)..... 129

Figura 66 Anomalías estacionales en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la superficie. Los valores mostrados indican las anomalías de las variables para los seis grupos de estaciones analizados. 132

Figura 67 Anomalías estacionales en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a 50 m de profundidad. Los valores mostrados indican las anomalías de las variables para los seis grupos de estaciones analizados. 133

Figura 68 Anomalías estacionales en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a 80 m de profundidad. Los valores mostrados indican las anomalías de las variables para los seis grupos de estaciones analizados. 134

Figura 69 Tasas de captura de langostas no retenidas para los subsistemas RC-SC y AS entre las temporadas 2010/11 a febrero 2023/24, por mes. Las líneas discontinuas corresponden a la tendencia de cada serie. 137

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Implementación del programa de seguimiento de las pesquerías de crustáceos de los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas

ANEXO II. Identificación de especies marinas consideradas fauna acompañante de las pesquerías de crustáceos y especies ETP que se distribuyen en los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas

ANEXO III. Estimadores en el muestreo biológico - pesquero

ANEXO IV. Personal participante por actividad

ANEXO V. Acta reunión de coordinación inicial

ANEXO VI. Apoyo técnico y participación en reuniones.

ANEXO VII. Taller de difusión de resultados

ACRÓNIMOS

Acrónimo	Definición
AC	Ancho cefalotorácico
AESS	Agua Ecuatorial Subsuperficial
AIC	Criterio de información de Akaike
AJF	Archipiélago Juan Fernández
AS	Subsistema isla Alejandro Selkirk
CPUE	Captura por unidad de esfuerzo
CTM	Control de tráfico marítimo
DA	Declaración Artesanal
Df	Grados de libertad
GLM	Modelo lineal generalizado
ID	Archipiélago Islas Desventuradas
LC	Longitud cefalotorácica
MSC	Marine Stewardship Council
RC-SC	Subsistema de islas Robinson Crusoe y Santa Clara
TSM	Temperatura superficial del mar
TSO	Diagrama Temperatura -salinidad-oxígeno

UNIDADES DE MEDIDA

Símbolo	Unidad
mm	Milímetros
PSU	Unidad práctica de salinidad
mg/L	Miligramos por litro
g	Gramo
m	Metro
mn	Milla náutica
t	Toneladas
µm	Micrómetro

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Generar información de las pesquerías de crustáceos y peces del archipiélago de Juan Fernández, así como del ecosistema asociado, desarrolladas en el mar territorial chileno, con el propósito de poner a disposición de la Administración Pesquera, los indicadores y antecedentes para el manejo adecuado y oportuno de las pesquerías que aquí se desarrollan.

1.2 Objetivos específicos

1.2.1. Estimar indicadores operacionales y pesqueros asociados al desarrollo de las actividades extractivas de crustáceos y peces capturados en el archipiélago de Juan Fernández, considerando variaciones espacio temporales de los mismos.

1.2.2. Determinar indicadores biológicos de las especies capturadas que den cuenta de la estructura del stock explotado en langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), breca de Juan Fernández (*Nemadactylus gayi*), vidriola (*Seriola lalandi*) y bacalao de Juan Fernández (*Polyprion oxygeneios*).

1.2.3. Determinar la composición específica de las capturas en las operaciones de pesca dirigidas a langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) y en operaciones de pesca dirigidas a peces.

1.2.4. Caracterizar la captura incidental (aves, mamíferos y reptiles), a través de la estimación de indicadores y el análisis de sus variaciones espacio-temporales.

2 ANTECEDENTES

2.1 Archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas

El archipiélago Juan Fernández es un conjunto de islas oceánicas (AJF; Arana, 1987) ubicado a 360 mn aproximadamente de la costa chilena, frente a Valparaíso. Está compuesto de tres islas, Robinson Crusoe, Santa Clara y Alejandro Selkirk, esta última ubicada a ~90 mn más al oeste (Figura 1). Las características oceánicas y su alto grado de endemismo (Rozbaczylo & Castilla, 1987; Pequeño & Sáez, 2000) hacen de estas islas un ecosistema muy diferente respecto al de la costa de Chile continental. Por su peculiaridad biogeográfica e importancia geológica, en 1935 el Estado de Chile las declaró parque nacional. Posteriormente, en 1977 la UNESCO las declaró reserva mundial de la biósfera (www.unesco.org). En enero de 2018 el Consejo de ministros para la Sustentabilidad (CMS) aprobó la creación de un parque marino en el archipiélago Juan Fernández y la ampliación del AMCP-MU (Área marina costera protegida de múltiples usos).

Además, a unos 780 kilómetros al norte del archipiélago Juan Fernández y a poco más de 850 kilómetros al oeste de la costa chilena frente a Chañaral (Región de Atacama, Figura 1), se encuentra un conjunto de pequeñas islas que emergen del cordón montañoso de Nazca y componen el archipiélago de las Islas Desventuradas (ID), cuyas islas principales son San Félix y San Ambrosio (Bahamonde, 1987). Sus aguas circundantes muestran similitudes faunísticas y florísticas considerables entre sí y con las del archipiélago Juan Fernández, presentando los índices de endemismo de especies más altos registrados en el mar, con un 72% de especies exclusivas de estas islas. Para asegurar su protección, en marzo de 2016 se promulgó la Declaración de Parque Marino “Nazca-Desventuradas” (D.S. (MMA) N° 5/2016) con una superficie protegida de 300035 km2, cuya publicación oficial se realizó en agosto del mismo año.

Históricamente, los recursos pesqueros aledaños a ambos sistemas insulares han sido extraídos por la comunidad fernandeziana. La población habita de forma permanente solo el poblado de San Juan Bautista, emplazado en bahía Cumberland en la isla Robinson Crusoe, albergando a 926 habitantes (53.9% hombres y 46.1% mujeres, Censo 2017), cuyo desarrollo económico se sustenta en gran medida en torno a la extracción de crustáceos. La actividad pesquera es exclusivamente artesanal (Pladeco 2009, Juan Fernández) y la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) es la especie principal. Además, en las últimas décadas la pesquería de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) se ha presentado como alternativa para diversificar la actividad extractiva (Pladeco, 2015). Se extraen también algunas especies ícticas (*e.g*. breca, vidriola, bacalao) tanto para consumo humano directo, como para creación de artesanías y usos como carnada dentro del proceso de captura de crustáceos. El alto valor económico de la langosta y la falta de desarrollo de otros sectores, determinaron en el pasado que el esfuerzo pesquero se concentrara principalmente en la explotación de ambos crustáceos, sin embargo, en los últimos años el esfuerzo de pesca sobre el recurso cangrejo dorado ha disminuido significativamente, evidenciándose un aumento importante en la captura de especies ícticas (Ernst et al., 2011; Ernst et al., 2020).

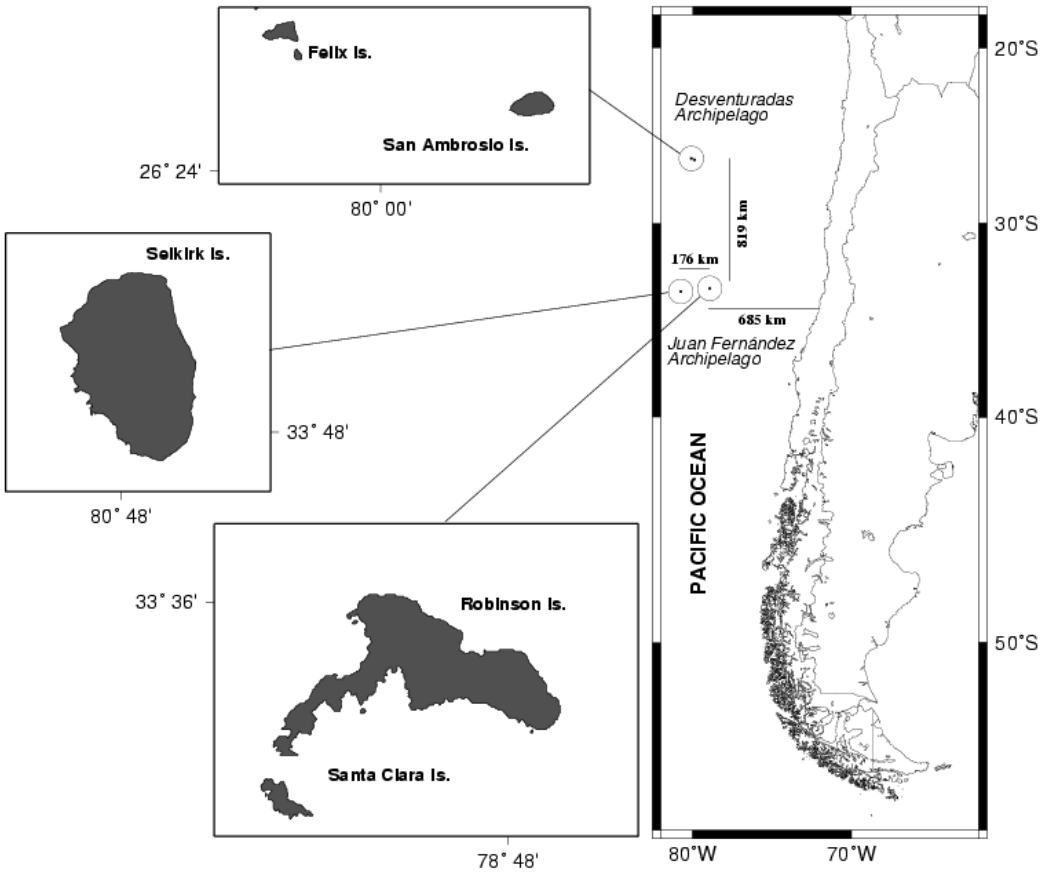


Figura 1 Ubicación geográfica de los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas.

2.2 Pesquería de langosta de Juan Fernández

La pesquería de langosta de Juan Fernández es una de las más antiguas pesquerías de crustáceos de Chile y cuenta con registros de captura desde los años 1930s (Yáñez *et al.,* 1985). Las faenas extractivas se han realizado históricamente en tres áreas de pesca, a saber: Robinson Crusoe-Santa Clara (RC-SC); Alejandro Selkirk (AS); y San Félix-San Ambrosio (ID). La flota pesquera principal, entre 37 a 45 embarcaciones, opera en el litoral de Robinson Crusoe – Santa Clara. En Alejandro Selkirk opera una fracción del total de pescadores, 14 a 16 embarcaciones dependiendo de la temporada de pesca, que se trasladan temporalmente a la isla. En el archipiélago Islas Desventuradas las actividades pesqueras son esporádicas y son efectuadas por un pequeño grupo de pescadores de Juan Fernández (2 a 8 embarcaciones desde 2010, *Com. Pers*. Asesoría Productiva STIPA JF, Ernst *et al*., 2015) que se desplaza e instala por cortos períodos de tiempo en la isla San Ambrosio, regresando posteriormente a la isla Robinson Crusoe (Arana, 1987).

Ernst *et al*. (2010a), Ernst y Orensanz (en Arana *et a*l, 2006b) y Ernst *et al.* (2013) resaltan las siguientes características fundamentales de esta pesquería: (a) el tamaño de las embarcaciones se ha mantenido relativamente constante desde los años 1950s, pero en los últimos años han ocurrido varios reemplazos, que han introducido cambios importantes en la flota; (b) la fuerza de pesca

expresada como número de botes se mantuvo constante en ambos subsistemas hasta el 2010, pero el reemplazo de embarcaciones ha aumentado el tamaño de la flota en años recientes; (c) existen unidades discretas, localidades identificables por coordenadas geográficas y conocidas bajo el nombre de “Marcas”, donde ocurre el proceso de pesca (Ernst *et al*., 2010a; Ernst *et al*., 2013). Cada pescador posee un cierto número de Marcas, las cuales han sido adquiridas con un bote, heredadas o descubiertas. Esto determina que la pesca en cada una de estas islas se desarrolle de forma ordena y organizada, característica fundamental de su manejo tradicional. En general cada embarcación opera primariamente en un sector de cada subsistema; (d) la unidad fundamental de esfuerzo en esta pesquería es la trampa (Arana *et al*., 2006b; Ernst *et al*., 2010b). Su diseño exterior se ha mantenido constante por décadas, aunque sufrió una modificación interna desde una configuración tipo “I” a una “L”, a comienzos de los años 1980s y un aumento en número de trampas por bote a comienzo de los años 2000s mediante la introducción del huinche (Ernst *et al*., 2010a). En las últimas temporadas algunos patrones han introducido anillos plásticos de escape a las trampas langosteras (Ernst *et al*., 2013), sin embargo, su uso ha ido en disminución (Ernst *et al*., 2019).

Respecto a las capturas y los rendimientos de pesca, han ocurrido algunos cambios notables en la década del 2000. Hasta esa fecha se habían reportado disminuciones sistemáticas y fluctuantes en las capturas desde la década de los 1970s, lo cual generó diagnósticos pesimistas sobre el estado de la pesquería (Arana *et al*., 1997; Arana *et al*., 2006b) y motivó incluso la proposición de cambios en la distribución espacial del esfuerzo mediante la introducción de áreas marinas protegidas (Eddy *et al*., 2010). Sin embargo, a partir del año 2005 se evidencia un repunte en los desembarques y en las tasas de captura, alcanzando niveles históricos reportados a comienzo de la década de los 1970s (Ernst *et al.,* 2013). Después del alza en la captura de comienzos de la década del 2010 se ha evidenciado una fuerte disminución sistemática en las capturas no retenidas en RC-SC y AS (Ernst *et al*., 2020)

2.3 Pesquería del cangrejo dorado

La pesquería de cangrejo dorado es una de las más recientes actividades desarrolladas en el archipiélago Juan Fernández. Su extracción con fines comerciales empieza después de los proyectos de pesca exploratoria realizados a mediados de los 1990s en AJF (Arana, 2000a; 2000b). Desde 1996 hasta la actualidad, esta pesquería ha sido desarrollada principalmente por 4 a 6 embarcaciones que han operado alrededor de la isla Robinson Crusoe. Si bien existe información anecdótica de presencia de cangrejo dorado en la isla Alejandro Selkirk y en Desventuradas, este no es extraído con propósitos comerciales.

La extracción de esta especie se realiza con aparejos similares a los utilizados para la extracción de langosta. Estos pueden ser dispuestos en forma individual o en tenas con un máximo de dos trampas por Marca (caladero). La actividad extractiva se realiza en zonas más alejadas de la costa, encontrándose algunos caladeros fuera de las 5 millas náuticas de reserva para la pesca artesanal, donde el calado es realizado en profundidades que varían entre los 300 a 1000 m.

Los desembarques de esta pesquería destacan por una fuerte presencia de machos. La información biológica y pesquera de este recurso ha sido escasa, correspondiendo principalmente a trabajos

realizados hace más de una década, al proyecto FIP 2004-48 (Arana *et al*., 2006b), a los registros pesqueros de Sernapesca y al registro realizado a través de los programas de seguimiento de la pesquería. Así, los proyectos de monitoreo ejecutados desde 2011, han permitido actualizar los registros e indicadores pesqueros y obtener información biológica asociada a esta especie.

Existen acuerdos voluntarios provenientes de las empresas comercializadoras, que han aconsejado que los individuos tengan una talla mínima de desembarque (130 mm de ancho de cefalotórax) para un mejor rendimiento en la extracción de carne.

2.4 Pesquería de breca y otras especies ícticas

Existe una gran diversidad de especies ícticas presentes en las aguas de AJF (Pequeño & Sáez, 2000), y solo algunas de ellas son extraídas para su comercialización, existiendo desembarques considerables de breca (*Nemadactylus gayi*), vidriola (*Seriola lalandi*), jurel de Juan Fernández (*Pseudocaranx chilensis*), morena (*Gymnotorax porphyreus*) y bacalao (*Polyprion oxygeneios*). La extracción de peces en los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas tienen dos fines principales, uno para consumo humano directo y otro como carnada asociada a la pesquería de langosta y/o cangrejo dorado. Este último destino está fuertemente determinado por la temporada de pesca, siguiendo principalmente la variabilidad en la demanda sujeta a la importante pesquería de langosta. Por ejemplo, la estimación de los volúmenes totales extraídos en la isla Alejandro Selkirk en una temporada alcanzan las 60 toneladas (Ernst *et al*., 2010a). En este subsistema, la pesquería de especies ícticas estaría ocurriendo solo entre octubre y mayo de cada año, mientras que en RC-SC, se extiende por todo el año, disminuyendo la demanda de peces durante la veda la langosta (Ernst *et al*., 2015). Particularmente, la breca de Juan Fernández es una de las especies ícticas más importantes del archipiélago Juan Fernández, sosteniendo la actividad pesquera durante la veda de la langosta.

De esta forma, la estimación rutinaria de las remociones de especies ícticas por la principal fuente de extracción (pesquería de carnada de crustáceos) es muy relevante para tener una noción del impacto antrópico sobre estas poblaciones y se ha estado desarrollando conforme se ejecutan los programas de seguimiento de las pesquerías de crustáceos.

2.5 Pescadores y sus organizaciones

Durante el inicio de la temporada 2022/23 estuvieron activas 56 embarcaciones, distribuidas 36 en Robinson Crusoe y 16 en Alejandro Selkirk y 4 en Desventuradas (Ernst *et al*., 2023). Con el reemplazo de embarcaciones que empezó a experimentar fuertemente la flota de RC-SC después del tsunami 27F (2010), aumentó a 18 el número de embarcaciones inactivas. Adicionalmente, ha aumentado en el último año la flota de embarcaciones dedicadas a actividades de turismo, ya sea buceo o pesca deportiva, existiendo hoy en día una flota de nueve embarcaciones dedicadas al turismo, con permiso para capturar langostas, pero que ejercen un esfuerzo menor dentro del sistema, reunidos en la Agrupación gremial de turismo Robinson Crusoe.

La mayoría de los pescadores de Juan Fernández se encuentran agrupados en una de las tres organizaciones sociales de pescadores, existiendo una pequeña fracción que no se encuentra ligada a ninguna de ellas. Estas tres organizaciones son: (a) Sindicato de Trabajadores Independientes Pescadores Artesanales del archipiélago Juan Fernández (STIPA JF), gremio fundado en el año 1987, con 76 pescadores activos asociados en la actualidad (73 hombres, 3 mujeres), tanto de la isla Alejandro Selkirk como de Robinson Crusoe y Desventuradas; (b) Sindicato de Trabajadores Independientes Pescadores de la Isla Alejandro Selkirk (STIPIAS), fundado en el año 2008, con 28 pescadores activos de la isla Alejandro Selkirk; y (c) Agrupación de Pescadores y Dueños de Embarcaciones del archipiélago Juan Fernández (APDEAJF), agrupación creada en el año 2007 con 22 Pescadores asociados.

2.6 Regulación de las pesquerías

La pesquería de langosta ha sido manejada a través de un sistema dual con componentes formales e informales. Los componentes formales consisten principalmente en regulaciones aplicadas a pesquerías de estrategia tipo "SSS" (sexo, talla y temporada, Kruse, 1993). Para esta pesquería las regulaciones formales corresponden a:

1. Talla mínima legal de 115 mm de longitud cefalotorácica medida desde la base de las antenas hasta el borde posterior del caparazón (D.S. (MIN FOM) Nº 1584 de 1934).
2. Veda biológica que rige entre el 15 de mayo y el 30 de septiembre de cada año en todo el archipiélago Juan Fernández (D.S. (MINAGRI) Nº 223 de 1963 y D.S. (MINECON) Nº 311 de 2004). Este último decreto correspondiente a lo establecido para la pesquería en la isla Alejandro Selkirk.
3. Veda indefinida de hembras con huevos (D.S. (MIN FOM) Nº 1584 de 1934).
4. Veda biológica que rige entre el 1º de junio y el 30 de septiembre de cada año, en las islas Desventuradas (D.S. (MINAGRI) Nº 1241 de 1951).
5. Trampa como único arte de pesca permitido para capturar langosta en el archipiélago Juan Fernández e islas Desventuradas (Res. (SUBPESCA) Nº 957 de 1992).
6. Suspensión transitoria de la inscripción en los registros pesqueros artesanales de la especie langosta de Juan Fernández en la V Región e Islas Oceánicas (Res. Ex. (SUBPESCA) Nº 3356 de 2004) ratificada hasta 2019 (Res. Ex. (SUBPESCA) Nº 4011 de 2009; Res Ex. (SUBPESCA) N° 3557 de 2014) y Res. Ex. N° Res. Ex. N° 3845 de 2019 que suspende transitoriamente la inscripción en el registro pesquero artesanal en las pesquerías de langosta de Juan Fernández y cangrejo dorado., por un periodo de 5 años comprendidos desde el 1° de enero de 2020 hasta el 31 de diciembre de 2024, ambas fechas inclusive.

La regulación informal corresponde a un sistema no escrito de tenencia de lugares discretos de pesca, que habría contribuido durante décadas a fijar un límite en el nivel de esfuerzo de pesca (Ernst *et al*., 2010a; Ernst *et al*., 2013). Cada pescador o familiar de él puede "poseer" un cierto número de lugares de pesca, los cuales son conocidos como "marcas" e identificadas desde el agua por hitos geográficos en tierra. En estos lugares son desplegadas de forma individual las trampas utilizadas en la captura de langosta. El uso y la transferencia de los derechos sobre estas marcas es regulado por complejas pero claras reglas internas (Ernst *et al*., 2010a; Ernst *et al*., 2013; Steneck *et al*., 2017).

La pesquería de cangrejo dorado es regulada formalmente a través de la suspensión de inscripción desde 2015, "*Suspende transitoriamente la inscripción en el Registro Artesanal de la pesquería de los recursos langosta de Juan Fernández y cangrejo dorado en la V Región e Islas Oceánicas*" (Res. Ex. N° 3757 de 2014). Existen también regulaciones de carácter informal propuestas por las empresas comercializadoras, quienes establecieron como medida comercial un tamaño mínimo de 130 mm de ancho cefalotorácico en el desembarque. Esta medida también se establece a fin de proteger a los machos inmaduros y prácticamente a la totalidad de las hembras, dado su menor tamaño relativo (Arana *et al*., 2006a). La medida sugerida no se cumple a cabalidad y el tamaño de los individuos desembarcados responde a las demandas específicas del producto en cada viaje de pesca.

A excepción de la pesquería de breca (Res. Ex. Nº: DN - 00672/2021 (Sernapesca) *Establece procedimiento para la inscripción de la pesquería de la breca de Juan Fernández, de conformidad a los requisitos establecidos por la Subsecretaría de pesca y acuicultura*), las pesquerías de peces no presentan regulaciones formales y los cambios en el esfuerzo sobre cada especie se ven fuertemente determinados por la estacionalidad de la pesquería de la langosta. Cabe destacar que es a través de esta resolución en que indirectamente se han comenzado a adoptar medidas formales para las especies ícticas de Juan Fernández, con la especie breca como cabeza de serie (Res. Ex. N° 2425 de 2020 que modifica Res. Ex. 3115 (año 2013) y 1453 (año 2020) que incorpora en la sección *"Parte novena" denominada Nómina de pesquerías artesanales de pequeña escala, la pesquería de breca de Juan Fernández (Nemadactylus gayi) con aparejos de pesca "línea de mano" y "espinel", y sus especies asociadas*).

Los principales aparejos utilizados para la captura de especies ícticas son, i) trampa para las morenas (*Gymnotorax porphyreus*), ii) línea de mano, y iii) espineles para el resto de las especies ícticas. Es importante señalar que la red de enmalle está prácticamente excluida de los aparejos utilizados a voluntad de los propios pescadores. Además, algunos isleños han comenzado a desarrollar emprendimientos relacionados con la pesca deportiva, para lo cual se utilizan principalmente cañas deportivas de pesca.

Los desembarques de las pesquerías de ambos archipiélagos son asociados a la caleta Robinson Crusoe o caleta Selkirk, a través del registro obligatorio en el formulario de Desembarque artesanal (DA) de Sernapesca. La presencia permanente del Servicio no ha sido continua; la oficina se estableció en septiembre de 1988 hasta 1993 en la isla Robinson Crusoe con un funcionario a cargo; reiniciando actividades en 2007 y desde 2011 contando con 2 funcionarios establecidos únicamente en Robinson Crusoe. Los registros en AS eran enviados por barco al funcionario a cargo para autorizar la comercialización de langostas, más en el presente son subidos a través de internet del que disponen en AS. Estos desembarques son asociados a la caleta Alejandro Selkirk.

Adicionalmente, en la actualidad y por mandato de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA 2013) sesiona en forma regular el comité de manejo de las pesquerías de crustáceos y sus especies asociadas, archipiélago Juan Fernández e Islas Desventuradas, compuesto por representantes de pescadores de los tres subsistemas además de representantes de plantas de proceso y de las instituciones nacionales (Subsecretaria de Pesca y Acuicultura, Sernapesca y Armada).

La comunidad fernandeziana además de los mandatos y obligaciones establecidas en la LGPA, requieren de soporte técnico válido para el proceso de toma de decisiones, así como de la construcción de diagnósticos y *status* de los recursos y las pesquerías involucradas.

2.7 Programas de monitoreo

Desde el año 2011 la Subsecretaría de Pesca ha financiado proyectos de monitoreo de las principales pesquerías de Juan Fernández y desde 2014 el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) se ha hecho cargo de la continuidad del monitoreo a través del programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. Con ello se ha podido recabar importante información biológica y pesquera de los recursos langosta de Juan Fernández, cangrejo dorado y especies ícticas (Ernst *et al*., 2012; Ernst *et al*., 2013; Ernst *et al*., 2014, Ernst *et al*., 2015, Ernst *et al*., 2020). A partir del año 2021, el programa ha sido financiado por el FIPA, fondo al que también corresponde el presente proyecto.

Estos proyectos han sido implementados sobre un programa de monitoreo desarrollado desde la temporada de la langosta 2006/07, en el cual se trabajó muy cercanamente con la comunidad de pescadores del archipiélago (Ernst *et al*., 2010b). Adicionalmente, durante las temporadas 1996/97 y 2005/06 se desarrollaron proyectos FIP en el subsistema RC-SC (Arana *et al*., 1997; Arana *et al*., 2006b) y 2008/09 en el subsistema AS (Ernst *et al*., 2010b).

Entre los mandatos y obligaciones establecidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura, se define el enfoque precautorio y ecosistémico como rectores de la gestión de las pesquerías, se fortalece el soporte técnico a las decisiones de manejo y se fomenta la participación de los usuarios en el diseño del marco normativo. Dentro de esto último se faculta el establecimiento de “Planes de Manejo”, para lo cual se requiere disponer de información técnica validada, así como construir un diagnóstico y *status* de los recursos y las pesquerías involucradas. En la actualidad se desarrolla de forma habitual el comité de manejo de las pesquerías de crustáceos y sus especies asociadas, archipiélago Juan Fernández e Islas Desventuradas, compuesto por representantes de pescadores de los tres subsistemas además de representantes de plantas de proceso y de las instituciones nacionales (Subsecretaria de pesca y acuicultura, Sernapesca y Armada). Por tanto, la continuidad de los programas de monitoreo se presenta como una sólida herramienta de información técnica actualizada de las pesquerías.

2.8 Contexto pesquero en pandemia

Declarada la Pandemia de COVID-19, el decreto de cierre de frontera causó un fuerte impacto en la economía local de Juan Fernández durante la temporada 2019/20 debido a la acumulación de una gran cantidad de langostas que no podrían ser exportadas hacia el principal mercado donde se comercializan (China absorbe más del 80% de la producción) generando una caída drástica del precio unitario y la desaparición de algunos intermediarios. Ante este escenario la reacción de la comunidad pesquera se orientó hacia la búsqueda de nuevos mercados, otra logística de transporte y la generación de agrupaciones de pescadores para comercializar en bloque el producto. Esto

conllevó la aparición de dos cooperativas de pescadores con mayor poder de negociación y ante la ausente demanda internacional el esfuerzo se volcó al mercado nacional, transportando las langostas por barco para su venta al detalle a precios más asequibles para consumidores. Esta acción permitió mantener los ingresos económicos de los pescadores del archipiélago Juan Fernández e Islas Desventuradas durante la temporada 2019/20.

Iniciada la temporada 2020/21 el mercado nacional pudo absorber la oferta de langostas. Sumado a la apertura del mercado chino, aumentaron las ventas en el país asiático, por lo que se generó un aumento en los precios del mercado nacional. La temporada 2021/22 inició en condiciones normales de exportación de langostas las que se mantuvieron hacia la temporada 2022/23 permeadas por la inestabilidad de la recepción de exportaciones en China (principal mercado) debido a los rebrotes de COVID. Con el pasar de los meses la demanda y exportación de langostas continuaron con la regularidad habitual.

3 METODOLOGÍA

3.1 Especies objetivo y sistema espacial de estudio

El presente estudio se desarrolló sobre las especies langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), cangrejo dorado (*Chaceon* chilensis), breca (*Nemadactylus gayi*) y otras especies ícticas, capturadas en torno a los archipiélagos Juan Fernández (AJF) e Islas Desventuradas (ID) (Figura 2).

La población humana habita de forma permanente el poblado de San Juan Bautista (isla Robinson Crusoe). Desde septiembre a mayo del año siguiente las principales actividades económicas de los habitantes se centran en la extracción de langosta.

Robinson Crusoe y Santa Clara son las islas oceánicas más costeras del AJF. El esfuerzo de pesca se ejerce en todo su alrededor, presentando sectores como la isla Santa Clara, en donde se concentra una fracción importante de la flota. Algunas de las embarcaciones que operan en esta zona presentan una dinámica de pesca diferente durante el régimen operacional normal, pasando incluso algunos días fuera de puerto, pernoctando las tripulaciones en las embarcaciones en lugares cercanos a la zona de pesca. Esto se realiza principalmente para reducir el costo operacional que significa el traslado de las embarcaciones hasta allí.

Alejando Selkirk es la isla más oceánica del AJF (~ 176 km al Oeste de Robinson Crusoe). En ella opera una fracción importante de su flota pesquera. Cada año, hacia fines de septiembre, se desplaza una flota de aproximadamente 14 embarcaciones con sus tripulaciones y familias desde bahía Cumberland, a bordo de una embarcación de un armador particular, subsidiado por el Estado y que cada mes, desde octubre a mayo, está encargado de abastecer a esta población. Este asentamiento temporal llamado poblado Las Casas en rada La Colonia cuenta con casas e instalaciones habitacionales de los pescadores, casas de CONAF, una rampa para varar las embarcaciones y otras instalaciones para el funcionamiento de la caleta. Las malas condiciones del mar en torno a la caleta determinan que las embarcaciones requieran ser varadas después de cada jornada de pesca, sin embargo en las últimas temporadas algunas embarcaciones permanecen fondeadas frente al poblado. La posibilidad de que un muestreador científico se traslade al poblado es alta, requiriendo de su disposición a realizar el viaje, de diligenciar cupo para el traslado vía embarcación y de la gestión con CONAF para la aprobación del viaje y la utilización de sus dependencias.

La pesquería en ID es esporádica y se desarrolla durante un tiempo variable dependiendo del interés de los pescadores y de la autorización de la Armada de Chile para el levantamiento de base en la isla San Ambrosio durante el inicio de cada temporada de pesca. Sus desembarques son asociados en las estadísticas de Sernapesca a caleta Robinson o Selkirk, indicando su procedencia a través del registro de zona en el DA. La factibilidad de contar con un muestreador científico en ID es difícil debido a la complejidad logística (cuenta con instalaciones precarias y una conectividad muy remota con el continente y/o el archipiélago Juan Fernández) y requiere del apoyo de los pescadores y la autorización de la Armada.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, fue necesario mantener un sistema de monitoreo que comprendió muestreos biológicos con muestreadores científicos a bordo de embarcaciones durante la actividad normal de pesca en cada subsistema, el uso de bitácoras de pesca por parte de los pescadores y el levantamiento de información del ambiente a fin de identificar indicadores ambientales relevantes para la dinámica poblacional de los recursos y sus pesquerías.

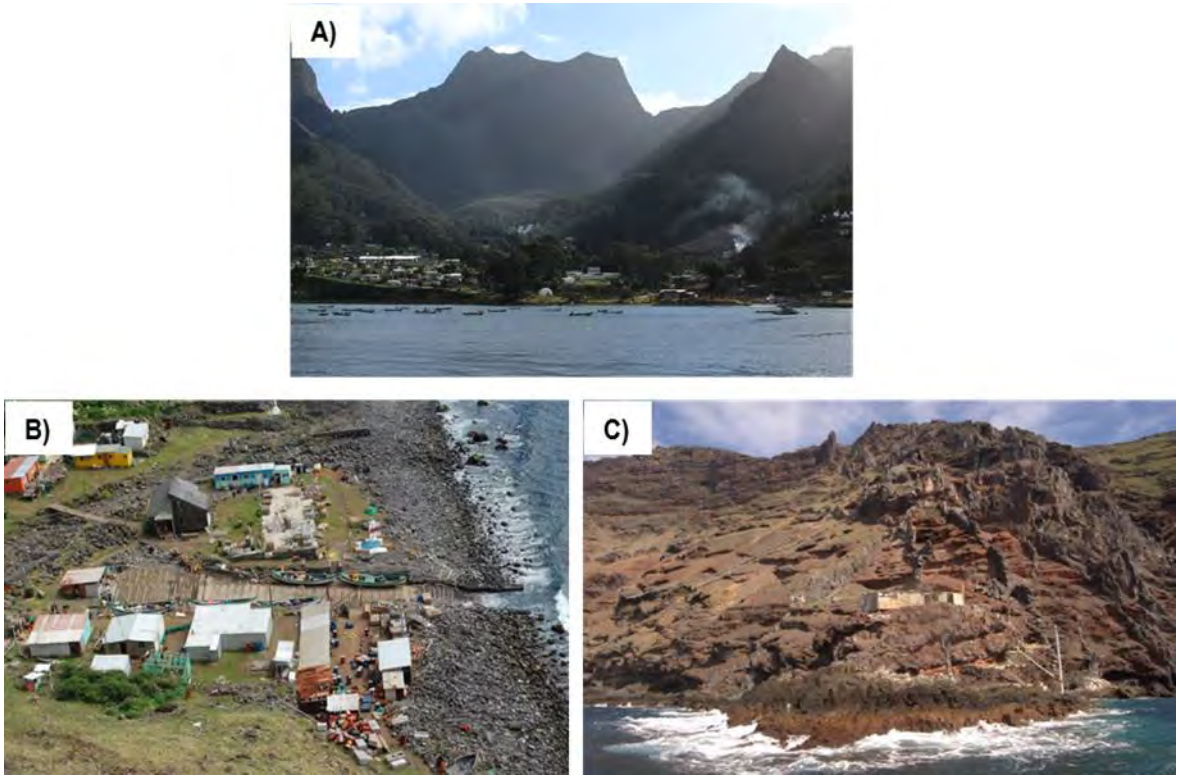


Figura 2 Fotografías del sistema de estudio. A) Bahía Cumberland, subsistema RC-SC. B) "Las Casas", subsistema AS. C) Sector "La Potala", subsistema ID.

3.1.1 Consideraciones espaciales

El programa de seguimiento biológico-pesquero se mantuvo con las consideraciones espaciales desarrolladas en proyectos anteriores, es decir con una resolución espacial a nivel de subsistema, islas Robinson Crusoe-Santa Clara (RC-SC), isla Alejandro Selkirk (AS) e Islas Desventuradas (ID).

Los subsistemas han sido divididos en zonas al interior de cada uno, considerando 11 zonas en RC-SC, 6 en AS (Figura 3) y 3 en ID. Las zonas determinadas para ID corresponden a los caladeros cercanos a la isla San Félix, otra zona entre las dos islas (aproximadamente 12 millas de separación) y una tercera zona alrededor de la isla San Ambrosio. Históricamente los indicadores pesqueros han sido analizados por subsistemas (*e.g*. CPUE) y las zonas han sido utilizadas en la estandarización de la CPUE (Ernst *et al*., 2013).

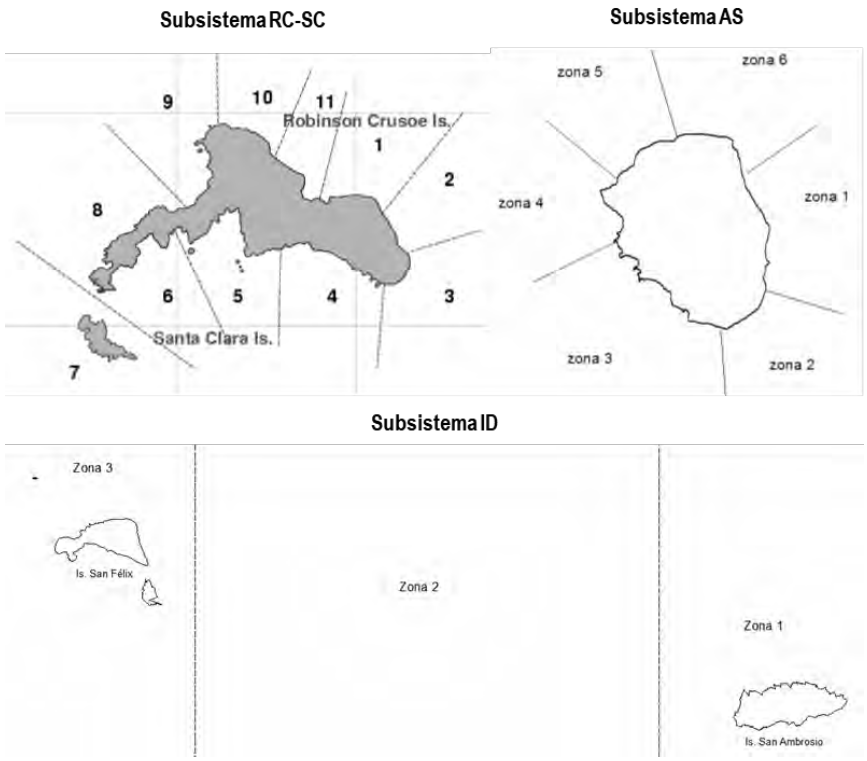


Figura 3 Indicación de la división en zonas estadísticas utilizadas en proyectos anteriores. Arriba subsistemas RC-SC (izquierda) y AS (derecha), abajo subsistema ID.

3.2 Programas de monitoreo

La continuidad del monitoreo biológico y pesquero de langosta se retomó en octubre de 2023 al iniciar la temporada de pesca 2023/24, tanto en AS como RC-SC y se sostuvo hasta febrero de 2024. El monitoreo pesquero en Desventuradas comenzó en octubre de 2023, mientras que el biológico comenzó en diciembre de 2023 con el arribo del muestreador científico a la isla San Ambrosio a fines de noviembre. En tanto la investigación sobre la especie cangrejo dorado se continuó desde septiembre de 2023 en el subsistema RC-SC, ya que es únicamente allí donde opera su flota.

El monitoreo asociado a la pesquería de breca se desarrolló en los 3 subsistemas acoplado al levantamiento de información de las salidas de pesca de langosta. Por su parte, el monitoreo de las especies ícticas se realizó sobre las especies destinadas principalmente a carnada en las pesquerías de crustáceos. Durante el mes de septiembre, período de veda de langosta, se muestrearon salidas de pesca de peces (como vidriola, breca, bacalao, incluyendo pulpo) en RC-SC. En el ANEXO I se encuentra detallado el Programa de monitoreo.

3.2.1 Control de tráfico marítimo

El control de tráfico marítimo es un registro actualizado de los zarpes y recaladas requeridos por la autoridad marítima a la tripulación de las embarcaciones con fines principales de seguridad en el mar. En el sistema de estudio, esta información es recopilada por la Capitanía de Puerto de Juan Fernández, para las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, por el alcalde de mar en la isla Alejandro Selkirk y desde la temporada 2015/16, por el alcalde de mar en Islas Desventuradas. Además, los muestreadores en los subsistemas AS e ID generan una bitácora de salidas diarias de cada embarcación.

Durante el desarrollo de este proyecto se ha obtenido regularmente el control de tráfico marítimo completo de las embarcaciones que tienen actividad pesquera en Juan Fernández. En la actualidad el control de zarpes en RC-SC que informa la Capitanía de Puerto de Juan Fernández está disponible solo en archivos digitales, permitiendo minimizar posibles errores de digitación. Esta información es cruzada con datos de zonas de pesca y duración de la salida de pesca, para determinar la actividad de cada embarcación de la flota (pesca de peces, langostas y cangrejos; ANEXO I).

Desde finales de mayo de 2017, como acuerdo del comité de manejo de las pesquerías de crustáceos de AJF e ID, se implementa en RC-SC la exigencia de informar la especie objetivo del zarpe de todas las embarcaciones. Esta información se ha ido incorporando desde octubre de 2017 en los subsistemas AS e ID a través de los alcaldes de mar, aunque no de forma continua, por lo que el muestreador científico complementa esta información con sus registros diarios. La información es cotejada con la proveniente de Sernapesca, respecto de todas las actividades por caleta. Así, este registro permite obtener el número efectivo de salidas de pesca de toda la flota (esfuerzo total expresado como salidas de pesca; Tabla 1) y el número de embarcaciones operando (Tabla 2). Con esta información se accede a expandir las capturas de las embarcaciones participantes en el programa de monitoreo para estimar la captura total de la flota.

Tabla 1
Control de tráfico marítimo. Número total de salidas destinadas a la langosta y cangrejo por subsistema. Periodo reportado septiembre 2023 – febrero 2024.

Subsistema	Especie	Año 2023				Año 2024	
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
RC-SC	Langosta	-	315	550	232	199	153
	Cangrejo	3	5	8	13	24	22
	Peces	43	345	578	259	205	190
AS	Langosta	-	38	166	108	145	112
ID	Langosta	-	19	23	34	27	26

Tabla 2
Número de embarcaciones operando en la pesquería de langosta por subsistema durante la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 – febrero 2024.

Subsistema	Temporada 2023/24				
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
RC-SC	38	39	38	37	43
AS	16	16	16	15	15
ID	3	3	3	3	3

3.2.2 Monitoreo pesquero

El registro de capturas en las bitácoras de pesca es información de alta relevancia, por lo que se requiere contar con el compromiso y confianza de los pescadores. El programa de monitoreo pesquero involucra el registro de la información de las capturas por salida de pesca y trampa levantada a través de bitácoras completadas por los pescadores a bordo de las embarcaciones. La información básica registrada consiste en: (a) número de embarcación, (b) fecha de embarque, (c) recurso objetivo, (d) peso y tipo de carnadas utilizadas en la salida de pesca, (e) número de trampas totales en el agua, (f) número de ejemplares retenidos y no retenidos capturados por trampa, (g) existencia de ventana de escape en la trampa (si o no), (i) sector donde se encuentra la trampa y (j) observaciones. La bitácora para el subsistema AS adicionalmente incluye un campo donde registrar el número de la marca (Tag) recuperada y talla de la langosta marcada (continuidad del Programa de marcaje y recaptura de las temporadas 2008/09 y 2011/12). En la Tabla 3 se indica el número de salidas registradas por los pescadores durante la temporada de langosta 2023/24 y su cobertura respecto al control de tráfico marítimo (CTM) durante el periodo considerado en el proyecto.

En la isla Alejandro Selkirk ha existido una merma importante en el número de registros aportados por los pescadores, situación que se repite desde hace varias temporadas pese al compromiso voluntario tras conversaciones al inicio de la temporada de pesca, por ello, se reforzó el acuerdo de la temporada anterior con un grupo de pescadores para aumentar la cobertura de las salidas, acción que fue exitosa en términos de compromiso de entrega de bitácoras. Por otra parte, en ID se cuenta con el apoyo de los pescadores quienes desde esta temporada 2023/24 envían fotografías de las bitácoras para que estas sean digitadas, alcanzando una alta cobertura.

Tabla 3
Cobertura mensual de salidas de pesca de langosta registrados en las bitácoras de pescadores en cada subsistema. Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024.

Subsistema	Item	Temporada 2023/24				
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
RC-SC	N° de viajes	63	78	36	43	36
	N° de embarcaciones	19	17	17	15	15
	N° Total de viajes (CTM)	315	550	232	199	153
	% Cobertura viajes	20%	14%	16%	22%	24%
AS	N° de viajes	22	46	14	58	23
	N° de embarcaciones	10	11	11	11	7
	N° Total de viajes (CTM)	38	166	108	145	112
	% Cobertura viajes	58%	28%	13%	40%	21%
ID	N° de viajes	-	-	23	14	12
	N° de embarcaciones	2	2	2	1	1
	N° Total de viajes (CTM)	19	23	34	27	26
	% Cobertura viajes	-	-	68%	52%	46%

3.2.3 Monitoreo con muestreador científico

Las mediciones biológico/pesqueras de cangrejo, langosta y peces fueron realizadas por los muestreadores científicos a bordo de las embarcaciones artesanales durante faenas normales de pesca. La duración de las salidas de pesca de cangrejo y langosta son normalmente mayores que aquellos destinados únicamente a la captura de peces, siendo los de langosta los más extensos.

En el subsistema AS se contó con un (1) muestreador científico para desarrollar las actividades de muestreo biológico durante el período de estudio (temporada 2023/24). En ID se contó con 1 muestreador científico quien arribó en noviembre de 2023. En RC-SC, dado el mayor número de botes operando en RC-SC, fueron por lo menos 3 personas las encargadas del levantamiento de información. Para cubrir distintas zonas y embarcaciones participantes en el programa, los muestreadores fueron rotando en las distintas embarcaciones que operan en cada subsistema.

Una vez a bordo de la embarcación, los muestreadores científicos registraron la información biológica por trampa levantada, muestreando toda la captura de las trampas revisadas (langostas retenidas y no retenidas) y solo al terminar de muestrear una trampa pasan a la siguiente. Adicionalmente, registraron la información del número de langostas retenidas y no retenidas de todas las trampas levantadas en cada salida. Las actividades se ciñen al protocolo de muestreo establecido desde temporadas anteriores.

La talla de langosta corresponde a la longitud cefalotorácica (LC) desde la base de las antenas hasta el final del cefalotórax; la talla de cangrejo dorado se mide considerando el ancho cefalotorácico (AC) que corresponde a la distancia máxima entre las 5ta espinas laterales y en peces se registra la longitud total (LT) y en aquellos cuya aleta caudal es furcada también se mide la longitud horquilla (LH). En la Tabla 4 se indica el número de salidas de pesca realizadas por

muestreadores científicos durante el periodo de ejecución del proyecto, reportando las salidas de septiembre a febrero.

En la Tabla 5 se muestra la cobertura del programa de monitoreos biológico, en RC-SC la cobertura mensual de salidas de pesca fue entre 0.12 y 0.2, en AS estuvo entre 0.18 y 0.06 y en ID entre 0.23 y 0.37. En cuanto a las salidas de cangrejo, la cobertura del programa de monitoreo es considerablemente mayor, dado el menor esfuerzo de pesca realizado en esta pesquería al igual que para las salidas de captura de peces. En las Tabla 6 y Tabla 7 se indican los tamaños muestrales alcanzados como número de individuos registrados por sexo en la pesquería de langosta y cangrejo respectivamente entre septiembre de 2023 y febrero de 2024, únicamente en diciembre y febrero existió registro de cangrejos hembra en las capturas.

Tabla 4
Número de salidas de pesca realizadas con muestreador científico a bordo de las embarcaciones, por subsistema y recurso. Periodo reportado: septiembre – febrero 2024.

Objetivo	Subsistema	Año 2023				Año 2024	
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Langosta	RC-SC	veda	38	45	29	24	30
	AS		7	13	11	14	7
	ID		-	-	10	10	7
Peces	RC-SC	17	14	19	9	6	10
Cangrejo	RC-SC	2	3	5	4	15	13

Tabla 5
Cobertura del monitoreo biológico de las pesquerías de crustáceos en cada subsistema sobre el número total de salidas de pesca. Periodo reportado: septiembre 2023– febrero 2024.

Objetivo	Subsistema	Año 2023				Año 2024	
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Langosta	RC-SC	veda	0.12	0.08	0.13	0.12	0.20
	AS		0.18	0.08	0.10	0.10	0.06
	ID		0.00	0.00	0.23	0.37	0.27
Peces	RC-SC	0.40	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05
Cangrejo	RC-SC	0.67	0.60	0.63	0.31	0.63	0.59

Tabla 6
Tamaños muestrales de capturas de langostas por sexo y subsistema según registros de muestreadores científicos. Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024. H: hembras, M: Machos, O: Ovígeras.

Subsistema	Sexo	Temporada 2023/24				
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
RC-SC	H	251	375	258	94	851
	M	1409	1864	1348	1295	1066
	O	205	287	178	237	238
	Total	1865	2526	1784	1626	2155
AS	H	593	1713	1325	3550	1765
	M	464	829	761	1072	377
	O	146	311	144	160	54
	Total	1203	2853	2230	4782	2196
ID	H	-	-	709	894	503
	M	-	-	1435	1100	568
	O	-	-	209	122	28
	Total	-	-	2353	2116	1099

Tabla 7
Tamaños muestrales de capturas de cangrejo dorado por sexo según registros de muestreadores científicos en el subsistema RC-SC. Periodo reportado: septiembre 2023 – febrero 2024.

Sexo	Año 2023				Año 2024	
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Hembras	0	0	0	10	0	10
Machos	74	119	767	473	931	778
Ovígeras	0	0	0	1	0	0
Total	74	119	767	484	931	788

3.3 Objetivo 1

Estimar indicadores operacionales y pesqueros asociados al desarrollo de las actividades extractivas de crustáceos y peces capturados en el archipiélago de Juan Fernández, considerando variaciones espacio temporales de los mismos.

Indicadores pesqueros

Se mantuvo un seguimiento continuo de la flota operativa en cada subsistema y de la especie objetivo desembarcada por caleta, cruzando la información solicitada a Capitanía de Puerto, las bases de datos del monitoreo biológico y pesquero, además de los registros entregados por Sernapesca (oficina de Robinson Crusoe). De esta forma se obtuvo el número de embarcaciones activas en cada pesquería y por subsistema.

Diseño de muestreo

El presente programa consideró un diseño de muestreo con enfoque multi-etápico, donde la unidad primaria es la salida de pesca y la unidad secundaria es el lance de pesca (*e.g.* trampa, espinel). A

pesar de que los datos se obtienen por área estadística, los estadísticos principales se calculan considerando una estratificación temporal (meses) y espacial (subsistema).

Para cada uno de los recursos que se requiera, las estimaciones de esfuerzo, captura y CPUE se obtienen a partir de los estimadores del Anexo III. Estos usan una notación genérica (lances), aplicables al uso de trampas o espineles verticales.

3.3.1 Langosta de Juan Fernández

En el presente proyecto, al igual que en proyectos anteriores de monitoreo de la langosta, la captura por unidad de esfuerzo se obtuvo a partir del programa de seguimiento de la pesquería a través de bitácoras de pesca. La unidad básica de esfuerzo corresponde a la trampa levantada.

Se contó con la participación de una fracción importante de la flota, mediante la cual se levanta información sobre captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo por zona y subsistema, desde una perspectiva espacial. La subdivisión espacial responde a la forma en que tradicionalmente operan las embarcaciones en torno a los subsistemas RC-SC, AS y al menor número de embarcaciones en ID.

Desde un punto de vista temporal se colectó información por salida de pesca, pero se analizó con una resolución mensual (estrato temporal).

a) Esfuerzo total

El esfuerzo expresado como salidas de pesca por subsistema proviene del control de tráfico marítimo (censal). Se reporta mensualmente según la extensión del proyecto, mientras que el esfuerzo expresado como número de trampas levantadas en la temporada se estima a partir del promedio de trampas levantadas por salida de los botes del programa de bitácoras de pesca y el número total de salidas de pesca proveniente del control de tráfico marítimo (ver el estimador en el Anexo III).

b) Estimación de captura total retenida

La estimación de la captura total retenida por mes y subsistema se obtiene a partir de los estimadores expuestos en el Anexo III. Esta información se obtuvo de las embarcaciones que participaron en el programa de bitácoras de pesca para la parte muestral, y el control de tráfico marítimo para lo censal.

Para expresar la captura total en unidades de biomasa se multiplicaron las estimaciones de número total de langostas por el peso promedio (derivado de la talla media de los estratos temporal y espacial y la relación talla-peso disponible para la langosta) según se detalla en el Anexo III. Ambos elementos aportan varianza, por lo que se utilizó el método Delta (Seber, 1982) para calcular la varianza del producto de dos variables aleatorias.

c) Estandarización de la CPUE

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) puede ser un índice adecuado para evaluar los cambios en abundancia que experimenta una población (Bataille & Quinn, 2004), además puede constituir un buen indicador de la abundancia relativa bajo ciertos supuestos (Gulland, 1964; Large, 1992; Ruarte & Perrotta, 2007). Este programa permite obtener estimaciones nominales de CPUE por mes expresadas como número de langostas por salida de pesca y en número de langostas por trampa levantada.

Los índices de abundancia relativa basados en CPUE pueden ser mejorados mediante estandarización (Maunder & Punt, 2004; Ortiz & Arocha, 2004), con el objeto de remover el impacto de factores externos. En el caso particular de la pesquería de langosta, cambios espaciales en la distribución del esfuerzo se ven mermados por el ordenamiento interno en el manejo pesquero referido a los lugares de pesca asociados a cada pescador/bote. Por otro lado, desde el año 2004 con el cierre temporal de registro de nuevas embarcaciones, se ha contenido la incorporación de nuevos actores a la pesquería. Adicionalmente, las mínimas modificaciones tecnológicas que ha experimentado el aparejo de pesca en los últimos 30 años refuerzan la idea de que la CPUE para la langosta de Juan Fernández puede constituir un buen estimador de la abundancia relativa.

Diversos autores reconocen la necesidad de estandarizar los índices derivados de la captura y la opción utilizada con más frecuencia es mediante la implementación de modelos lineales generalizados (Punt *et al*., 2000), dado que permiten integrar en forma simple los diferentes factores e interacciones que influyen sobre la variación de la captura por unidad de esfuerzo (Hernández & Perrotta, 2006). Para el caso de esta pesquería la estadística de captura por unidad de esfuerzo será estimada considerando el índice "trampas levantadas" como unidad de esfuerzo debido a su alto nivel de resolución, registrando además factores como bote, zona de pesca y fecha de operación.

Para conocer el nivel de relación entre los factores que principalmente afectarían la CPUE, se implementó un modelo lineal generalizado (GLM) donde se consideraron las variables categóricas: a) espacial (zona de pesca), b) operacional (bote), y las variables temporales c) temporada y d) mes. Dado que el número de ejemplares por trampa es una variable aleatoria correspondiente a un conteo, la distribución de probabilidades más utilizada es del tipo *Poisson.* La distribución de probabilidades *Poisson* ha sido sistemáticamente empleada en la estandarización de la CPUE a lo largo de las temporadas (desde la temporada 2006/07 hasta la temporada 2021/22), condicionando el análisis a registros de captura mayores a cero (>0), donde aspectos de la pesquería como la intención de pesca y los rendimientos de capturas iguales a cero no estarían siendo considerados (Tascheri, 2009). En las capturas muy frecuentemente se observan lances iguales a cero (*e.g*., entre las temporadas 2006/07 y 2021/22 las capturas de langostas comerciales iguales a cero han representado un 61% y 36% en RC-SC y AS, respectivamente), por ello, la estandarización de la CPUE junto a la dispersión asociada a los registros iguales a cero capturas fue testeada a través de GLMs con distribuciones de tipo *Poisson, Poisson inflada en cero, binomial negativa y binomial negativa inflada en cero.* Por medio del criterio de información de Akaike (AIC) se identificó que los GLMs con distribución de probabilidades del tipo *binomial negativa inflada en cero (zero inflated negative binomial; ZINB)* fueron los más adecuados para la estandarización de la CPUE. Así,

modelos con distribución binomial negativa posibilitan relacionar la variable respuesta *Y* con variables explicativas *X* a través de una función *link* logaritmo, teniendo un modelo de forma:

$$\log(Y) = X\,\beta\ +\ \epsilon$$

Ecuación 1

siendo β el coeficiente de la función y ϵ la distribución del error de la variable dependiente perteneciente a la familia de dispersión exponencial. La distribución binomial negativa inflada en cero cuenta con un parámetro para la media λ, de escala ρ (varianza) y otro de forma ϕ, que representa la dispersión del error incorporado a la varianza (en este caso truncada en cero $y = 0$) entonces se tiene que:

$$Y \sim nbinom(\lambda,\ \rho,\ \phi)$$

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!}$$

Ecuación 2

donde λ es el número esperado de ejemplares (langostas) con distribución *Poisson,* cuyo parámetro es una variable aleatoria con distribución *Gamma*.

$$f(x)\ =\ \frac{e^{-\lambda}\,\lambda^{x}}{x!}$$

$$g(\lambda)\ =\ \frac{\alpha^{\beta}}{\tau(\beta)}\lambda^{\beta-1}e^{-\alpha\lambda}$$

$$\lambda \geq 0,\ \alpha > 0,\ \beta > 0$$

$$\alpha = \frac{p}{1-p} \text{ y } \beta = r$$

Ecuación 3

Siendo p la probabilidad del éxito en cada prueba, las cuales son indefinidas hasta obtener r resultados favorables. En el modelo general que incluye todos los factores, se espera que el número de individuos sea determinado por la temporada de pesca, el mes, la zona y el bote:

$$\log(\lambda) = \log(1) +\ \beta_0 + \beta_1 u + \beta_2 v + \beta_3 w + \beta_4 z$$

Ecuación 4

donde $\log(1)$ se vuelve nulo debido a que el conteo se hace sobre cada trampa. Los valores *u*, *v*, *w* y *z* representan temporada, mes, zona y bote respectivamente, cada uno con sus coeficientes, y β_0 es un intercepto general.

Los parámetros de los modelos lineales fueron estimados mediante la función *glmmTMB* de la plataforma de programación estadística R (Vernazi, 2004; R Development Core Team, 2011), a fin de contar con un mayor número de familias de distribución de probabilidades disponibles, entre ellas infladas en cero, además de explorar interacciones y efectos aleatorios en las covariables.

Una vez parametrizados todos los modelos, la comparación de ellos se realizó mediante el criterio de información de Akaike (AIC). Las variables dependientes utilizadas en los modelos fueron el número de langostas retenidas y no retenidas por trampa levantada y no por salida de pesca. De esta manera, considerar la trampa como única medida de esfuerzo en el desarrollo de la CPUE ha permitido contar con un índice más preciso ya que el número de trampas cambia a lo largo de la temporada. Esta metodología ha sido aplicada satisfactoriamente en reportes y publicaciones científicas anteriores (Ernst *et al*., 2010a; 2010b).

Como producto de la estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (por trampa) para langostas retenidas y no retenidas se obtuvo un índice anual estandarizado por subsistema.

3.3.2 Cangrejo Dorado

A diferencia de la pesquería de la langosta, el cangrejo dorado se captura comercialmente solo en RC-SC y su distribución espacial está principalmente circunscrita a las zonas 1-5 y 9-11 proyectadas hacia los lugares más externos de la plataforma (300-1000 metros de profundidad).

La construcción de un estadístico de captura por trampa para la pesquería del cangrejo dorado se torna problemático a partir del monitoreo pesquero, dado que no existe una talla de referencia (*e.g*. talla mínima de retención), que permita contar en forma consistente a través del tiempo y de las embarcaciones con el número de cangrejos retenidos por trampa. La CPUE es estimada al igual que para langosta, pero a partir de las salidas de pesca de los muestreadores científicos (cangrejos capturados por trampa levantada) y evaluada en forma mensual. Para la estimación de captura total en número y peso se aplica la misma aproximación que la utilizada para langosta, pero utilizando los datos provenientes del muestreo biológico realizado por los investigadores a bordo de las embarcaciones.

3.3.3 Breca de Juan Fernández

En base a la información biológica/ pesquera recolectada a partir de los viajes de pesca de los muestreadores científicos se construyó un índice de captura por unidad de esfuerzo (según el Anexo III). Estas tasas de captura corresponden al número de brecas por anzuelo utilizado en los espineles (la gran mayoría de los pescadores utilizan espineles verticales de 25 anzuelos). Si bien en RC-SC existirían tres estratos, uno correspondiente a las capturas en salidas de pesca de langostas, de cangrejo y finalmente para consumo humano directo, los pescadores utilizan los mismos espineles verticales y se consideran un solo estrato al calcular las tasas de captura.

La estimación de captura por unidad de esfuerzo se obtuvo de acuerdo a los estimadores del Anexo III, utilizando los datos del monitoreo biológico. La información reportada se circunscribe a los 3 subsistemas.

3.3.4 Vidriola y Bacalao de Juan Fernández

A partir de la temporada 2014/15 la presencia de bacalao en los espineles brequeros ha ido en alza, evidenciándose un claro aumento de su presencia en la plataforma insular del subsistema RC-SC. Se trata de ejemplares de tamaño medio, localmente llamados “guata blanca”, que son capturados regularmente en faenas de pesca con espinel vertical y con anzuelos de tamaño 7, 8 y 9, ya sea con intencionalidad hacia el bacalao o la breca.

Se contempló para el muestreo de septiembre considerar tres estratos:

i. Salidas de pesca para bacalao o breca, con espinel vertical brequero con anzuelos de tamaño # 7, 8 o 9 (12 salidas).
ii. Salidas de pesca para Vidriola con espinel vertical brequero, pero con anzuelos de tamaño # 6 o mixto (6 salidas).
iii. Salidas de pesca para vidriola con curricán (6 salidas).

Se realizaron un total de 20 salidas orientadas a peces (de un total de 24 contempladas en la propuesta), 11 a jurel como pesca objetivo, 7 a vidriola, 1 a breca y 1 a bacalao. Según las estadísticas diarias de captura obtenidas en el muelle cada día durante el mes de septiembre un 30%, 43%, un 4% y un 10% de la captura total se obtuvo para vidriola, jurel, bacalao y breca, respectivamente. Dado que un elevado número de salidas de los pescadores en el mes de septiembre se orientaron a jurel y vidriola y un bajo a bacalao y breca, se cubrieron (muestreadores) mayoritariamente las salidas de las primeras.

3.3.5 Aspectos técnicos de las embarcaciones y equipamiento a bordo

En el presente proyecto se actualiza la información de las características de las embarcaciones que componen la flota pesquera de Juan Fernández, como también las características técnicas del equipamiento a bordo (*e.g.* motores fuera de borda, equipos de navegación y detección). La información fue obtenida a través de entrevistas a los patrones y armadores al inicio de la temporada 2023/24 de la pesquería de la langosta obteniendo información actualizada de todas las embarcaciones.

3.3.6 Caracterización de la cadena productiva local

Durante la ejecución del proyecto se realizó la recolección rutinaria de precios de primera venta de langosta, cangrejo y peces (precios playa) a través de consultas directas a los patrones e intermediarios (ANEXO I. Implementación del programa de seguimiento de las pesquerías de crustáceos de los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas). La información se obtuvo por subsistema y actualizada quincenalmente.

3.3.7 Contrastación de las capturas censales de langosta

De acuerdo con la estructuración espacial de las subpoblaciones de langostas y la forma en que se desarrolla su pesquería, el manejo adecuado de este recurso requiere contar con información

actualizada e histórica de las remociones en cada uno de los subsistemas. Las evaluaciones requieren de esta información y en la actualidad se realizan esfuerzos para disponer de los datos desagregados para cada subsistema, por temporada de pesca y con información actualizada de pesos medios para estimar la biomasa total removida.

Durante el año 2017 se solicitaron las bases de datos de desembarque a SERNAPESCA por bote y salida desde el año 2002 en adelante (fecha en la que estaría disponible la información). Además, se requirió el factor de conversión de número de langostas a biomasa. Durante el desarrollo de este proyecto se continuó alimentando la reconstrucción de desembarques con la información disponible de la temporada 2023/24, cruzando las bases de datos de Sernapesca y los registros obtenidos desde el monitoreo biológico-pesquero para asignar cada embarcación a uno de los 3 subsistemas (RC-SC/AS/ID). Los desembarques diarios de cada embarcación fueron integrados por subsistema y mes. Se contrastaron las estimaciones de desembarques de langosta con los registros de Sernapesca para la temporada 2023/24. Se contrastaron también las capturas "censales" anuales de cangrejo dorado y de breca provenientes de SERNAPESCA con las que se estimaron durante el desarrollo de este proyecto.

3.4 Objetivo 2

Determinar indicadores biológicos de las especies capturadas que den cuenta de la estructura del stock explotado en langosta de Juan Fernández, cangrejo dorado, breca de Juan Fernández, vidriola y bacalao de Juan Fernández.

Aspectos espaciales

Según lo señalado en la sección 3.1.1, la estructura espacial principal considerada en este proyecto para la construcción de estadísticos biológico-pesqueros corresponde a los 3 subsistemas (RC-SC: islas Robinson Crusoe/Santa Clara, AS: isla Alejandro Selkirk e ID: Islas San Félix y San Ambrosio). Las estructuras de tallas, función de portación fueron estimadas con esta resolución espacial. Sin embargo, la proporción sexual, talla media de la captura retenida y total, también fueron estimadas para los subestratos espaciales señalados en la sección 3.1.1., pero utilizando estimadores simplificados, dada la carencia de información censal a este nivel de resolución espacial.

Diseño de muestreo y estimadores

El diseño de muestreo subyacente a este proyecto es uno multietápico, donde se identifican las unidades muestrales de *viajes de pesca y lances* (trampa o espinel vertical). De esta forma la estructura de tamaños se obtuvo de acuerdo a un estimador para proporciones en muestreo multietápico (Anexo III), que ponderó por las capturas a nivel de trampas y viajes de pesca. Por su parte, el estimador de la talla media corresponde al producto de la estructura de talla por la marca de clase de los tamaños en dicha distribución. Finalmente, la proporción sexual es calculada de acuerdo a los estimadores del Anexo III. También se realizan cálculos con una mayor resolución espacial (zonas), pero con las mismas restricciones señaladas en el párrafo anterior.

3.4.1 Información biológica

La información biológica recolectada directamente de la pesquería es importante para complementar la información que entregan los indicadores pesqueros (*i.e*. tasas de captura), y para el diagnóstico de la situación de la pesquería y el uso futuro de modelos de dinámica poblacional.

Para el cumplimiento de este objetivo se utilizó la información recolectada por muestreadores científicos de acuerdo con protocolos establecidos durante la ejecución de monitoreos de años anteriores, para estimar:

a) Composición de tallas de langostas y cangrejo dorado por sexo en la captura y desembarque.
b) Talla media en las capturas y captura retenida para langostas, cangrejo, breca, bacalao y vidriola.
c) Proporción sexual de langostas y cangrejo dorado en la captura y desembarques.
d) Función de portación a la talla de langostas capturadas.
e) Proporción sexual en la captura de peces objetivo

Todo el muestreo biológico se relaciona con la fracción vulnerable a la pesquería. Las mediciones de talla de langostas corresponden a la longitud cefalotorácica (LC) medida desde la base de las antenas hasta el borde posterior del cefalotórax (Ernst *et al*., 2010b, Figura 4), dado que esta es la medida utilizada para fines de manejo. La medida morfométrica registrada para cangrejo dorado es el mayor ancho del cefalotórax (AC) entre la 5ta espina a cada lado (Figura 4), medida que también tiene una utilidad para el manejo (ancho mínimo sugerido de 130 mm). Las tallas fueron registradas con un pie de metro Mitutoyo, con 0.01 mm de precisión. Las mediciones de talla de peces se realizaron con ictiómetro registrando la longitud total y longitud horquilla (para especies con aleta caudal furcada).

Figura 4 Medidas morfométricas registradas para langosta de Juan Fernández (izquierda) y cangrejo dorado (derecha) durante el monitoreo biológico a bordo de las embarcaciones.

En crustáceos cada individuo registrado es sexado. En el caso de las hembras de langostas, se identifica su madurez en base a la presencia de setas ovígeras en los pleópodos y su condición de portación, a través de la presencia de huevos en la cavidad abdominal. En el caso del cangrejo

dorado, a través de los años, la presencia de hembras ha sido esporádica en las capturas y solo se registra la presencia/ausencia de masa ovígera. Esta es una pesquería ampliamente dominada por machos. La información reproductiva de las hembras para el presente proyecto estuvo condicionada a los registros obtenidos durante el seguimiento realizado a la flota cangrejera.

La medición del peso individual de langostas y cangrejos a bordo de embarcaciones artesanales de Juan Fernández ha demostrado ser extremadamente compleja e incierta, por ende, la relación longitud-peso no se caracteriza en el presente trabajo. Se utilizan las estimaciones obtenidas en las temporadas 2011/12, 2012/13, 2013/14 (Ernst *et al.,* 2013) y muestreos biológicos realizados durante el año 2020 para el estudio de madurez del cangrejo dorado.

En el caso de las langostas comerciales (captura retenida) los registros de talla-peso han mostrado ser efectivos en cuanto arriban las langostas a los viveros que se encuentran en el continente. Para ello se gestionó sin éxito, el contacto directo con los intermediarios quienes a voluntad accedían al muestreo, permitiendo tomar lecturas de peso con balanzas digitales. El diseño de muestreo consideraba la medición al azar y sin reemplazo de 600 langostas por subsistema, en una ocasión durante la temporada 2023/24.

El muestreo talla-peso de cangrejo dorado es difícil dado que los ejemplares llegan pre-procesados a tierra. Se buscó realizar muestreos de oportunidad en las plantas de procesamiento de ejemplares desembarcados para obtener muestras biológicas y contribuir a las investigaciones que se realizan en paralelo para determinar la talla de madurez sexual, sin embargo, no se tuvo éxito dadas las condiciones en que llegan los ejemplares al muelle.

El pesado de especies ícticas a bordo de las embarcaciones artesanales de Juan Fernández es complejo, debido a las condiciones de mar. En el pasado se utilizaron balanzas japonesas, pudiéndose obtener mediciones satisfactorias solo bajo condiciones favorables de mar. Por otra parte, la captura es procesada en el mar, ya sea si su destino es carnada o consumo humano directo, no quedando disponible para ser pesada en tierra. En el presente proyecto se experimentó medir y pesar a bordo a cada pez capturado, mediante el uso de una balanza digital colgante (de 5, 20 y 40 Kg), realizando algunas pruebas para evaluar la factibilidad de este tipo de mediciones.

Por otra parte, se determina el sexo de los ejemplares de breca, vidriola y bacalao hasta la talla más pequeña posible inspeccionando sus gónadas solo durante el mes de septiembre en RC-SC, donde las salidas eran dedicadas a la captura de peces.

3.4.2 Análisis de información

La estimación de la estructura de tallas en la captura de langosta y las otras especies comprometidas en este estudio también siguen un diseño de muestreo multi-etápico, y con estratos espaciales (subsistemas) y temporales (meses). Dado que todos los ejemplares de un lance (trampa o espinel) son medidos, entonces los estimadores de captura por trampa presentados en secciones previas, aplican también al particionar la captura en el muestreo biológico en “n” categorías de talla.

Para ambas pesquerías de crustáceos, se procede a hacer un análisis de descomposición modal (McDonald & Pitcher, 1979) identificando grupos modales por sexos presentes en las muestras con una resolución espacial por subsistema. Este ejercicio permite identificar un número probable de componentes modales en la captura. Se utilizó una prueba de razón de verosimilitudes (Hilborn & Mangel, 1998) para determinar el número más probable de grupos modales que se identifican en la muestra.

La información de condición de portación de huevos permite calcular la proporción de portación a la talla, en el caso de las hembras de langostas. Se calculó la función de portación a la talla para cada mes de la temporada.

La condición de madurez a la talla para langosta de Juan Fernández ha sido determinada a través de la presencia de setas ovígeras. En las últimas temporadas este indicador ha generado información inconsistente respecto de una ojiva de madurez logística esperada. De esta forma se mantiene en revisión la metodología de las setas para generar un protocolo más robusto. En base a las recomendaciones obtenidas a partir del proyecto FIPA 2020-35 se continua con los muestreos que permitieran obtener de mejor forma la condición de madurez de las hembras.

Las estructuras de tallas y la función de portación se analizan mensualmente en la pesquería de la langosta durante el desarrollo de la temporada 2023/24 por subsistema insular. En el caso de la pesquería de cangrejo dorado la estructura de tallas se analiza para el periodo septiembre de 2023 a febrero de 2024. Se comparó la función de portación entre subsistemas y entre temporadas para el caso de las langostas.

3.5 Objetivo 3

Determinar la composición específica de las capturas en las operaciones de pesca dirigidas a la langosta de Juan Fernández, cangrejo dorado y en operaciones de pesca dirigidas a peces.

3.5.1 Análisis de información

La información colectada por los muestreadores en las salidas de pesca efectuadas fue analizada a fin de contar con un listado de los ejemplares identificando hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Se consideró como indicador de fauna acompañante la frecuencia de ocurrencia en las trampas registradas (S_0) de acuerdo con lo presentado por Santos et al. (2002):

$$S_0 = \frac{n_i}{N} \cdot 100$$

Ecuación 5

donde, n_i: es el número de trampas con captura de la especie *i*; y N: Número total de trampas observadas.

La frecuencia de las especies es reportada utilizando los mismos criterios propuestos por los autores para clasificar en 4 clases el índice de ocurrencia de especies:

-R: especie rara, $S_0 < 25\%$
-U: especie poco común, $25\% \leq S_0 < 50\%$
-C: especie común, $50 \leq S_0 < 75\%$
-V: especies muy comunes, $S_0 \geq 75\%$

El análisis consideró la importancia relativa en relación con la captura total de fauna acompañante (por especies y grupo taxonómico mayor -clase-) y la captura de la especie objetivo de langostas (retenidas y no retenidas) y cangrejo dorado retenidos. En el caso de la pesquería de langosta, se evalúa por subsistema y para la temporada de pesca 2023/24, mientras que para cangrejo se reporta los registros del periodo septiembre 2023 a febrero de 2024. En el caso de peces, se caracteriza la composición mensual de especies en las capturas realizadas con espineles verticales desplegados alrededor de RC-SC.

3.6 Objetivo 4

Caracterizar la captura incidental (aves, mamíferos y reptiles), a través de la estimación de indicadores y el análisis de sus variaciones espacio-temporales.

3.6.1 Registro y análisis de información

A diferencia de otros aparejos de pesca, la utilización de aquellos pasivos, como las trampas, permiten una escasa, por no bien considerar nula interacción con aves, mamíferos y reptiles marinos.

Desde la ejecución de proyectos de monitoreo anteriores (Ernst et al., 2015; 2016; 2017) se cuenta con un listado de especies que componen la fauna acompañante de las especies objetivo y un listado de especies que se distribuyen en estas latitudes (Anexo II), identificando además a aquellas especies consideradas ETP (*Endangered, Threatened, Protected Species* - Especies en peligro, amenazadas y protegidas) que incluye aves marinas, mamíferos marinos, tortugas marinas, peces altamente migratorios y corales. Se realizó la actualización del estado de conservación de las especies identificadas.

El listado de especies se va enriqueciendo a partir de documentación científica disponible, apoyo de científicos especialistas en cada uno de los grupos taxonómicos y observaciones de los muestreadores científicos y pescadores. El diseño de las bitácoras utilizadas por los muestreadores científicos considera el registro de presencia tanto de fauna acompañante como captura incidental, en aparejos de pesca de crustáceos (trampas) y de peces (espineles, líneas de mano). Estos registros permiten la actualización del listado de especies que forman parte de la captura incidental en las operaciones de pesca de crustáceos y peces objetivo de estudio, detallando información espacial y temporal en caso de eventuales capturas, permitiendo además analizar las posibles causas que provocaron la captura incidental.

Se precisan las salidas observadas por los muestreadores y el total de salidas realizadas según el control de tráfico marítimo en cada subsistema insular (Tabla 5). Se indican adicionalmente para los años 2015- febrero 2024 el número de ejemplares ETP capturados en las pesquerías de crustáceos y de peces (carnada y consumo), utilizando la información muestral por salida con observador científico.

3.6.2 Registro de información

Desde la ejecución de proyectos de monitoreo anteriores (Ernst et al., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; 2020, 2021, 2022) se cuenta con un listado de especies que componen la fauna acompañante[1] de las especies objetivo de las pesquerías. Con el apoyo de científicos especialistas en cada uno de los grupos taxonómicos se mantiene actualizada la guía de terreno para la identificación de cada especie, proveyendo de información escrita para su identificación, de tal forma que los muestreadores científicos adquieran las herramientas para reconocerlas y puedan generar información cuantitativa de su interacción con las pesquerías. El diseño de las bitácoras utilizadas por los muestreadores científicos considera el registro de fauna acompañante en aparejos de pesca de peces (espineles, líneas de mano) y de crustáceos (trampas).

Además, se continuo el trabajo en conjunto con los pescadores para la identificación de especies capturadas no documentadas. Se cuenta desde la temporada 2016/17 con su total disposición a colaborar, de forma que se dispone de los protocolos y la información adecuada para centralizar las muestras o fotografías que obtengan de sus salidas de pesca, a fin de contribuir al listado de especies identificadas para ambos sistemas insulares y avanzar hacia una mejor descripción y cuantificación. A partir de septiembre de 2023 la información es incorporada a un formulario para la sistematización de los registros.

3.7 Contra oferta: Caracterización ambiental

La caracterización de la variabilidad espacio-temporal de las variables ambientales asociadas a la zona pelágica en zonas de distribución de langosta, en el archipiélago Juan Fernández (AJF), consideró la obtención de información desde las siguientes fuentes de datos:

3.7.1 **Anclaje "Estación langosta I"**

Se obtuvieron datos de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto con un anclaje ubicado en el sector este de la isla Robinson Crusoe (Figura 5). Los datos de temperatura y salinidad fueron obtenidos por medio de tres sensores Datalogger CTD de Wisens, mientras que los datos de oxígeno disuelto y temperatura fueron obtenidos a través de tres sensores MiniDOT logger. Los instrumentos fueron ubicados a 50, 75 y 110 metros de profundidad y registraron mediciones con una frecuencia de 10 minutos. La información de los 3 CTD se encuentra disponible desde el 14 de enero del 2022 hasta

[1] Fauna acompañante: es la conformada por especies hidrobiológicas que ocupan temporal o permanentemente un espacio marítimo común con la especie objetivo, y que, por efecto tecnológico del arte o aparejo de pesca, se capturan cuando las naves pesqueras orientan su esfuerzo de pesca a la explotación de las especies objetivo (Ley General de Pesca y Acuicultura N° 20.6457)

el 04 de julio del 2022 y del 22 de septiembre del 2022 al 10 de diciembre del 2023, mientras que la información de los 3 sensores MiniDOT están disponibles desde el 14 de enero del 2022 al 10 de diciembre del 2023. No obstante, se excluyó el período entre el 04 de julio de 2022 y el 22 de septiembre de 2022 debido a la presencia de datos atípicos. Además, a partir del 30 de mayo de 2023 en adelante, no se registraron datos en el sensor MiniDOT situado a 50 metros de profundidad. Por lo tanto, durante este periodo, no se dispone de información a esta profundidad.

Procesamiento de datos: Los datos obtenidos del anclaje presentaron una alta variabilidad en las profundidades obtenidas con el sensor de presión, dada la alta variabilidad que se observa en las corrientes. Debido a lo anterior, se analizó la información considerando la profundidad en cada paso de tiempo, en vez de asumir una profundidad constante para la serie de tiempo de cada instrumento.

Se realizó un control de calidad a los datos donde se eliminaron todos aquellos fuera de un intervalo superior/inferior a 4 desviaciones estándar sobre/bajo el promedio. Estos datos fueron luego interpolados linealmente a una profundidad regular en cada paso de tiempo y luego temporalmente para cada una de estas profundidades. De esta forma se obtuvo una serie de tiempo continua a lo largo de la columna de agua (entre 60 y 110 metros). Los datos originales, muestreados cada 10 minutos, fueron promediados horariamente y luego filtrados con un filtro pasa baja de 40 horas. Esta elección se hizo con el objetivo de suprimir las altas frecuencias asociadas a las mareas, permitiendo así una observación más nítida y detallada de las variaciones en periodos temporales más extensos. Además, se llevó a cabo otro análisis utilizando un filtro pasa baja de 120 horas para explorar variaciones en escalas temporales aún más amplias y obtener una comprensión integral de la dinámica subyacente en los datos.

3.7.2 Muestreos con CTD

Se realizaron mediciones para las variables de temperatura, oxígeno disuelto y salinidad en 35 puntos alrededor de la isla Robinson Crusoe (Figura 5). Estos muestreos fueron realizados utilizando un perfilador oceánico CTD AML el cual cuenta con sensores de temperatura, conductividad, oxígeno y presión permitiendo obtener un perfil en profundidad de las variables previamente mencionadas. Las mediciones se llevaron a cabo mensualmente desde julio de 2022 hasta julio de 2023, específicamente el 22 de julio, el 24 de agosto, el 25 de septiembre, el 27 de octubre, el 29 de noviembre, el 23 de diciembre de 2022, así como el 23 de enero, el 28 de febrero, el 10 de mayo, el 14 de julio de 202329 de diciembre de 2023, 26 de enero de 2024 y 25 de febrero de 2024. No existen registros para los meses de marzo, abril, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre de 2023. Además, se han recuperado datos previos a 2022, específicamente de los meses de noviembre de 2017, febrero de 2018, mayo de 2018, noviembre de 2018, enero de 2019 y marzo de 2019. Estos muestreos se llevaron a cabo utilizando un dispositivo CTD Cast-Away, diseñado para alcanzar profundidades de hasta 100 metros. Este dispositivo CTD está equipado con sensores de conductividad para calcular la salinidad, así como sensores de temperatura, velocidad del sonido y presión. Aunque se realizaron mediciones adicionales con el CTD en otros meses, estos datos se excluyeron del análisis debido a la falta de especificación de las estaciones de muestreo.

Procesamiento de datos: Se realizó un control de calidad, eliminando los datos asociados al periodo de estabilización de los sensores, como también datos escapados. Posteriormente, debido a irregularidades en la velocidad tanto de subida como de bajada del instrumento, se promediaron los

datos en intervalos regulares de 1 dbar (≈1 m) y se utilizaron estos promedios para el análisis. Los datos de conductividad en mS/cm fueron transformados a salinidad en Unidades prácticas de salinidad (PSU), utilizando la función de MATLAB gsw_SP_from_C, que implementa la ecuación termodinámica del agua de mar - 2010 (TEOS-10). Los datos de oxígeno disuelto fueron transformados de µmol/L a mg/L utilizando un factor de conversión de 0.032. Por otro lado, para el análisis de datos se separaron las estaciones por grupo (Figura 5) de la forma en que se muestra en la Tabla 8.

3.7.3 Anomalías estacionales

Con el propósito de evaluar posibles variaciones en las variables alrededor de la isla, se procedió a calcular las anomalías estacionales de dichas variables para cada grupo en tres profundidades: superficie, 50 m y 80 m. Las anomalías estacionales se calcularon siguiendo el siguiente procedimiento

$$Anomalía\ variable_{Estación_{GX}} = mean(variable_{Estación_{GX}}) - mean(variable_{GX})$$

Ecuación 6

Donde "variable" corresponde a la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, "estación" corresponde a las estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño), y "Gx" corresponde a los grupos (G1, G2, G3, G4, G5 y G6). Para realizar este análisis, se han integrado los datos recopilados a partir de 2022 con la información histórica recolectada antes de dicho año. Dado que estos datos históricos fueron recopilados mediante el uso del CTD Cast-Away, no incluyen mediciones de oxígeno disuelto. Por lo tanto, el cálculo de la anomalía estacional de esta variable se realizó exclusivamente utilizando los datos recopilados por el CTD AML, es decir, los datos recopilados de julio de 2022 a febrero de 2024.

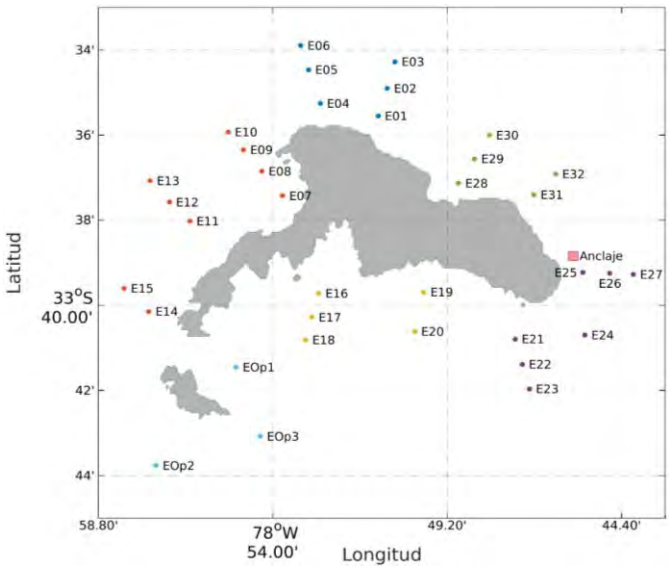


Figura 5 Ubicación del anclaje y estaciones de muestreo con CTD realizadas durante el año 2022-2023. Los colores indican la división por grupo. G1 = puntos azules, G2 = puntos rojos, G3 = puntos amarillos, G4 = puntos morados, G5 = puntos verdes y G6 = puntos celestes.

Tabla 8
Organización de las estaciones por grupo según sus ubicaciones.

Grupo	Estaciones
G1	E01 – E06
G2	E07 – E15
G3	E016 – E20
G4	E21 – E27
G5	E28 – E32
G6	EOp1 – EOp3

4 RESULTADOS

El presente documento corresponde al reporte de la información obtenida durante la ejecución del proyecto de monitoreo de las pesquerías de crustáceos en los subsistemas: i) islas Robinson Crusoe-Santa Clara (RC-SC), ii) isla Alejandro Selkirk (AS) y iii) archipiélago Islas Desventuradas (ID) en el periodo septiembre de 2023 a febrero 2024. Los resultados involucran la información biológico-pesquera de la temporada 2023/24 de la langosta de Juan Fernández (octubre 2023 a febrero 2024), registros de cangrejo dorado y peces (septiembre 2023 a febrero 2024) y el levantamiento de indicadores ambientales.

4.1 Objetivo 1

Estimar indicadores operacionales y pesqueros asociados al desarrollo de las actividades extractivas de crustáceos y peces capturados en el archipiélago de Juan Fernández, considerando variaciones espacio temporales de los mismos.

4.1.1 Langosta de Juan Fernández

Estimaciones puntuales

Las estimaciones puntuales de los indicadores pesqueros que aquí se presentan provienen de la base de datos de bitácoras de pesca de los pescadores que participan en el programa de seguimiento de la pesquería de langosta. La importancia de reportar la información no censal obtenida es debido a la forma en que se pueden tener indicadores espaciales más detallados, no solo a nivel de subsistema, sino también de las zonas presentadas previamente (Figura 3).

Subsistema islas Robinson Crusoe-Santa Clara (Tabla 9): Si bien la estadística que se colecta a través del programa de bitácoras de los pescadores no es censal, tiene una amplia cobertura (superior al 10% Tabla 3) respecto del esfuerzo total (número de salidas de pesca). De la información colectada se observa que las zonas 5, 6, 7 y 8 presentaron mejores rendimientos durante todo el periodo analizado, destacando la zona 6 con rendimientos cercanos a 3 langostas retenidas por trampa levantada durante octubre y noviembre. Los valores más altos de esfuerzo se observan en los meses de octubre y noviembre en las zonas 7, 8, 9 y 10, destacando la zona 7. En contraposición en las zonas 2 y 11 se reportan los rendimientos más bajos en la mayoría de los meses observados.

Subsistema isla Alejandro Selkirk (Tabla 10): Según los datos colectados, la temporada 2023/24 evidencia mayores rendimientos durante enero y febrero. Espacialmente la CPUE más alta es obtenida en la zona 2, seguida de las zonas 3 y 4. El menor esfuerzo y captura fue registrado durante todo el periodo en la zona 6. La temporada inicia con CPUE similar a lo observado en RC-SC.

Subsistema archipiélago Islas Desventuradas (Tabla 11): Los datos reportados corresponden solo a captura y esfuerzo de las zonas 1 (alrededor de isla San Ambrosio) y 2 (en medio de ambas islas). La CPUE observada está sobre 7 langostas retenidas por trampa en todas las zonas entre octubre y febrero, siendo mayor en la zona 2 durante noviembre, mes en el que el rendimiento es el más bajo de la serie en la zona 1.

Tabla 9
Captura (número de individuos retenidos), esfuerzo (número de trampas levantadas) y CPUE (número de individuos retenidos por trampa levantada) para langosta de Juan Fernández en el subsistema islas Robinson Crusoe – Santa Clara, por zona y mes durante la temporada 2023/24 (información no censal). Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024.

Indicador	Zona	Temporada 2023/24				
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Captura	1	104	31	8	13	9
	2	6	39	3	8	0
	3	42	67	26	38	29
	4	8	27	26	67	34
	5	141	83	17	50	30
	6	128	116	18	14	18
	7	268	323	137	168	140
	8	137	215	49	34	84
	9	80	70	24	37	56
	10	195	155	32	41	56
	11	39	54	17	8	7
Esfuerzo	1	115	115	26	45	48
	2	67	91	19	41	20
	3	123	185	99	134	62
	4	28	40	89	91	71
	5	122	133	37	97	31
	6	44	39	40	34	45
	7	296	516	198	214	168
	8	147	254	125	66	92
	9	161	248	129	95	82
	10	284	367	95	135	108
	11	155	136	50	42	38
CPUE	1	0.90	0.27	0.31	0.29	0.19
	2	0.09	0.43	0.16	0.20	0.00
	3	0.34	0.36	0.26	0.28	0.47
	4	0.29	0.68	0.29	0.74	0.48
	5	1.16	0.62	0.46	0.52	0.97
	6	2.91	2.97	0.45	0.41	0.40
	7	0.91	0.63	0.69	0.79	0.83
	8	0.93	0.85	0.39	0.52	0.91
	9	0.50	0.28	0.19	0.39	0.68
	10	0.69	0.42	0.34	0.30	0.52
	11	0.25	0.40	0.34	0.19	0.18

Tabla 10

Captura (número de individuos retenidos), Esfuerzo (número de trampas levantadas) y CPUE (número de individuos retenidos por trampa levantada) para langosta de Juan Fernández en el subsistema isla Alejandro Selkirk, por zona y mes durante la temporada 2023/24 (información no censal). Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024.

Indicador	Zona	Temporada 2023/24				
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Captura	1	52	50	7	45	13
	2	110	174	124	445	96
	3	177	252	120	772	250
	4	82	362	30	304	169
	5	109	241	62	352	156
	6	37	8	2	5	1
Esfuerzo	1	81	145	18	69	15
	2	111	290	161	316	67
	3	167	388	196	845	267
	4	135	478	56	324	187
	5	184	406	118	452	218
	6	65	20	8	18	5
CPUE	1	0.64	0.34	0.39	0.65	0.87
	2	0.99	0.60	0.77	1.41	1.43
	3	1.06	0.65	0.61	0.91	0.94
	4	0.61	0.76	0.54	0.94	0.90
	5	0.59	0.59	0.53	0.78	0.72
	6	0.57	0.40	0.25	0.28	0.20

Tabla 11

Captura (número de individuos retenidos), Esfuerzo (número de trampas) y CPUE (número de individuos retenidos por trampa) para langosta de Juan Fernández en el subsistema archipiélago Islas Desventuradas, por zona y mes durante la temporada 2023/24 (información no censal). Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024.

Indicador	Zona	Temporada 2023/24				
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Captura	1	3440	3850	3249	2185	1693
	2	-	996	823	81	-
	3	-	-	-	-	-
Esfuerzo	1	368	511	416	210	201
	2		85	84	9	
	3	-				
CPUE	1	9.3	7.5	7.8	10.4	8.4
	2	-	11.7	9.8	9.0	-
	3	-	-	-	-	-

Indicadores pesqueros estimados

Esfuerzo de Pesca

El esfuerzo de pesca reportado en la Tabla 12 da cuenta de las diferencias existentes entre los tres subsistemas. De acuerdo con los indicadores presentados, el mayor esfuerzo en salidas se realiza en el subsistema RC-SC donde se observan ocho veces más salidas en octubre, respondiendo al mayor número de embarcaciones que operan en este subsistema, y el menor número de salidas en AS por mal tiempo y los dos viajes realizados de traslado de embarcaciones (el segundo grupo comenzó a revisar trampas días después de iniciada la temporada), aunque los demás meses presentan menor diferencia en el número total de salidas realizadas. En cuanto al número de trampas revisadas por salida de pesca, en promedio es mayor en AS en 13 unidades sobre RC-SC y 17 unidades más que en ID. En el subsistema ID el menor número de trampas levantadas por salida de pesca fue en enero. La menor cantidad de trampas levantadas por salida se explica porque trabajan con dos grupos de trampas caladas, revisándolas en días diferidos, es decir que considerando el tiempo de reposo de las trampas es de 48 horas (trampas son revisadas día por medio en todos los subsistemas) los pescadores van todos los días (a menos de que ocurran restricciones operacionales) a revisar trampas, alternando entre un grupo y el otro de trampas.

El esfuerzo en número de salidas en los tres subsistemas es definido además del número de embarcaciones inscritas, por las condiciones de mar (cierre de puerto) durante el mes.

Captura total retenida

La Tabla 12 señala las capturas retenidas totales estimadas por subsistema en número de ejemplares y estimación de biomasa en toneladas.

En cuanto a las diferencias entre subsistemas se observa que la captura retenida promedio por salida es bastante más alta en ID, seguida por AS, con una gran diferencia en unidades de langostas retenidas. En ID las langostas retenidas por viajes son centenares, registrando en diciembre el mes con mayor captura. En AS el mes con mayor captura se observa en febrero, fluctuando todos los otros meses sobre 20 langostas, registrando el rendimiento más bajo en diciembre. En RC-SC se registraron entre 10 y cerca de 18 langostas retenidas por viaje, con los registros más bajos en enero y febrero.

Entre octubre y diciembre los registros muestran una mayor captura total en RC-SC respecto a AS, siendo incluso mayor a ID durante octubre y noviembre, mientras que en enero y febrero disminuyen a menos de la mitad de lo observado en AS e ID.

En relación a la talla media estimada, dado que durante octubre y noviembre aun no arribaba el investigador a ID no se obtuvo la talla promedio de la captura retenida, por lo que se utilizó la información promedio entre diciembre y febrero. Las langostas retenidas serían de mayor talla en ID, seguida de RC-SC. La mayor biomasa retenida se observa en RC-SC en el mes de noviembre, en contraposición al menor valor registrado en AS en el mes de octubre.

Se observa que de acuerdo con la estimación de la talla media de la captura retenida y asignando el peso medio mensual, se estimó que la captura total retenida en peso durante en AJF fue de 30.5t y 20.1t en ID, sumando un total de 50.5t .

Tabla 12
Esfuerzo de pesca y captura retenida de langosta de Juan Fernández por mes en los subsistemas AS, RC-SC e ID en la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 - febrero 2024.

Estadístico	Subsistema	Temporada 2023/24					TOTAL			
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	2023/24	cv	L_{inf} (2.5%)	L_{sup} (97.25%)
Esfuerzo de pesca total (# de salidas)	AS	38	166	108	145	112	569	-		
	RC-SC	315	550	232	199	153	1449	-		
	ID	19	23	34	24	26	126	-		
Trampas promedio revisadas por salida	AS	36.3	37.7	43.2	35.7	33.7	37.3	3.6%		
	RC-SC	25.2	28.1	26.2	23.3	21.8	24.9	2.9%		
	ID	19.4	26.3	23.6	16.1	19.3	20.2	7.4%		
Esfuerzo de pesca total (# de trampas revisadas)	AS	1379	6254	4661	5182	3779	21254	6.0%		
	RC-SC	7947	15480	6072	4637	3341	37476	3.0%		
	ID	369	606	802	386	501	2664	6.3%		
Captura retenida promedio por salida (número)	AS	27.6	27.6	23.7	26.6	33.9	29.0	5.3%		
	RC-SC	15.5	17.7	15.7	10.2	11.2	14.3	6.8%		
	ID	188.8	181.1	210.7	185.1	161.9	194.0	7.0%		
Captura retenida total (número)	AS	1048	4577	2561	3859	3792	15838	7.7%		
	RC-SC	4891	9738	3653	2030	1708	22019	6.5%		
	ID	3588	4164	7164	4442	4208	23566	7.4%		
Total archipiélago. Juan Fernández (Número)		5939	14315	6215	5889	5500	37857	-	34222	41492
Total archipiélago. Juan Fernández + Islas Desventuradas(Número)		9526	18479	13378	10331	9708	61423	-	56504	66342
Talla promedio captura retenida (mm)	AS	117.0	117.3	116.7	117.3	117.1				
	RC-SC	122.2	123.9	119.8	122.2	122.8				
	ID	123.0	123.0	122.2	122.9	123.9				
Peso promedio captura retenida (g)	AS	743.8	749.0	740.3	750.6	746.2				
	RC-SC	837.5	870.9	794.4	838.9	848.6				
	ID	853.4	853.4	838.9	851.0	870.5				
Peso captura retenida total (t)	AS	0.8	3.4	1.9	2.9	2.8	11.8		10.0	13.6
	RC-SC	4.1	8.5	2.9	1.7	1.4	18.6		16.3	21.0
	ID	3.1	3.6	6.0	3.8	3.7	20.1		17.2	22.9
Total archipiélago. Juan Fernández (t)							30.5		27.5	33.4
Total archipiélago. Juan Fernández + Islas Desventuradas (t)							50.5		46.4	54.6

Captura por unidad de esfuerzo

Subsistema RC-SC*:* En la Figura 6 se reportan las tasas de captura expresadas como número de langostas por trampa levantada por temporada y zona (11 zonas en RC-SC). Tanto para langostas retenidas como no retenidas, los rendimientos de las temporadas 2016/17 y 2017/18 por zona han sido estimados como los más bajos e incluso, durante la temporada 2017/18 en las zonas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 son aún más bajos que la temporada anterior. La estimación de ambos indicadores obtenidas durante el periodo octubre 2023 a febrero 2024 de la temporada 2023/24 están entre los mínimos históricos a excepción de las langostas retenidas en las zonas 5, 6 7 y 8 que se registran sobre 0.5 langostas por trampa.

De la serie temporal de CPUE (langostas retenidas por trampa) por zonas presentada en la Figura 7 se observa que desde la temporada 2012/13, el indicador no supera la unidad de langosta por trampa en ninguna zona, mientras que las zonas 6, 7 y 8 tienden a disminuir después del alza observada en la temporada 2020/21. Destaca el aumento en la zona 5 y su mayor índice respecto a las otras zonas durante la temporada 2022/23 que no se mantiene durante 2023/24. Las únicas zonas que presentaron aumento respecto a la temporada anterior son las zonas 6, 7 y 8, con un notable aumento en la zona 6.

En cuanto a la CPUE nominal mensual de langostas retenidas, el inicio de la temporada 2022/23 muestra valores cercanos a 0.5 unidades de langostas retenidas por trampa, quedando sobre lo observado en la temporada anterior (Figura 8), manteniéndose sobre 0.5 en octubre de 2023, disminuyendo hacia diciembre y presentando un leve aumento entre enero y febrero, sin embargo son los registros más bajos de la serie. La CPUE no retenida presenta valores muy similares a los observados al inicio de la pasada temporada 2017/18, los que se encuentran entre los más bajos de la serie, siendo aún más bajos durante la temporada 2023/24 reportada.

La Figura 9 entrega los registros de las diferentes temporadas de pesca por intervalos de tiempo con la información de la CPUE acumulada. El período inicial de este indicador se posiciona como un *proxy* de las capturas durante la temporada considerando los datos disponibles de todas las temporadas anteriormente registradas, mostrando un alto grado de correlación entre cada mes respecto a los rendimientos de la temporada (Figura 10), lo que da una idea de cuan predictiva es la señal. De acuerdo con Figura 9, la CPUE de langostas retenidas es similar los 3 primeros meses de la temporada, mostrando una pendiente positiva hacia los valores acumulados a febrero y luego se estabiliza, sin embargo en la actual temporada 2023/24 la pendiente es levemente negativa desde octubre hasta febrero. La CPUE no retenida acumulada es más bien similar entre los meses durante las últimas temporadas analizadas, evidenciando también la baja histórica de langostas no retenidas durante la temporada 2023/24. De acuerdo con este *proxy*, considerando los primeros meses de actividad pesquera, para la totalidad de la temporada 2023/24 se esperaban rendimientos de langostas retenidas sobre 0.5 unidades, mientras que, para langostas no retenidas, según este *proxy*, la temporada 2023/24 se proyectaba desde su inicio con los rendimientos más bajos muy cercanos a 2 langostas por trampa levantada.

La Figura 11 muestra un desglose mensual, integrando la información espacial y estacional de la CPUE de langostas retenidas y no retenidas en el subsistema RC-SC. La línea punteada horizontal indica la media de la CPUE de la serie. Para efectos de la CPUE de langostas retenidas la señal de cada temporada es similar, comienza con bajos rendimientos, luego aumentan hasta alcanzar el

máximo entre febrero y marzo, y finalmente disminuyen con el transcurrir de la temporada, sin embargo y como ha sido notado anteriormente, la temporada 2017/18 finaliza con un aumento en ambos indicadores (medias móviles) y aunque la temporada 2018/19 inicia con valores bajo el promedio de la serie, desde enero de 2019 hasta mayo se mantiene el rendimiento de langostas retenidas sobre la media de la serie, tendencia que no se observaba desde la temporada 2010/11 (Figura 11 a). La temporada 2021/22 comienza con valores bajo la media histórica, y aunque en noviembre destaca un aumento mayor incluso a los rendimientos de la temporada 2020/21, este valor no logra sobrepasar la media. La serie tiene tendencia negativa, que se mantiene bajo la media desde la temporada 2015/16. Solo en marzo de 2022 la CPUE sobrepasa la media histórica, sin embargo, el comienzo de la temporada 2022/23 también presenta valores bajos, levemente menores a los observados en el mismo periodo durante las últimas 2 temporadas predecesoras, sin alcanzar la media histórica. Octubre de 2023 muestra levemente mayor al periodo octubre – diciembre de 2022, sin embargo sigue bajo el promedio histórico y se deprime aún más con el trascurrir de los meses, presentando un leve aumento en febrero, sin superar lo observado en octubre de 2023.

En cuanto a los rendimientos de langostas no retenidas (Figura 11 b) se mantiene la tendencia con pendiente negativa, evidenciando valores por debajo de la media histórica desde la temporada 2015/16, solo durante la temporada 2019/20 se sobrepasó la media, coincidiendo también con las langostas retenidas. Este indicador se expresa aún más deprimido al iniciar la temporada 2021/22, alcanzando el máximo en marzo, pero sin sobrepasar la media histórica de la serie, mientras que el inicio de la temporada 2022/23 muestra una leve mejoría respecto al año anterior y sobrepasando la media histórica en marzo de 2023. Desde octubre de 2023 hasta febrero de 2024 el indicador muestra valores muy bajos superando únicamente lo observado en el inicio de la temporada 2021/22 donde se observó la CPUE más baja de toda la serie.

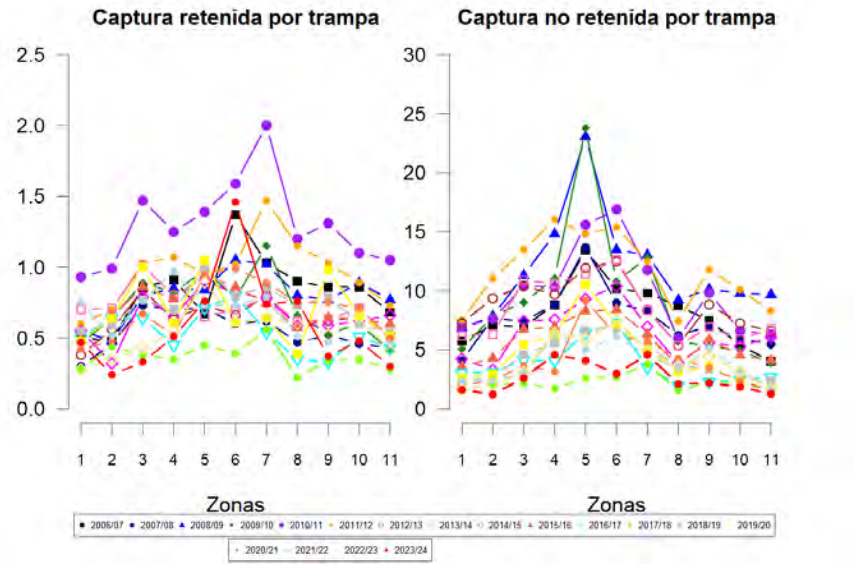


Figura 6 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en las diferentes zonas de pesca del subsistema RC-SC desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24.

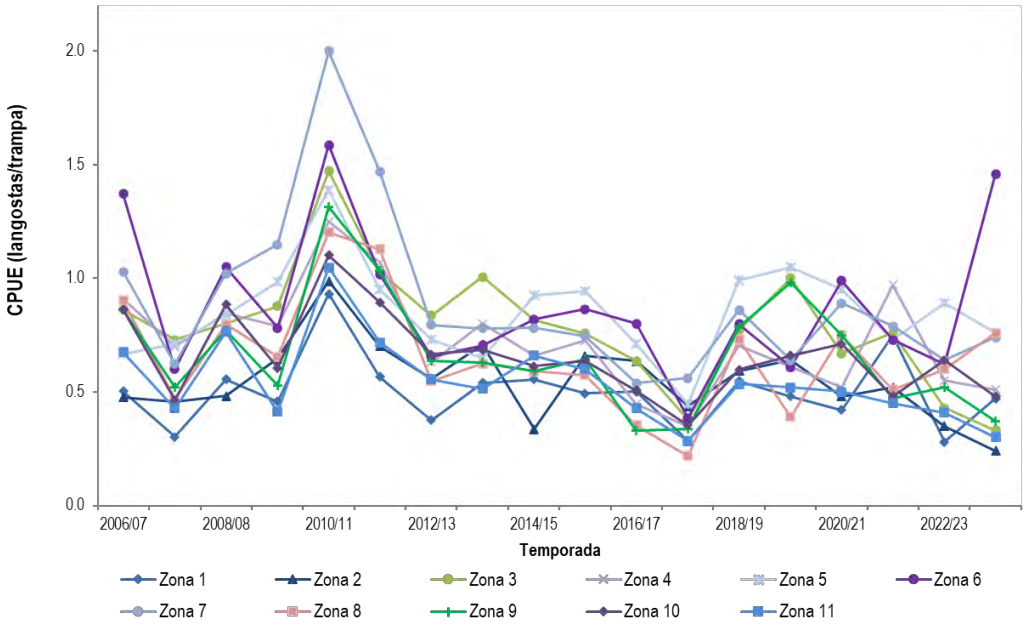


Figura 7 CPUE (número de langostas retenidas por trampa) por zona delimitada en el subsistema RC-SC desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24.

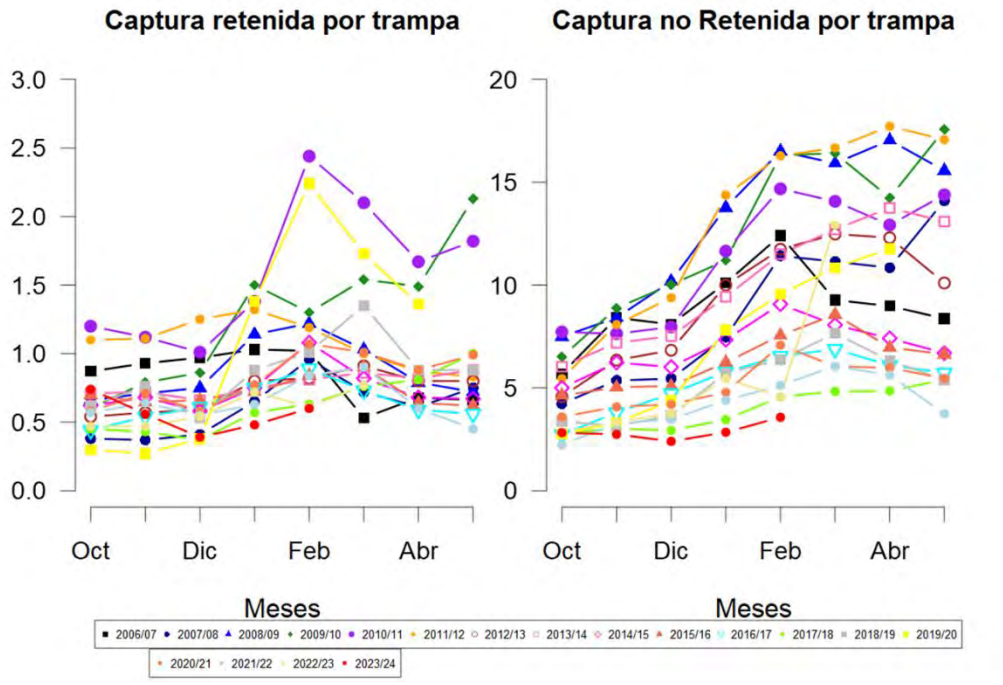


Figura 8 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en los diferentes meses de pesca en el subsistema RC-SC desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24.

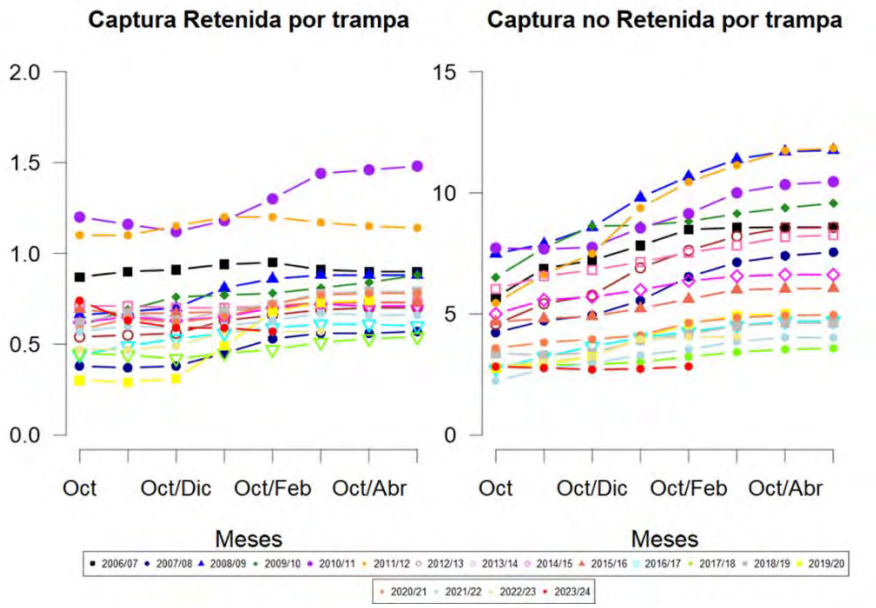


Figura 9 CPUE de langostas retenidas y no retenidas en las diferentes temporadas de pesca (desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24) en el subsistema RC-SC. El eje X representa distintos intervalos de tiempo durante las temporadas utilizados para el cálculo de la CPUE.

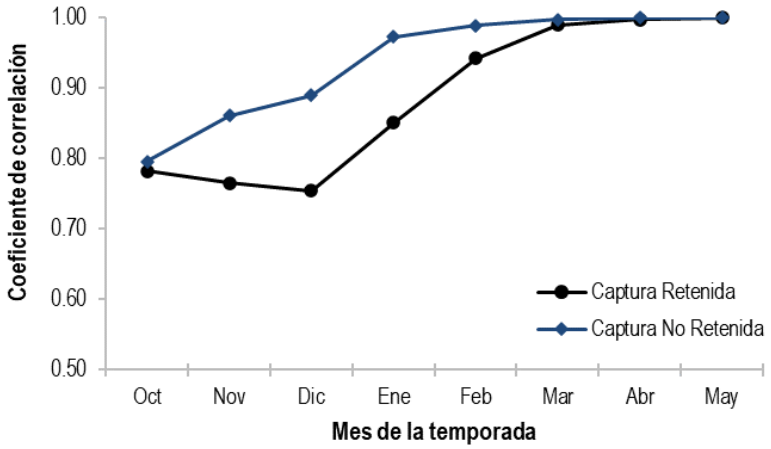


Figura 10 Coeficiente de correlación entre la CPUE calculada a distintos intervalos de tiempo versus la CPUE calculada para la temporada completa, utilizando los datos desde octubre de la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24 para el subsistema RC-SC.

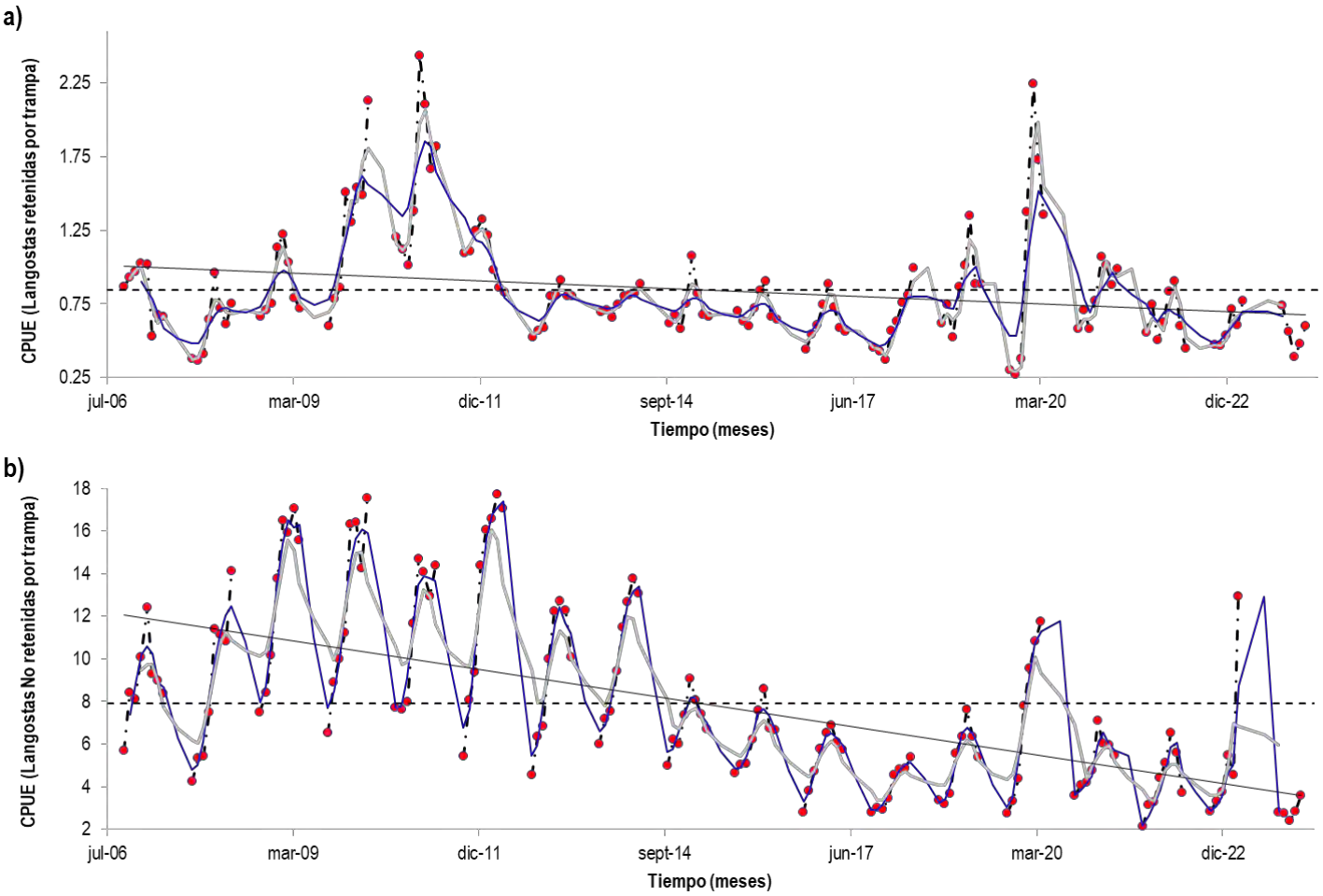


Figura 11 Serie de tiempo de CPUE de langostas retenidas (a) y no retenidas (b) por trampa levantada en el subsistema RC-SC. Los círculos rojos son los promedios mensuales de CPUE, la línea discontinua horizontal indica el promedio de las capturas durante toda la serie, en azul y gris se presentan las medias móviles de 3 y 5 meses, la línea negra continua corresponde a la tendencia de la serie. Periodo octubre 2006 a febrero 2024.

Subsistema AS: La temporada 2023/24 inicia con rendimientos bajos de langostas retenidas y no retenidas mostrando una notoria disminución en todas las zonas (Figura 12). En comparación con lo observado en RC-SC, la disminución de las langostas retenidas alcanza valores similares, cercanos 0.5 unidades y pese a la disminución de langostas no retenidas por trampa, este indicador sigue siendo mayor en AS que en RC-SC (sobre o cerca de 5 ejemplares en todas las zonas).

Desde la Figura 13 se aprecia que al comparar la serie de CPUE por zona entre temporadas luego de la notable disminución en todas las zonas (acentuado en la zona 6) durante la temporada 2017/18, la temporada 2018/19 presentó rendimientos aumentados en todas las zonas, que vuelven a disminuir durante 2019/20, aunque se mantienen sobre la unidad de langostas por trampa. Los rendimientos de la temporada 2021/22 respecto a 2020/21 están deprimidos en todas las zonas menos en la zona 3 que presenta un pequeño aumento. Durante la temporada 2022/23 los valores tienden a disminuir levemente, a excepción de la zona 6 que presenta un suave aumento. La temporada 2023/24 muestra disminuciones leves pero en todas las zonas, incluso la zona 6 alcanza el valor más bajo de la serie y la zona 1 también está entre las más bajas.

Bajo un punto de vista estacional al analizar la Figura 14 se observa que los valores de la temporada 2022/23 son similares a lo observado en la temporada 2019/20 en cuanto a captura retenida por trampa, configurándose entre los más bajos de la serie, sumado a esto, la temporada 2023/24 presenta valores aún más bajos, sin lograr superar la unidad de langostas retenidas. La captura no retenida observada durante la temporada 2023/24 se encuentra entre los valores más bajos de toda la serie desde la temporada 2006/07, aunque presenta un leve incremento desde diciembre a febrero.

Al igual que en RC-SC, las CPUEs agrupadas entregarían un patrón del comportamiento del indicador desde el inicio de la temporada (Figura 15). De acuerdo con este *proxy* (Figura 16) era de esperar que la temporada 2023/24 mostrara rendimientos más bien similares y bajo la unidad de langostas retenidas por trampa, mientras que la predicción de las langostas no retenidas alcanzaría cerca de 10 langostas no retenidas por trampa.

La integración espacial y estacional de la CPUE de langostas retenidas y no retenidas en AS presentada en la Figura 17 muestra la fuerte caída de la CPUE durante la temporada 2017/18 y su recuperación con valores sobre el promedio histórico durante la mayor parte de la temporada 2018/19. Sin embargo, este comportamiento no se replica en las temporadas siguientes incluyendo la pasada temporada 2022/23, decayendo nuevamente al iniciar la temporada 2023/24, alcanzando los valores más bajos de la serie durante noviembre y diciembre (Figura 17 a). La CPUE de langostas retenidas superó la media por última vez durante la segunda parte de la temporada 2019/20. El indicador de langostas no retenidas (Figura 17 b) se recupera durante el verano de 2022 (temporada 2021/22), mientras que la temporada 2022/23 inicia con los valores más bajos observados en la serie histórica recuperándose hacia diciembre-enero, aunque por debajo de la media histórica. La CPUE de langostas no retenidas en octubre de 2023 se deprime nuevamente en comparación a lo reportado para febrero y marzo de 2023, presentando los valores más bajos de la serie para los meses de enero y febrero. La tendencia de ambos indicadores tiene pendiente negativa y está por debajo de la media de la serie desde la temporada 2015/16.

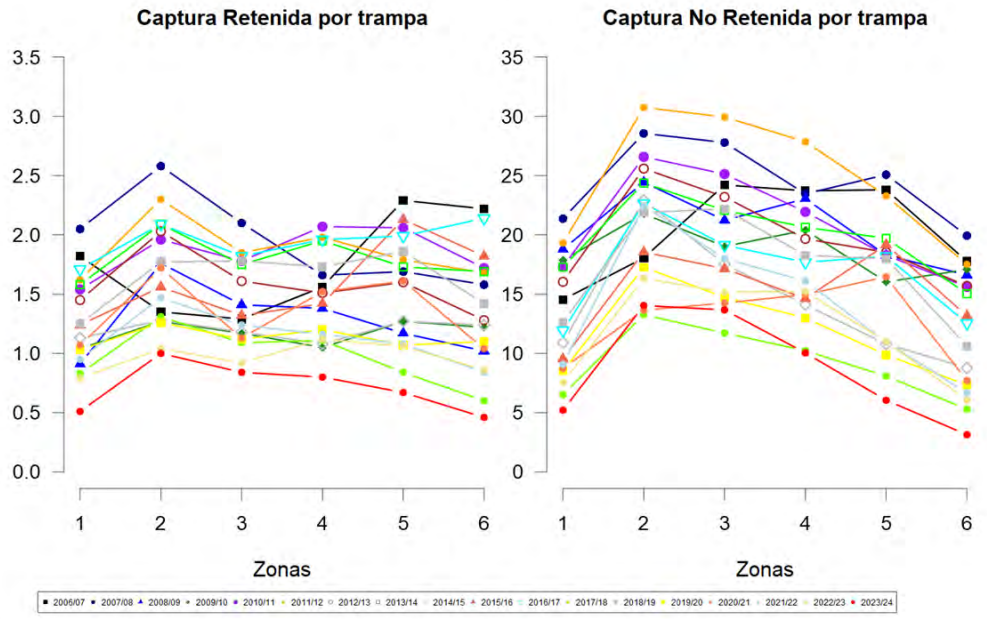


Figura 12 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en las diferentes zonas de pesca del subsistema AS desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24.

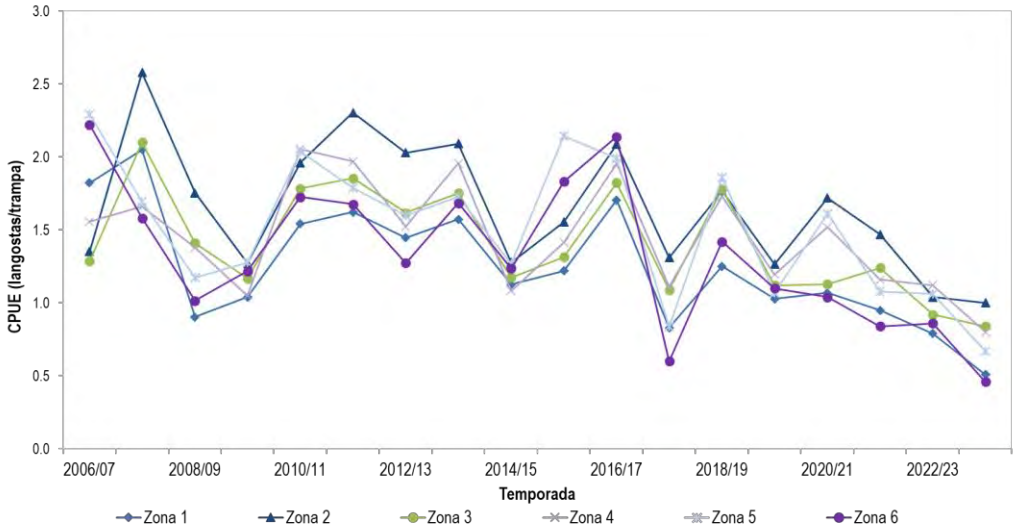


Figura 13 CPUE (número de langostas retenidas por trampa) por zonas delimitadas del subsistema AS desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24.

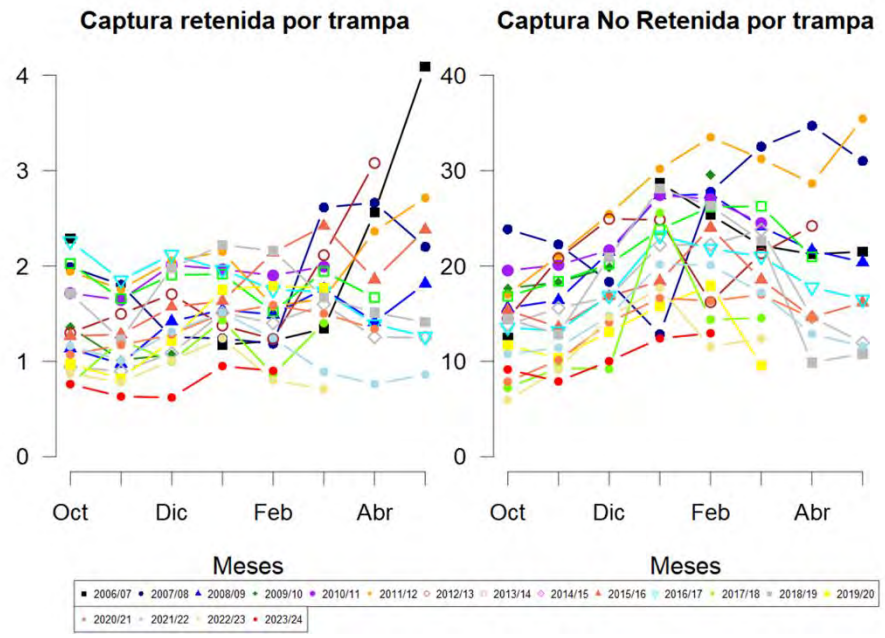


Figura 14 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en los diferentes meses en el subsistema AS desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24.

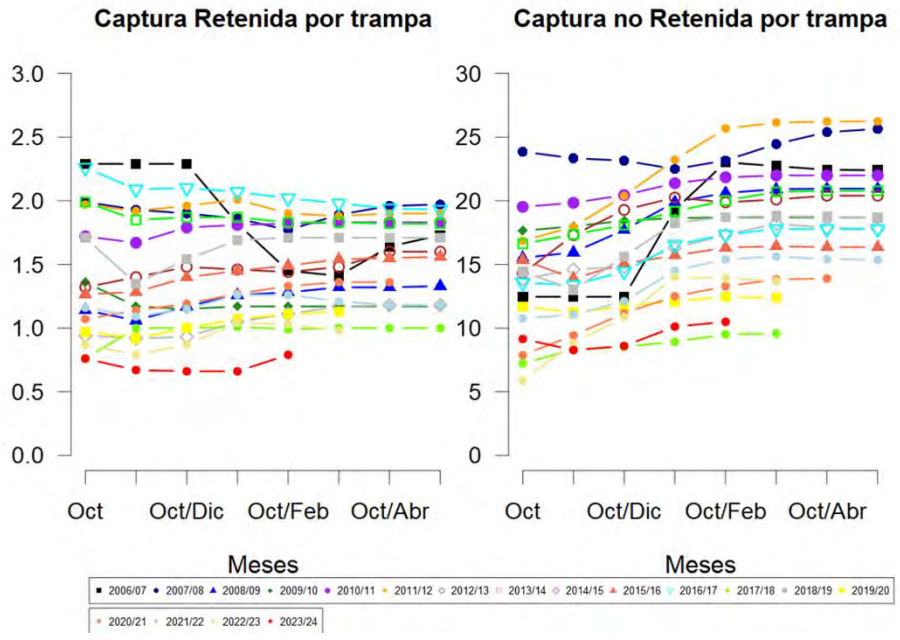


Figura 15 CPUE de langostas retenidas y no retenidas en las diferentes temporadas de pesca (desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24) en el subsistema AS. El eje X representa distintos intervalos de tiempo durante las temporadas utilizados para el cálculo de la CPUE.

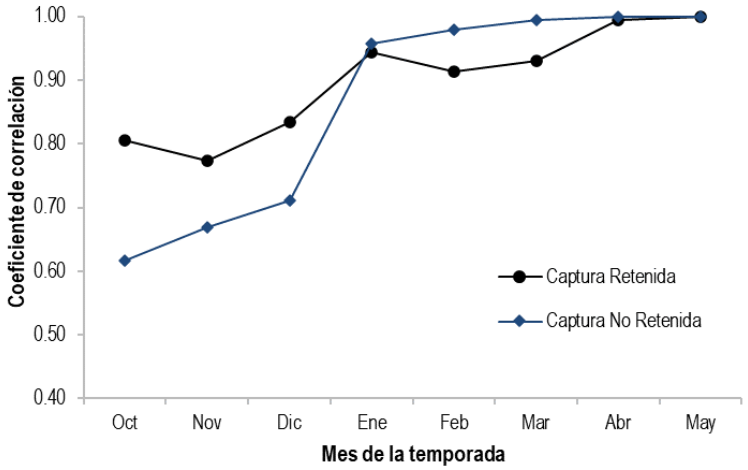


Figura 16 Coeficiente de correlación entre la CPUE calculada a distintos intervalos de tiempo versus la CPUE para la temporada completa, utilizando los datos desde octubre de la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24 para el subsistema AS

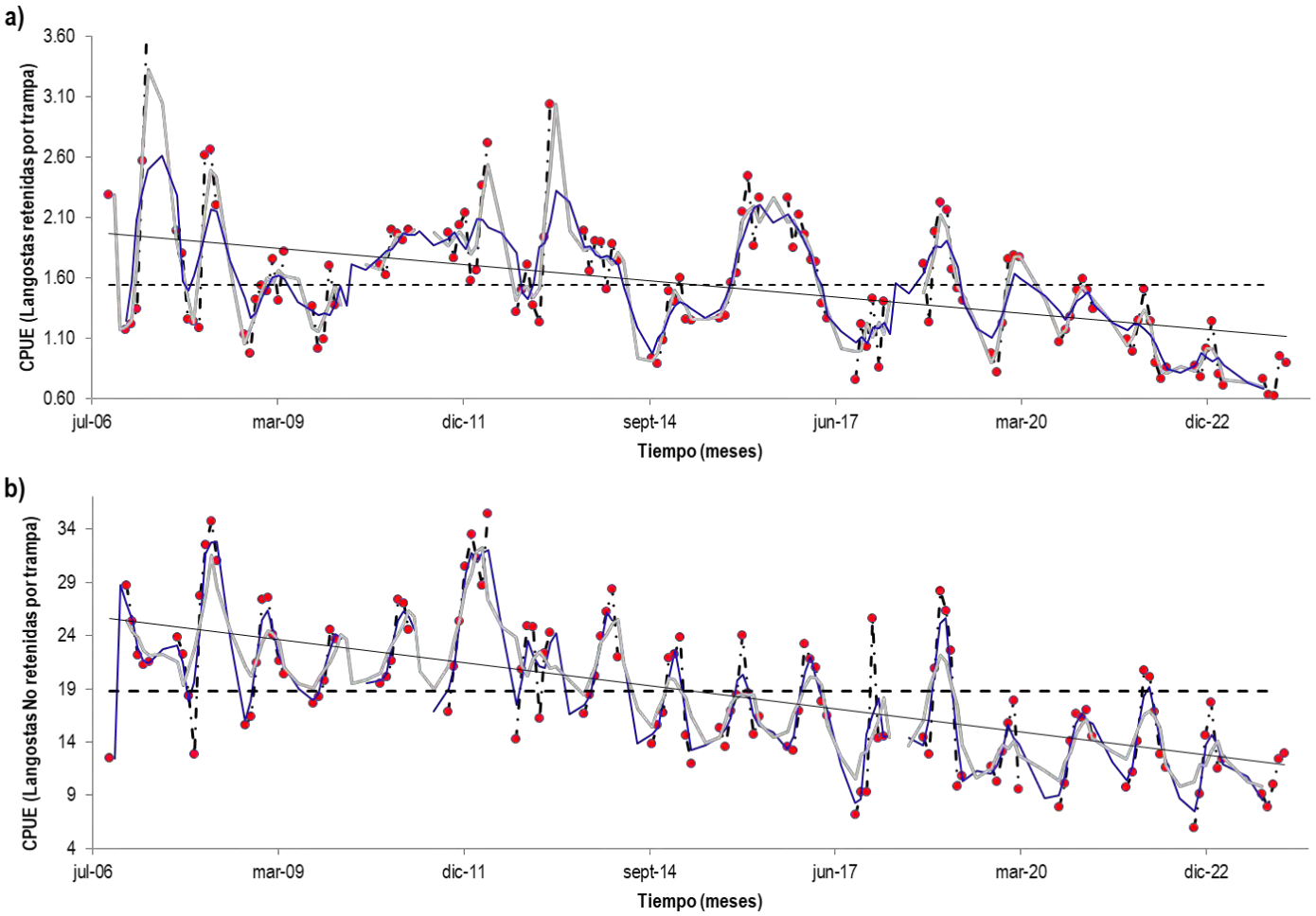


Figura 17 Serie de tiempo de CPUE de langostas retenidas (a) y no retenidas (b) por trampa levantada en el subsistema AS. Los círculos rojos son los promedios mensuales de CPUE, la línea discontinua horizontal indica el promedio de las capturas durante toda la serie, en azul y gris se presentan las medias móviles de 3 y 5 meses, la línea negra continua corresponde a la tendencia de la serie. Periodo octubre 2006 a febrero de 2024.

Subsistema ID: El desarrollo de la pesquería de la langosta en este subsistema es inconsistente entre temporadas y meses. Aunque desde la temporada 2014/15 se había desarrollado por lo menos durante los primeros 3 meses (octubre – diciembre) solo durante la temporada 2018/19 los pescadores no se trasladaron hasta la isla San Ambrosio, retomando sus actividades hasta la temporada 2023/24. La temporada 2019/20 inició de forma tardía los últimos días de octubre al igual que la temporada 2020/21 que partió en noviembre, mientras que la temporada 2021/22 empezó a fines de octubre, extendiendo las actividades pesqueras hasta mayo. La temporada 2022/23 inició en octubre, extendiéndose hasta mayo, respondiendo a los rendimientos y la demanda de langostas. La reciente temporada 2023/24 también inició en octubre, con el traslado de tres embarcaciones y su tripulación.

La Figura 18 presenta la CPUE mensual durante las distintas temporadas. En la temporada 2019/20 se registraron los valores históricamente altos para las capturas retenidas, similar a lo observado en las recientes temporadas 2022/23 y 2023/24, esta última presentó sobre 8 langostas retenidas por trampa durante toda la temporada. Entretanto la captura no retenida es parecida entre temporadas, destacando la temporada 2021/22 que presentó los valores más altos de la serie, mientras que, si bien la temporada 2022/23 inició con menores valores de captura no retenida, al igual que la temporada 2023/24, se encuentran dentro de los más altos de la serie, alcanzando cerca de 20 langostas no retenidas por trampa.

Lo anterior es aún más evidente en la integración espacio temporal de los rendimientos de la pesquería (Figura 19). De acuerdo con lo presentado, la CPUE retenida durante las temporadas 2022/23 y 2023/24 son las más altas de la serie, alcanzando más de 8 langostas retenidas por trampa. Esto no se replica en las langostas no retenidas, que muestran una caída en su índice durante la temporada 2022/23 con un pequeño aumento durante la temporada 2023/24, alcanzando cerca de las 24 langostas no retenidas por trampa.

Finalmente, al analizar la CPUE agrupada por intervalos de tiempo (Figura 20) era de esperar para la temporada 2023/24 un alza importante en la captura retenida y rendimientos cercanos a 20 langostas no retenidas por trampa.

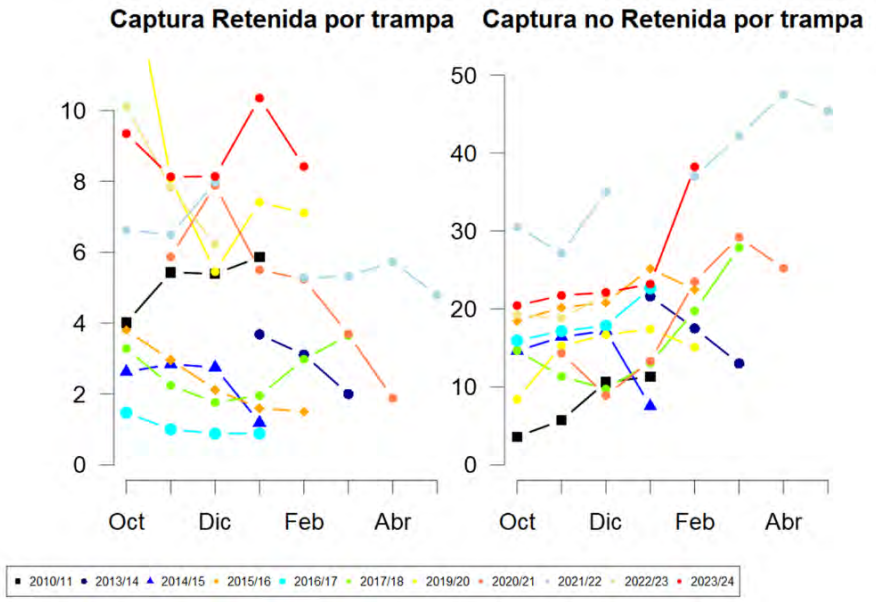


Figura 18 Número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) en las diferentes zonas de pesca del subsistema ID desde la temporada 2006/07 hasta febrero de la temporada 2023/24.

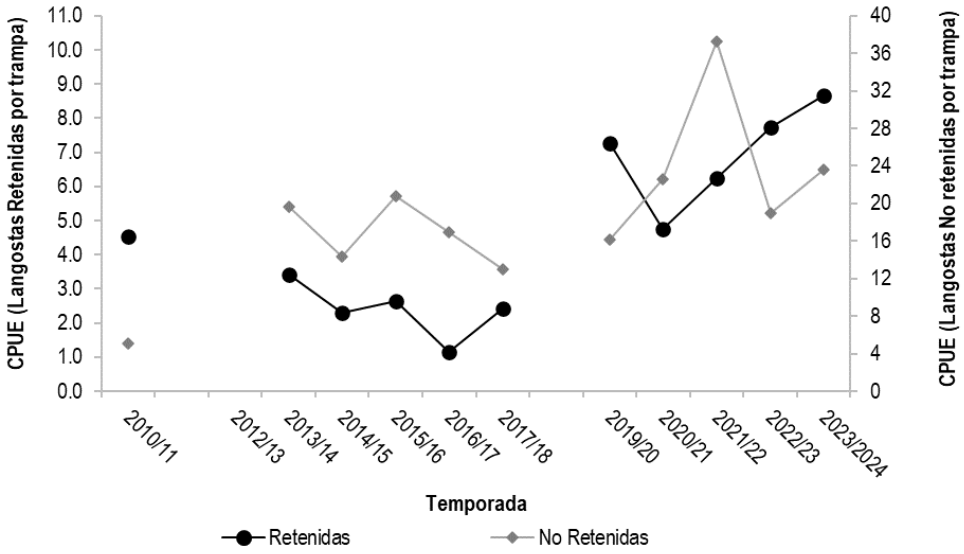


Figura 19 Serie de tiempo del número de langostas retenidas y no retenidas capturadas por trampa levantada (CPUE) por temporada en el subsistema ID.

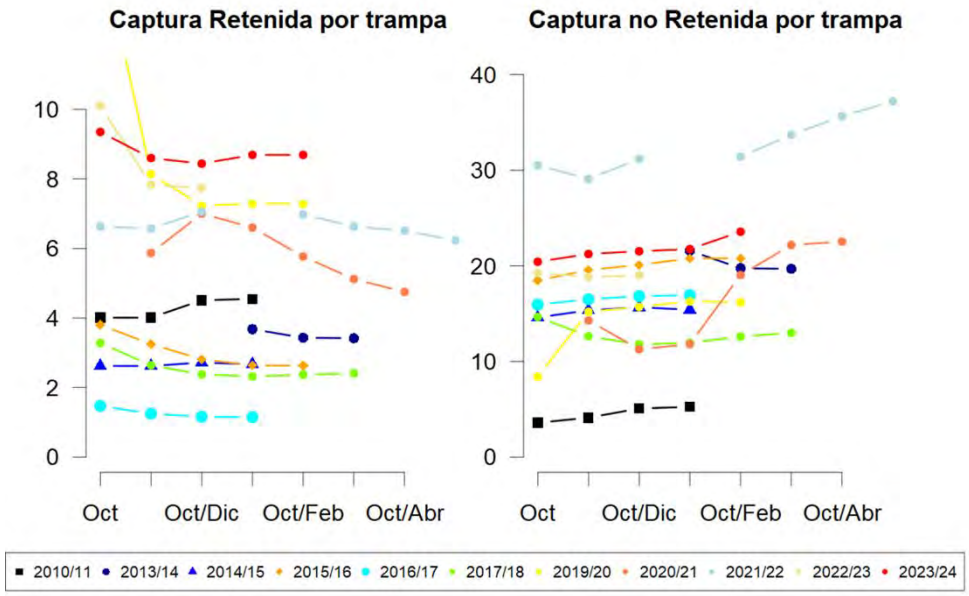


Figura 20 CPUE de langostas retenidas y no retenidas en las diferentes temporadas de pesca en el subsistema ID. El eje X representa distintos intervalos de tiempo durante la temporada utilizados para el cálculo de la CPUE.

Estandarización de la CPUE

El modelo que presenta mejor ajuste en la estandarización de la CPUE de langostas retenidas y no retenidas para los subsistemas RC-SC y AS fue el modelo 9.

El modelo 9, al igual que los otros, utiliza una distribución de probabilidades del tipo binomial negativa inflada en cero, y considera las variables categóricas temporal (temporada y mes) como efectos fijos, y espacial (zona) y operacional (bote) como efectos aleatorios anidados, donde el nivel jerárquico zona está por sobre botes dado que las embarcaciones operan en más de una zona. La configuración de este modelo ha posibilitado a su vez reducir considerablemente la sobre dispersión de los datos observados que cuentan con una alta cantidad de capturas iguales a 0, sugiriendo la verosimilitud binomial negativa inflada en cero más adecuada que una verosimilitud de tipo Poisson (Tabla 13 y Tabla 14). La Figura 21 representa el desempeño de los residuos asociados al modelo 9 con efectos aleatorios para langostas comerciales del subsistema RC-SC, siendo la distribución de los residuos muy similares para los otros modelos igualmente configurados (modelo 9) que se ajustaron a langostas no retenidas de RC-SC, y retenidas y no retenidas de AS.

La CPUE estandarizada de langostas retenidas y no retenidas en el subsistema RC-SC (Figura 22) evidencia la caída sistemática desde la temporada 2013/14, alcanzando los más bajos rendimientos en la temporada 2017/18, incluso más bajos que hace 10 años atrás. Sin embargo, se advierte su recuperación desde la temporada 2018/19, alcanzando sobre 0.5 langostas retenidas y sobre 2 langostas no retenidas por trampa, este último, sigue siendo bajo comparado con la serie completa. Posterior a esa alza observada en la temporada 2018/19, las últimas cuatro temporadas han ido a

la baja nuevamente para langostas retenidas, solo mostrando un leve aumento esta última temporada 2023/24. Similar ocurre con las langostas no retenidas, cuya CPUE también disminuyó las últimas tres temporadas, mostrando una leve alza en temporada 2022/23 y una nueva disminución durante 2023/24, alcanzando los valores más bajos de la serie.

En AS, la CPUE estandarizada de langostas retenidas (Figura 23) muestra fluctuaciones entre temporadas sin un patrón de crecimiento o decrecimiento acentuado, sino más bien un zig-zag entre ~0.8 y 1.8 langostas retenidas hasta la temporada 2020/21. La temporada 2016/17 está entre los mayores rendimientos de langostas retenidas por trampa, cayendo abruptamente en la temporada 2017/18 que alcanza los niveles más bajos de la serie, cercanos a ~0.8. La CPUE venía en aumento después del fuerte descenso observado durante 2014/15, pero está aún más reducida en la temporada 2017/18. La temporada 2018/19 muestra un aumento favorable, semejando el valor alcanzado durante 2015/16, pero vuelve a decaer en 2019/20, presentando una mejora en la temporada 2020/21 y decreciendo nuevamente desde la temporada 2021/22, hasta la actual temporada 2023/24 que además es el registro más bajo de la serie. El patrón de la CPUE estandarizada de langostas no retenidas presenta una disminución desde la temporada 2013/14, cayendo fuertemente en la temporada 2017/18, que alcanza el mínimo histórico de la serie estandarizada (~6 langostas no retenidas por trampa). Si bien hay un aumento de la CPUE en 2018/19, vuelve a caer en la temporada 2019/20 y se estabiliza cercana a las 8-9 langostas no retenidas por trampa durante las pasadas temporadas 2020/21 y 2021/22, recayendo nuevamente durante la temporada 2022/23 hasta 8 langostas y alcanzando los valores más bajos de la serie (~6 langostas) durante 2023/24. Desde 2019/20 a 2022/23 la estandarización muestra una fluctuación de la CPUE en el intervalo de 8 a 10 langostas no retenidas.

Tabla 13
Resultados de la estandarización de CPUE según modelos ajustados a las langostas capturadas retenidas y no retenidas en el subsistema RC-SC. N.Lan corresponde a número de langostas por trampa.

	Bitácoras			
Descripción del modelo	df	Langostas retenidas AIC	df	Langostas No retenidas AIC
Modelo 0: N.Lan ~ 1	3	1174407	3	2949038
Modelo 1: N.Lan ~ Temporada	20	1163011	20	2883731
Modelo 2: N.Lan ~ Temporada + Mes	27	1155328	27	2834315
Modelo 3: N.Lan ~ Temporada + Mes + Zona	37	1149930	37	2804530
Modelo 4: N.Lan ~ Temporada + Mes + Zona + Bote	140	1143869	140	2770813
Modelo 5: N.Lan ~ Mes + Zona + Bote + (1|Temporada)	124	1143978	124	2770958
Modelo 6: N.Lan ~ Temporada + Zona + Bote + (1|Mes)	134	1143918	134	2770879
Modelo 7: N.Lan ~ Temporada + Mes + Bote (1|Zona)	131	1143927	131	2770898
Modelo 8: N.Lan ~ Temporada + Mes + Zona (1|Bote)	38	1144286	38	2771326
Modelo 9: N.Lan ~ Temporada + Mes + (1|zona/Bote)	63	1139733	63	2751640

Tabla 14
Resultados de la estandarización de CPUE según modelos ajustados a las langostas capturadas retenidas y no retenidas en el subsistema AS. N.Lan corresponde a número de langostas por trampa.

	Bitácoras			
Descripción del modelo	df	Langostas Retenidas AIC	df	Langostas No retenidas AIC
Modelo 0: N.Lan ~ 1	3	585186	3	1346443
Modelo 1: N.Lan ~ Temporada	20	576335	20	1326141
Modelo 2: N.Lan ~ Temporada + Mes	27	574998	27	1310664
Modelo 3: N.Lan ~ Temporada + Mes + Zona	32	573906	32	1302645
Modelo 4: N.Lan ~ Temporada + Mes + Zona + Bote	64	569464	64	1276915
Modelo 5: N.Lan ~ Mes + Zona + Bote + (1|Temporada)	48	569564	48	1277036
Modelo 6: N.Lan ~ Temporada + Zona + Bote + (1|Mes)	58	569497	58	1276968
Modelo 7: N.Lan ~ Temporada + Mes + Bote (1|Zona)	60	569493	60	1276955
Modelo 8: N.Lan ~ Temporada + Mes + Zona (1|Bote)	33	569580	33	1277095
Modelo 9: N.Lan ~ Temporada + Mes + (1|zona/Bote)	58	567517	90	1267313

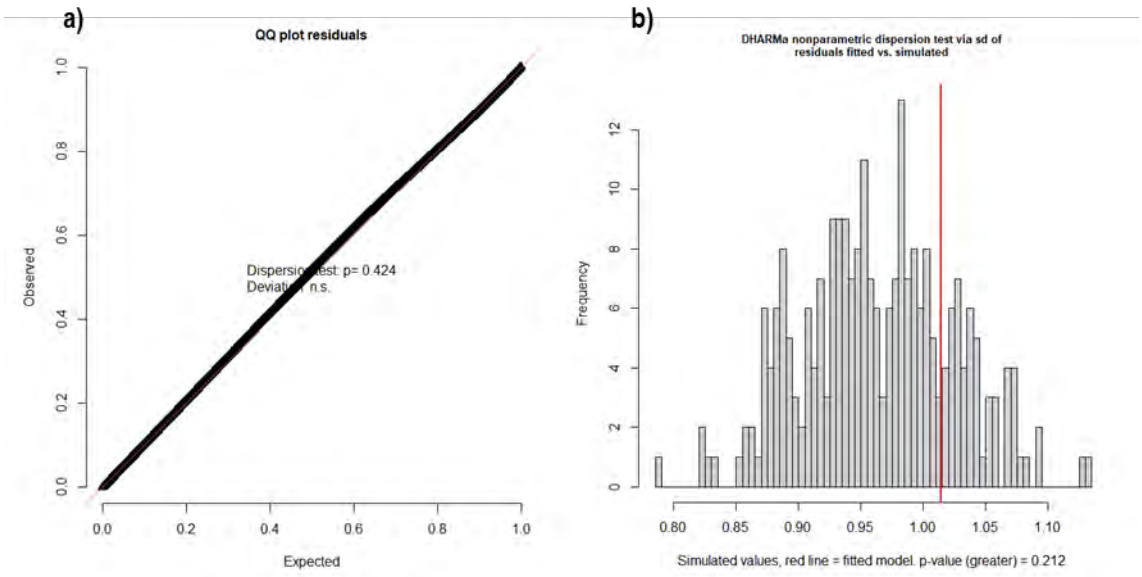


Figura 21 Representación de los residuos asociados al modelo 9 (con efectos aleatorios). (a) QQ-plot de residuos observados y residuos predichos junto a (b) histograma de distribución de frecuencia de residuos simulados respecto de la diferencia entre los residuos observados y predichos (línea roja). Las características de la distribución de los residuos de esta figura fueron muy cercanas al diagnóstico de residuos derivados de modelos igualmente configurados para langostas no retenidas de RC-SC, y retenidas y no retenidas de AS.

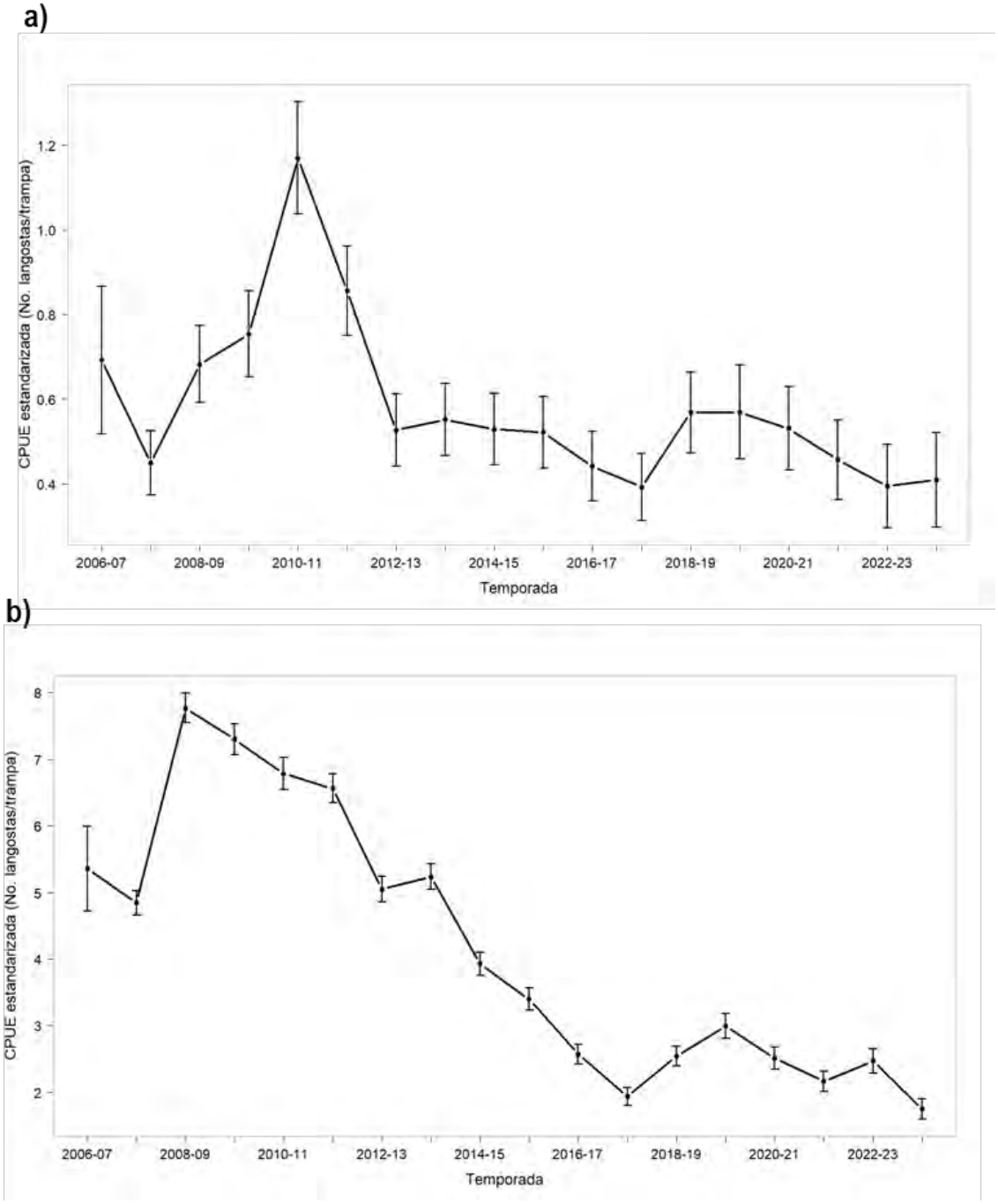


Figura 22 Estandarización de la CPUE de langostas retenidas por trampa (a) y langostas No retenidas por trampa (b) en RC-SC. Temporadas 2006/07 a 2023/24. Líneas verticales corresponden a intervalos de confianza del 95%.

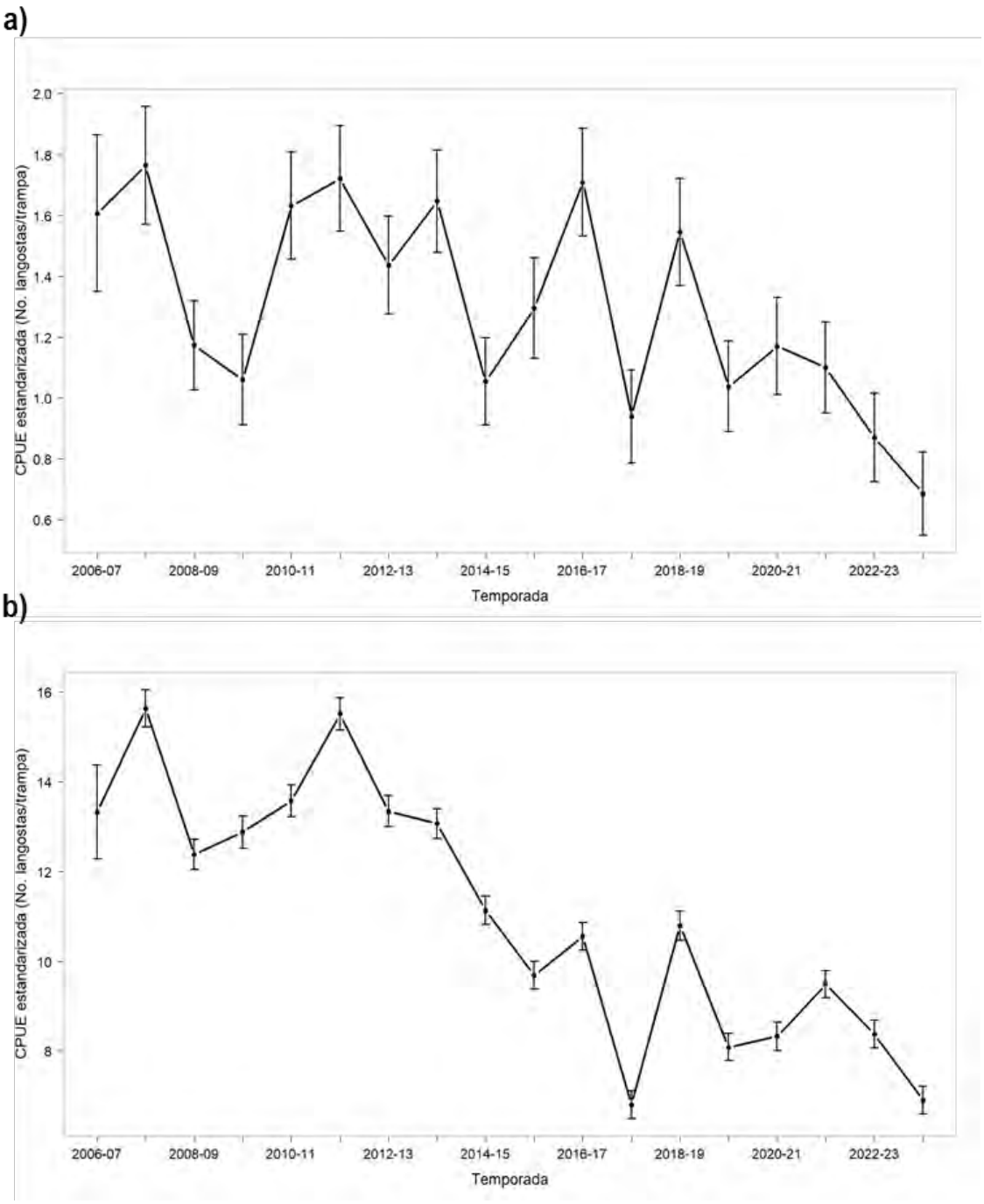


Figura 23 Estandarización de la CPUE de langostas retenidas por trampa (a) y langostas no retenidas por trampa (b) en AS. Temporadas 2006/07 a 2023/24. Líneas verticales corresponden a intervalos de confianza del 95%.

4.1.2 Cangrejo dorado

Indicadores pesqueros estimados Captura, esfuerzo y tasa de captura

En la Tabla 15 se indican los registros de esfuerzo, captura y rendimientos durante el periodo septiembre 2023 a febrero de 2024. De acuerdo con el esfuerzo empleado, se observan entre 3 y 22 salidas de pesca de cangrejo dorado, donde se revisó un máximo de trampas promedio por salida.

Si bien las capturas retenidas en la pesquería pueden ser estimadas a partir de la base de datos de bitácoras de los pescadores o del muestreo biológico, un índice comparable de tasas de captura (*i.e.* entre embarcaciones) debe ser producido a partir de las bitácoras de los muestreadores científicos, ya que implica el uso de la distribución de tamaños de la captura. Por ello, en el marco de este reporte se presentan las tasas de captura de ejemplares retenidos y no retenidos (Tabla 16). Se observa una mayor captura retenida en noviembre, así como también mejor rendimiento de la CPUE cangrejos retenidos. Los rendimientos en esta pesquería no se relacionan con el esfuerzo empleado al compararlo con la pesquería de langosta de Juan Fernández, en este caso es menor tanto el número de embarcaciones como la cantidad de salidas de pesca que realizan mensualmente y el número de trampas empleadas. Así, la CPUE retenida es más alta que la CPUE de cangrejos no retenidos (caso contrario que la langosta).

El número esperado de cangrejos sobre los 110, 120 y 130 mm de ancho de cefalotórax obtenidos desde el monitoreo biológico (Tabla 17) se presenta para la totalidad del periodo de ejecución de este proyecto. Respecto a la talla de los cangrejos en el periodo septiembre y octubre de 2023, la Tabla 17 da cuenta de que la totalidad de los cangrejos capturados por trampa están sobre 110 mm de AC y 3/4 de los individuos son mayores a 120 mm. En este último caso, la CPUE alcanza casi 10 cangrejos por trampa. En el intervalo noviembre – febrero muestra una mayor proporción de cangrejos sobre 130 mm de AC y más de la mitad de la captura superó los 120 mm. La captura por trampa es mayor entre noviembre y febrero.

En la Figura 24 se presenta la serie de captura por unidad de esfuerzo (número de cangrejos por trampa) construida con los datos disponibles entre los años 2011 a 2024. Según se observa, la media del rendimiento por trampa se encuentra entre 19 y 44 ejemplares por trampa, con los registros más altos durante el año 2017.

Tabla 15
Esfuerzo de pesca y captura retenida de cangrejo dorado por mes en el subsistema RC-SC. Periodo septiembre 2023 - febrero de 2024.

Estadístico	Año 2023				Año 2024	
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Esfuerzo de pesca total (# de salidas)	3	5	8	13	24	22
Trampas promedio revisadas por salida	2.0	3.7	4.4	3.5	2.2	2.2
Esfuerzo de pesca total (# de trampas revisadas)	6	18	35	46	53	49
Captura retenida promedio por salida (número)	37	40	319	137	65	52
Captura retenida total (número)	111	198	2554	1781	1554	1137
Captura retenida total peso (t)	0.06	0.12	1.67	1.10	0.85	0.8

Tabla 16
Captura (número de individuos), esfuerzo (número de trampas) y CPUE de cangrejo dorado retenido y no retenido en el subsistema RC-SC obtenidos desde muestreo biológico mensual (las capturas no son censales). Periodo reportado: septiembre 2023 – febrero 2024.

Mes	Captura			# Trampas	CPUE		
	Retenida	No Retenida	Total		Retenida	No Retenida	Total
Sep	74	0	74	4	18.5	0.0	18.5
Oct	119	46	165	11	10.8	4.2	15.0
Nov	1596	24	1620	22	72.5	1.1	73.6
Dic	548	581	1129	14	39.1	41.5	80.6
Ene	971	124	1095	33	29.4	3.8	33.2
Feb	672	253	925	29	23.2	8.7	31.9

Tabla 17
CPUE de cangrejo dorado retenido (sobre 110, 120 y 130 mm de AC respectivamente) en el subsistema RC-SC obtenidos desde muestreo biológico. Periodo reportado: septiembre 2023 - febrero 2024.

Periodo	Proporción mayor a			Captura/trampa	Captura por trampa		
	110 mm	120 mm	130 mm		>=110 mm	>=120 mm	>=130 mm
Sep - Oct (2023)	1.00	0.65	0.07	15.9	15.9	10.3	1.1
Nov - Feb 2024	0.96	0.53	0.22	48.7	46.5	25.6	10.7

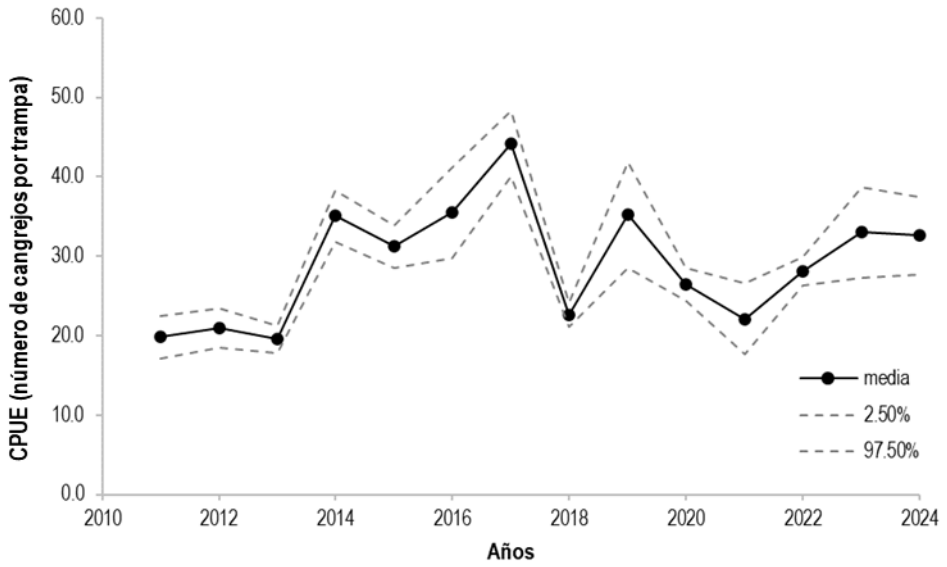


Figura 24 Serie de captura por unidad media de esfuerzo de cangrejo dorado (número de cangrejos por trampa). La línea discontinua corresponde al intervalo de confianza.

4.1.3 Breca de Juan Fernández y otras especies ícticas

Los registros levantados por este proyecto se relacionan principalmente con aquellos individuos capturados durante una salida de pesca de langosta, pesquería que se desarrolla entre el 01 de octubre y 15 de mayo, incluyendo registros del mes de septiembre que se vinculan con salidas de pesca de cangrejo dorado y/o con la pesquería íctica para consumo humano directo. La cobertura en la recopilación de datos operacionales, sin embargo, ha concentrado especial énfasis en la breca. Las altas tasas de captura y altos volúmenes a los que se ve sometido este recurso como consecuencia de la pesquería de carnadas de langosta y cangrejo dorado, además para el consumo humano, ha capturado más atención que otras especies ícticas a fin de documentar información relevante para su manejo según requerimientos del "Comité de manejo de crustáceos y especies asociadas del archipiélago Juan Fernández e Islas Desventuradas".

A partir de los datos levantados por los muestreadores científicos, se estima la captura de breca por unidad de esfuerzo (Figura 25) . De acuerdo a lo observado, la CPUE de breca en RC-SC muestra un ascenso durante el 2023 (enero a marzo y septiembre – diciembre de 2023), sin embargo no presenta inclinación en la línea de tendencia, mostrando un valor cercano a 0.3 brecas por anzuelo. Por su parte, la tendencia es negativa en AS, aunque la media mostró un aumento desde el 2020 al 2022. La CPUE en AS sería más baja que en RC-SC, aunque en ambos subsistemas se mantienen entre 0.2 y 0.3 brecas por anzuelo durante los últimos años. Se incluyen la estimación de rendimientos en ID para los años 2021, 2023 y 2024, presentando valores similares a lo observado en RC-SC y una línea de tendencia es sutilmente negativa.

Se incluye la información de los desembarques de las especies ícticas de interés, desde 2011 hasta febrero de 2024 (Tabla 18) y los registros mensuales por especie (Figura 26). La información aportada por Sernapesca incluye los distintos destinos de la captura, según lo declarado por los pescadores a través del DA (Declaración Artesanal). Con los años, el registro de las capturas de Juan Fernández se ha ido perfeccionando pues antes los nombres comunes coincidían con las declaraciones realizadas por pescadores en el continente. Según los datos de desembarque, las especies breca de Juan Fernández, anguila y jurel de Juan Fernández han ido en disminución con el pasar de los años, a excepción del aumento en la captura de jurel de JF durante el 2022 y 2023, mientras que los desembarques de vidriola han fluctuado de forma incremental hasta el año 2021 (Tabla 18). Para bacalao de Juan Fernández se cuenta solo con registros desde el año 2022 cercanos a 10 t.

Según el desglose mensual para el periodo septiembre 2023 a febrero 2024 (Figura 26), los desembarques de todas las especies ícticas son mayores durante la temporada de pesca de langosta. Particularmente para breca, el mayor valor se registra en octubre, manteniéndose similar hasta diciembre, decayendo hacia febrero. El desembarque de anguila fue nulo en septiembre y se mantuvo cercano a 0.5 t durante todo el periodo reportado para la temporada 2023/24. Por su parte el jurel de Juan Fernández presenta los valores más altos entre las especies durante octubre, noviembre y enero. Los desembarques de vidriola decrecen hacia diciembre y luego vuelven a aumentar (el mayor desembarque ha sido informado en los meses de mayo y junio en temporadas anteriores (Ernst et al., 2023)). El bacalao presenta menor fluctuación entre meses, aunque nota un aumento sobre la unidad de tonelada en febrero.

Adicionalmente, en la Figura 27 se aprecia la CPUE anual de bacalao de Juan Fernández en RC-SC obtenida desde el programa de monitoreo biológico. Se observa que la tasa de captura de bacalao ha aumentado en desde el año 2016, pasando de 0.05 bacalaos por anzuelo a 0.14 en 2020, aumentando en un factor de 3. Los últimos tres años ha disminuido la CPUE y se encuentra cerca de 0.10.

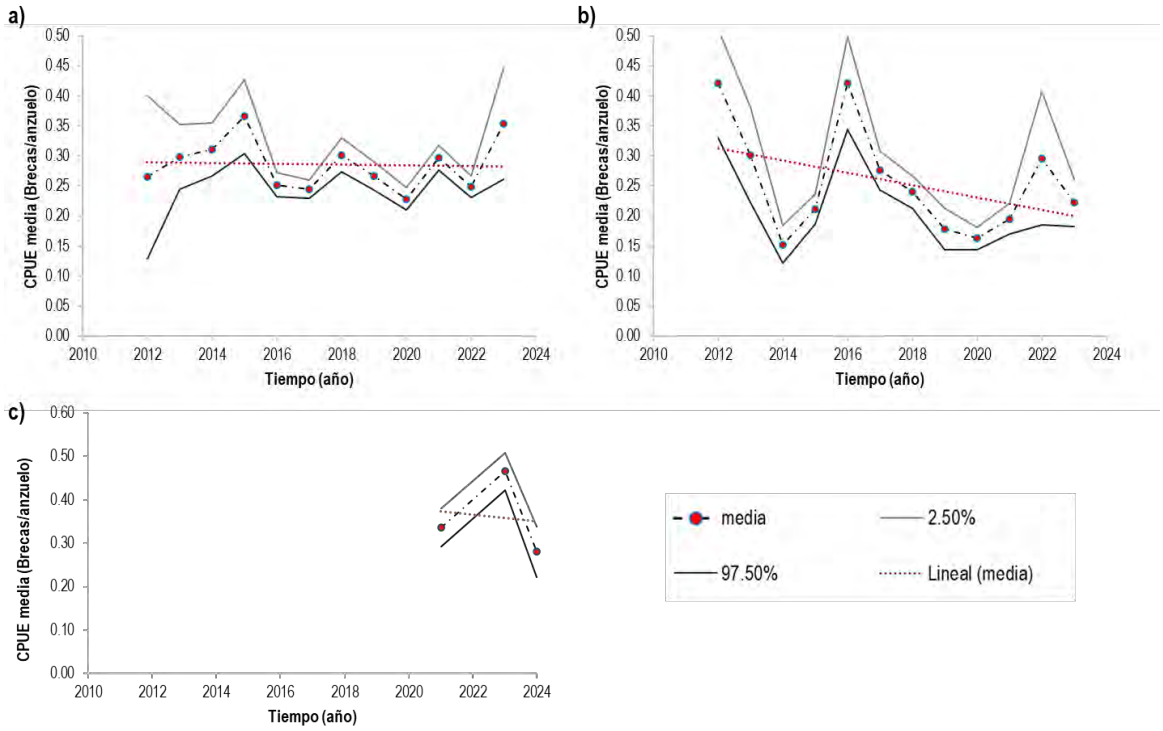


Figura 25 Captura por unidad de esfuerzo (Nº/anzuelo) de breca de Juan Fernández, para la serie entre el año 2012 y diciembre de 2023. a) Subsistema RC-SC; b) Subsistema AS; c) Subsistema ID.

Tabla 18
Captura total anual (t) de especies ícticas capturadas y reportadas en el archipiélago Juan Fernández según registros de SERNAPESCA.

Año	Breca	Jurel	Anguila	Vidriola	Bacalao
2011	93.4	28.1	67.1	8.1	
2012	108.9	43.3	83.0	17.8	
2013	96.4	39.5	62.1	12.7	
2014	87.4	30.2	67.7	12.3	
2015	81.7	23.3	43.4	24.1	
2016	91.7	41.7	52.8	41.4	
2017	88.3	34.5	40.3	28.1	
2018	76.6	23.3	32.7	25.3	
2019	42.2	12.6	11.8	36.8	
2020	30.4	7.4	8.3	66.0	
2021	23.3	10.1	12.6	109.2	
2022	26.5	25.3	8.9	74.7	13.8
2023	24.1	37.8	2.8	46.4	8.6
2024*	6.3	11.7	1.3	42.9	3.5

* Considera los registros del período enero – febrero del 2024.

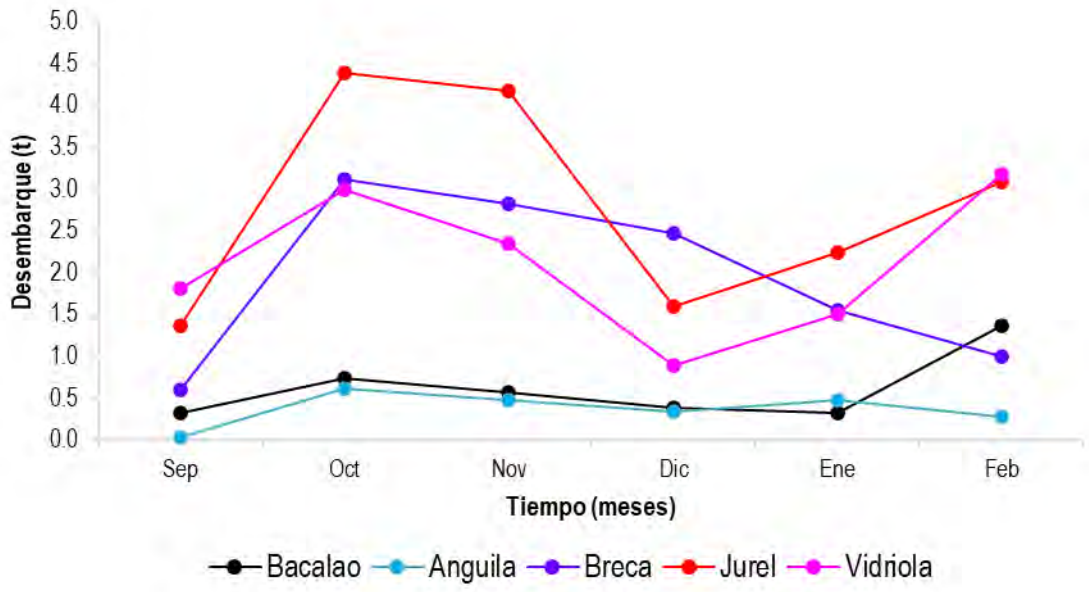


Figura 26 Desembarque mensual (t) de principales especies ícticas en AJF. Periodo septiembre 2023 a febrero 2024. Fuente: Sernapesca.

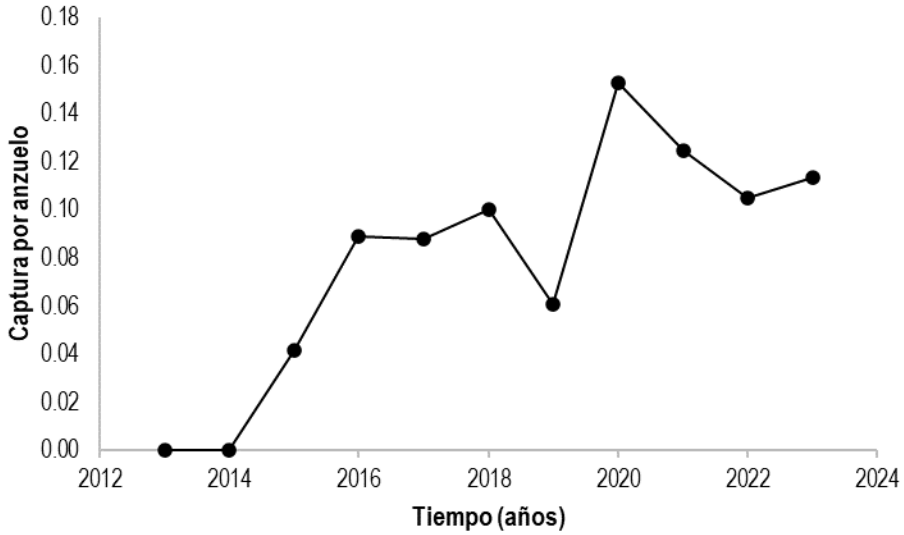


Figura 27 Captura por unidad de esfuerzo (número/anzuelo) de bacalao de Juan Fernández en espineles verticales desplegados alrededor de RC-SC. Actualizado a diciembre 2023.

4.1.4 Aspectos técnicos de las embarcaciones

Según los registros solicitados a SERNAPESCA, durante el año 2023 se registraban 82 embarcaciones artesanales con RPA en el archipiélago Juan Fernández. De estas, 67 embarcaciones (82%) tienen permiso para capturar langosta de Juan Fernández, 13 inscritas en caleta Alejandro Selkirk y las otras 54 en caleta Bahía Cumberland. Se entrevistó a 34 armadores, de los cuales 4 se dedican a turismo, 3 a la captura de peces y pulpo, y los otros tienen actividad en la pesquería de Langosta, cangrejo y peces. 21 embarcaciones son de fibra de vidrio y diseño proa espejo, 10 doble proa y madera y solo 3 conservan el diseño doble proa y materialidad de madera. Según la información observada, la tradicional “chalupa de mar” de madera y diseño doble proa ha sido reemplazada en su mayoría por embarcaciones proa espejo de fibra de vidrio. Las embarcaciones con actividad pesquera en AJF utilizan motores fuera de borda para su desplazamiento, cuya fuerza va en el intervalo de 15 y 90 HP y mediana 25 HP. El 78 % de los pescadores entrevistados declaró utilizar ecosonda y/o GPS.

Los aparejos utilizados varían según la especie objetivo, así para la captura de crustáceos, anguila (morena) y pulpos se usan trampas y líneas de pesca para peces (espinel vertical, espinel horizontal, currícán, líneas de mano superficiales y de fondo). El principal aparejo utilizado para pesca de peces es el espinel vertical, mientras que las líneas de mano superficiales se utilizan para la captura de la carnada primaria, por ejemplo, jurel de JF.

No se aplicó el muestreo de aparejos de pesca pues estos no han variado en su confección, pero se incluye la descripción construida a partir de muestreos anteriores. La trampa de langosta y de cangrejo consiste en un paralelepípedo cuyas caras son construidas con listones de madera, principalmente eucaliptus y combinación eucaliptus-maqui, e incorpora otros materiales como malla

para cerrar más las distancias entre varillas. El diseño en “L” se ha mantenido y se conforma por la primera entrada circular, cuadrada o tubular, de pvc, polipropileno o nylon y la entrada hacia la segunda cámara de la trampa es un buche tubular tejido de polipropileno o nylon. La distancia entre las varillas laterales y frontales, que se utilizarían como vía de escape de langostas de menor talla, presenta uniformidad respecto a la distancia de 5 cm entre varillas. Las trampas de cangrejo son ligeramente de mayor tamaño en comparación a las trampas de langosta al igual que mayor es la distancia que separa las varillas.

Las trampas de langosta y cangrejo operan como aparejos de pesca estacionarios anclados al fondo desde la cara inferior del paralelepípedo (piso), a través de la utilización de piedras como pesos, operando a diferentes profundidades según las “marcas” y estrategia de pesca del pescador. En el caso de la pesquería de langosta, las trampas son viradas cada dos noches para revisar la captura y reponer la carnada y son caladas en el fondo en líneas individuales con solo una trampa asociada y un baticulo con 3 a 5 boyas. En la pesquería de cangrejo en cambio, las trampas son revisadas con menor frecuencia y son dispuestas en tenas de hasta 2 trampas por línea o líneas con solo una trampa. El principio general de captura es atraer a los crustáceos a ingresar a la estructura de la cual luego les es imposible escapar. La forma de atracción es utilizando carnada, de manera que los crustáceos entran por el buche ubicado en la cara superior (f) y luego se desplazan hacia la segunda cámara a través del buche interior (g), es allí donde quedan atrapados. Al virar las trampas, el pescador desmonta la puerta ubicada en la cara superior (tapa), remueve la captura y encarna nuevamente la trampa. Los ejemplares de menor talla pueden escapar a través de la distancia que queda entre las varillas. Las mínimas modificaciones tecnológicas que ha experimentado el aparejo de pesca en los últimos 30 años refuerzan la idea de que la CPUE para la langosta de Juan Fernández puede constituir un buen estimador de la abundancia relativa.

En relación a los aparejos de pesca de peces, las trampas de anguila corresponden también a paralelepípedos de madera, de menor tamaño que las trampas de crustáceos y con solo una cámara en el interior por la que entran las anguilas (morenas) a través de un buche tejido o de plástico, atraídas por la carnada que instalan los pescadores. Se diferencian también en que no tienen separación entre las varillas y son utilizadas a menor profundidad. En el caso de los espineles, la materialidad es similar, líneas de nylon con anzuelos Mustad. El espinel vertical en general cuenta entre 10 y 40 anzuelos, mientras que con el horizontal despliegan entre 25 y 100 anzuelos a ras del suelo marino. Los anzuelos utilizados son tipo J y los tamaños varían según la especie a capturar, pudiendo estar vinculados el anzuelo no. 6 a la captura de vidriola o brecas más grandes y el anzuelo no. 7, 8 y 9 a la captura de brecas especialmente (Valeria-Macaya, 2023).

4.1.5 Contrastación de estimaciones

Para la pesquería de langosta se consideró la continuidad de la reconstrucción de los registros oficiales con la información proveniente del anuario de Sernapesca, estimaciones del programa de monitoreo y las declaraciones de desembarque por embarcación según cada temporada de pesca (octubre a mayo del año siguiente). Se incluye además la reconstrucción de la serie de esfuerzo en número de trampas revisadas y número de salidas por embarcación.

Langosta de Juan Fernández

La reconstrucción (Figura 28) se generó a partir de 3 fuentes de datos, i) estimaciones obtenidas desde el programa de monitoreo, ii) anuarios de Sernapesca y iii) Declaración de desembarque entregados a Sernapesca. Se observa similitud en la tendencia obtenida por los registros del anuario y las estimaciones desde las bitácoras de pescadores de este programa de monitoreo, lo que además da una señal de validación de los registros entregados por los pescadores. Cabe señalar que AJF cuenta con 2 caletas, Juan Fernández y Selkirk y los desembarques de ID son imputados a la primera. Durante las temporadas 2019/20 y 2020/21 las estimaciones obtenidas desde el proyecto de monitoreo son menores a las obtenidas desde Sernapesca, mientras que la temporada 2021/22 es levemente más alta que lo registrado en la base de datos del servicio. Esta distancia se incrementa durante 2022/23 y 2023/24. La diferencia entre el anuario y las declaraciones de desembarque pueden estar relacionadas a la diferencia en el periodo registrado, ya que el anuario considera hasta diciembre 2023 y las declaraciones y el monitoreo hasta febrero 2024. Las tendencias de la serie son bastante similares sobre todo en el último periodo.

La Figura 29, Figura 30 y Figura 31 actualizan la reconstrucción de las series de esfuerzo promedio en número de trampas revisadas y número de salidas por embarcación, con la información obtenida hasta febrero de la temporada 2023/24. En el caso del número de trampas revisadas por salida de pesca, estas han ido disminuyendo desde la temporada 2016/17 en adelante en RC-SC, alcanzando los valores más bajos de la serie en la temporada 2020/21, mostrando un leve aumento las últimas tres temporadas. En AS han ido en aumento, mostrando una leve disminución durante los registros de la temporada 2023/24, más se mantienen sobre 35 trampas revisadas por salida de pesca. Por su parte ID se mantiene estable desde 2019/20, aumentando levemente esta última temporada, pero cercana a las 20 trampas revisadas por salida de pesca.

Sobre el número de salidas entre las temporadas 2013/14 a 2016/17 se aprecia los mayores valores en RC-SC, presentando durante la temporada 2019/20 una disminución más notoria, asociada a la disminución de las salidas de pesca hacia el final de la temporada dado el contexto de pandemia, volviendo a subir en las dos temporadas siguientes y disminuyendo de nuevo durante 2022/23 y 2023/24. En el caso de Selkirk, el número de salidas se mantiene más bien similar entre temporadas, apreciándose un incremento en temporada 2021/22 (Figura 30), disminuyendo nuevamente hacia la temporada 2023/24. ID mantiene el número de salidas de pesca por temporada cercanas a 200 desde 2019/20.

La combinación de salidas de pesca y trampas desplegadas presentada en la serie de esfuerzo en número de trampas revisadas (Figura 31) muestra que aunque ha existido un leve aumento en el número de trampas revisadas por salida, la disminución de salidas de pesca ha hecho decaer el número total de trampas revisadas por temporada en ambos subsistemas.

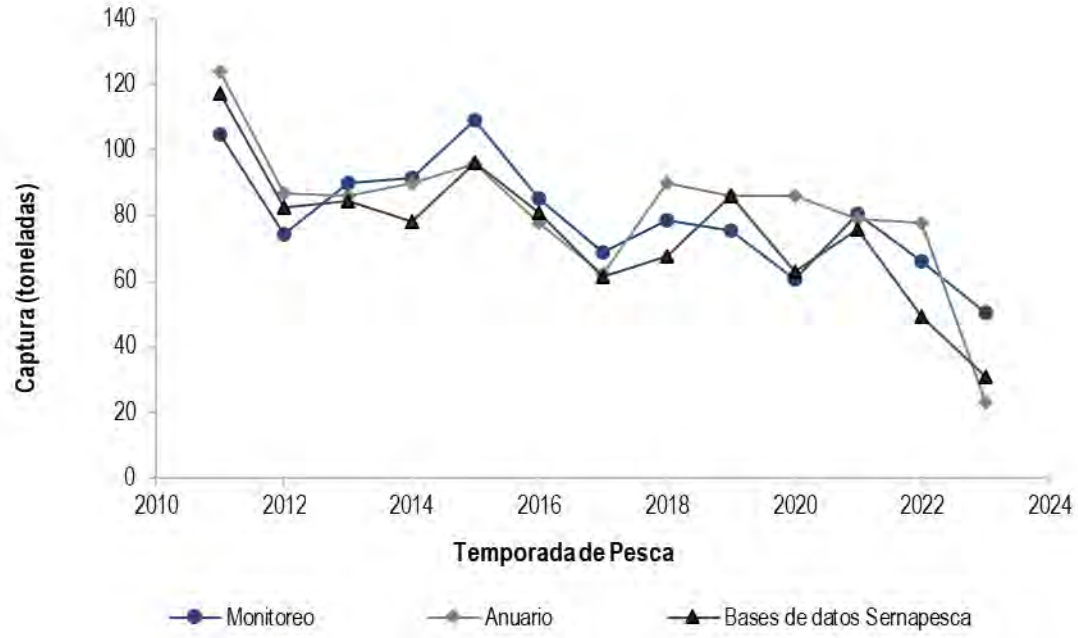


Figura 28 Reconstrucción de desembarques y comparación con las estimaciones obtenidas desde el programa de monitoreo de la pesquería de langosta.

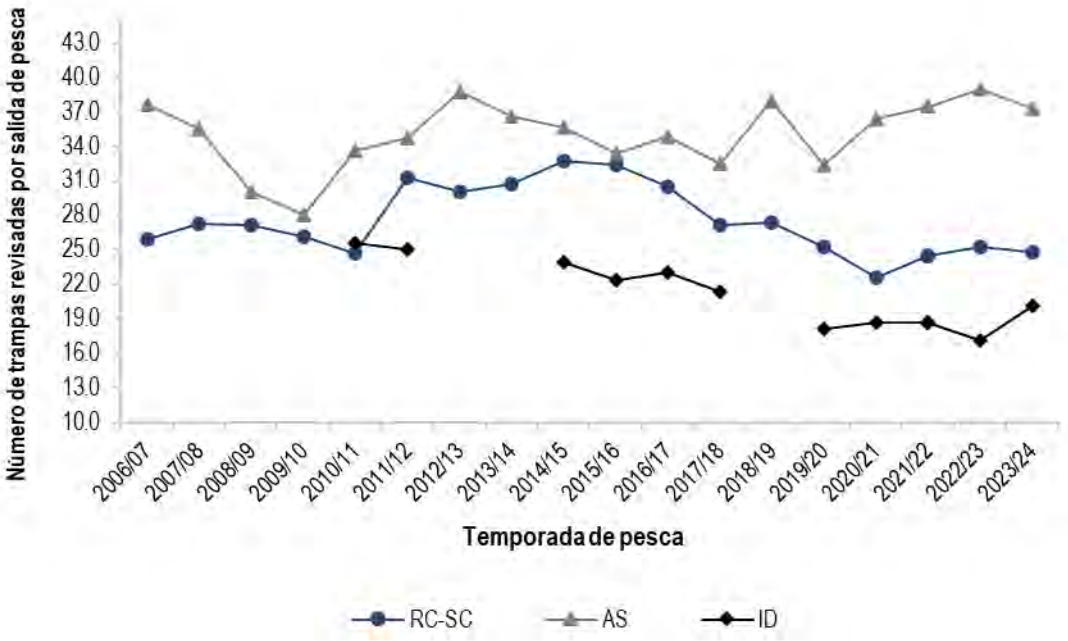


Figura 29 Serie de tiempo de registros de esfuerzo promedio en número de trampas revisadas por salida de pesca con captura retenida y no retenida por temporada de pesca de langosta en cada subsistema. Temporada 2023/24 considera hasta febrero 2024.

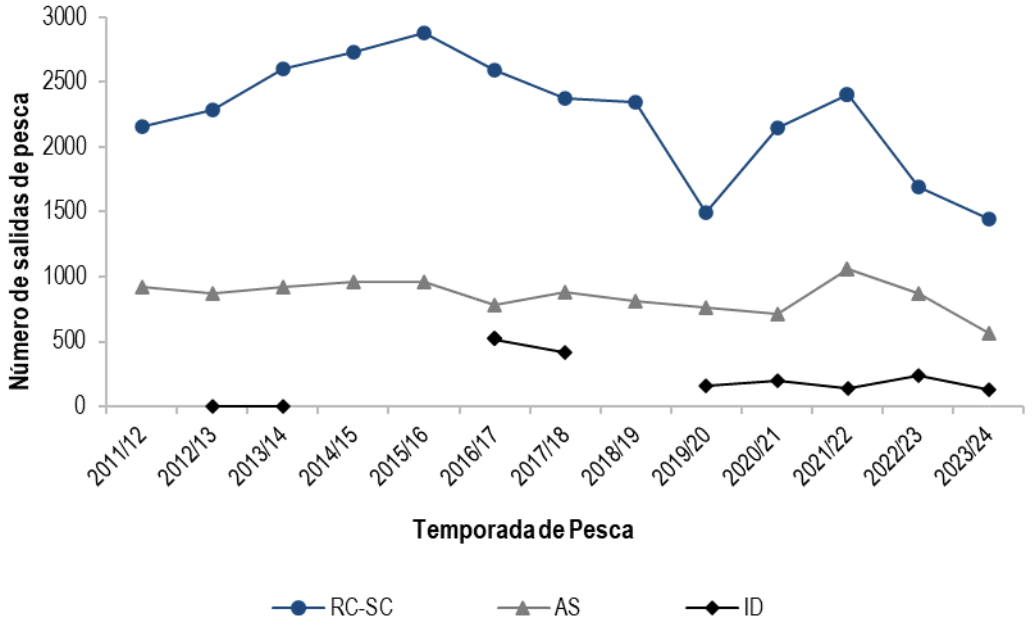


Figura 30 Serie de tiempo del esfuerzo en número de salidas de pesca de langosta por temporada en los subsistemas RC-SC, AS e ID. Temporada 2023/24 considera hasta febrero 2024.

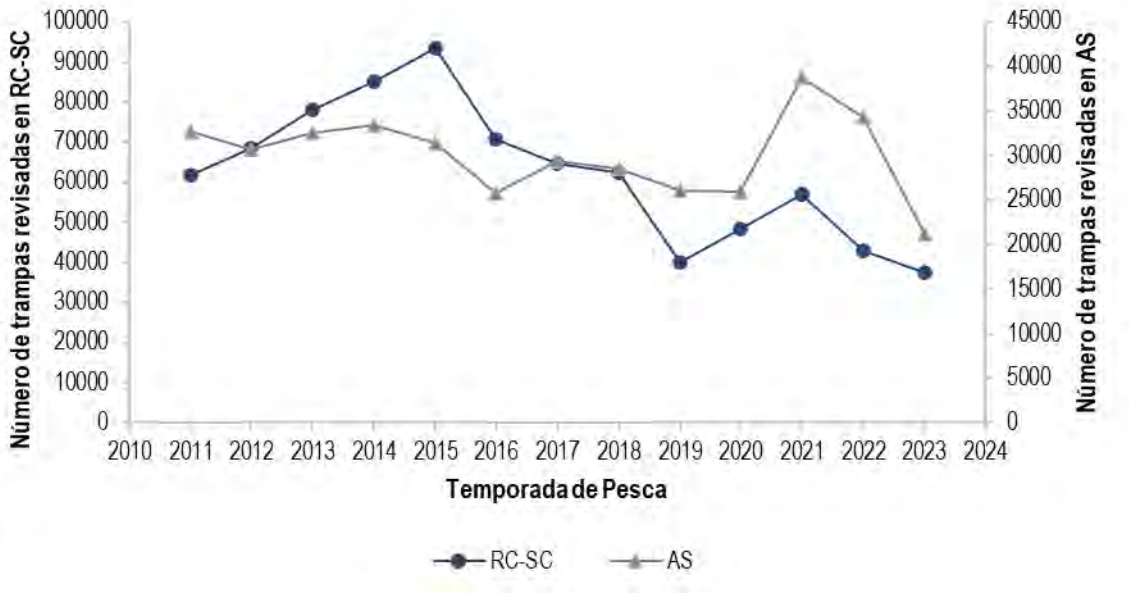


Figura 31 Serie de tiempo del esfuerzo en número de trampas revisadas por temporada en los subsistemas RC-SC y AS. Temporada 2023/24 considera hasta febrero 2024.

Cangrejo dorado

La Figura 32 da continuidad a la contrastación de datos de capturas de cangrejo dorado que se realiza para comparar los datos levantados desde el programa de monitoreo (FIPA), contra los datos de Sernapesca. Existen diferencias entre ambas series, el monitoreo indica una notoria subestimación de la captura de ejemplares de cangrejo dorado en mes de noviembre (cerca de 1.4 t), la diferencia es menor en diciembre y es inverso en enero, con una mayor estimación de desembarque según los datos del monitoreo.

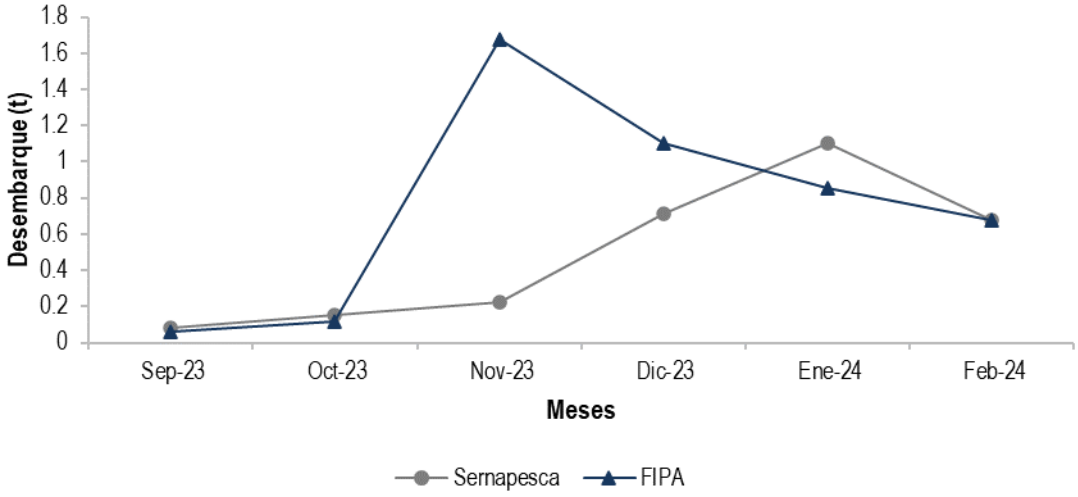


Figura 32 Desembarques de Sernapesca y comparación con las estimaciones obtenidas desde el programa de monitoreo de la pesquería de cangrejo durante el periodo septiembre 2023 a febrero 2024.

Breca de Juan Fernández

La Figura 33 muestra diferencias muy notables atribuibles a subreporte si se considera que las salidas de langosta con observadores indican claramente capturas de brecas en prácticamente todas las salidas en que se revisaron. La estimación para Robinson y Selkirk llega para esos 6 meses a 78.8 t vs las 15.5 t de Sernapesca. Si observamos la Tabla 18, entre 2011 - 2018 las estimaciones de breca variaban entre 76 y 109 t y luego comenzaron a bajar mucho para llegar finalmente a las 23.3 t. Esto no se condice con las tasas de captura que apreciamos en las salidas de pesca y con la demanda de carnadas necesarias para revisar el número de trampas de langosta.

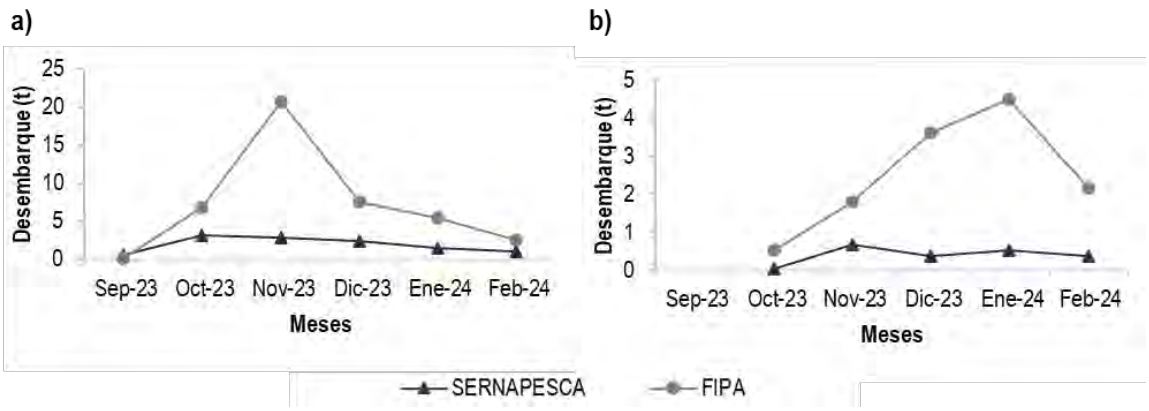


Figura 33 Desembarques de Sernapesca y comparación con las estimaciones obtenidas desde el programa de monitoreo de la pesquería de breca durante el periodo septiembre de 2023 a febrero 2024. a) RC-SC, b) AS.

4.1.6 Cadena de comercialización

Durante la ejecución de proyecto FIPA 2022-21 se elaboró un esquema para visualizar la cadena de comercialización de langosta de Juan Fernández. Esta tiene diferencias entre AJF e ID debido a las condiciones logísticas. Así, la cadena de ID se restringe a la venta de langostas directamente al intermediario quien las transporta únicamente por vía marítima al continente. En el caso de AS y RC-SC hay más opciones, a través de venta directa para consumo local en el archipiélago (consumidor directo, restaurantes, turismo) o a un consumidor en el continente o por intermediario (comprador, empresa o cooperativa) para distribución nacional y/o internacional.

Durante la temporada 2023/24 se realizó el diseño de un formulario para la sistematización de los precios playa (precios de primera venta) de langosta, cangrejo y precio de comercialización de peces. El precio de comercialización de las unidades de langosta varía por subsistema: en Desventuradas se mantuvo estable el precio durante todo el periodo ($9000 la unidad), en Selkirk se comercializó a $15000 - $17000 y en RC-SC es donde hay una variabilidad mayor, entre $17500 a $21000, aumentando el precio en diciembre. Mientras que el precio de cangrejo dorado (cada ejemplar) fue de $4000.

4.2 Objetivo 2

Determinar indicadores biológicos de las especies capturadas que den cuenta de la estructura del stock explotado en langosta de Juan Fernández, cangrejo dorado, breca de Juan Fernández, vidriola y bacalao de Juan Fernández.

4.2.1 Langosta de Juan Fernández

Las estimaciones puntuales de los indicadores biológicos que aquí se presentan provienen de la base de datos del muestreo biológico realizado entre octubre de 2023 y febrero de 2024.

Proporción sexual

En la Tabla 19 se despliega la información de la proporción sexual, considerando el número de hembras registradas sobre el total de ejemplares capturados en cada subsistema a nivel de zona y mes. Se observa que en RC-SC los machos componen más de la mitad de la captura entre octubre y enero, mientras que durante febrero las hembras aumentan su proporción en todas las zonas, aunque solo en las zonas 1, 3, 4, 5 y 10 superan a los machos. En promedio, las hembras representaron 1/3 de la composición de las capturas hasta enero. En AS en cambio destaca el dominio de las hembras en todas las zonas durante todo el periodo, la zona con más baja proporción de hembras es la 5, que alcanzó 0.49, mientras que las demás zonas la captura estuvo compuesta por valores cercanas o superiores a 3/5 de hembras. En ID la composición de hembras y machos es más bien similar, aunque se registró mayor presencia de machos en todas las zonas.

Talla media

Según lo presentado en la Tabla 20 en RC-SC las tallas muestran variaciones en el intervalo de 95.2 a 118.3 mm de LC, siendo las zonas 2, 4, 5 y 6 las que presentan registros de menor tamaño. En promedio entre las zonas alcanza 106.5 mm . En AS la talla media más baja es 101.3 y la más alta 112.8 mm de LC, promediando una talla media similar a la observada en RC-SC (107 mm de LC). Las tallas medias entre zonas y meses presentan valores similares. En ID el intervalo de valores es entre 109.8 y 114.6 promediando 111.6 mm de LC. La talla media mayor se observa en la zona 2.

La Figura 34 muestra la serie de cambios de la talla media de langostas retenidas por subsistema. Se desprende de la figura que esta es mayor en RC-SC y que ha ido en aumento, mostrando una evidente tendencia positiva. Todos los meses de la temporada 2023/24 en AS se encuentran entre los valores más bajos de la serie y la sutil inclinación es negativa. La talla media de las langostas capturadas tiende a aumentar hacia febrero-marzo.

Estructura de tallas

Las Figura 35 y Figura 36 muestran la estructura de tallas mensual de hembras y machos de langostas capturadas en los subsistemas RC-SC y AS respectivamente. La proporción a la talla para cada sexo es presentada mensualmente para totalidad de las temporadas 2020/21 y 2021/22 y para los meses de octubre a marzo de la temporada 2022/23 y octubre a febrero de la temporada 2023/24. En todos los casos documentados se puede observar que la mayor proporción de

individuos se encuentra bajo los 115 mm de longitud (línea vertical punteada) que corresponde a la talla de mínima de retención de langostas.

En el caso de las hembras en RC-SC entre octubre y mayo se evidencia una disminución en la proporción de ejemplares por sobre los 115 mm de LC, representando probablemente una depleción de los ejemplares comerciales. En el caso de los machos, hay un aumento en la proporción que alcanza la talla de 115mm de LC.

Durante octubre de 2022 se observa un corrimiento hacia la derecha del *peak* de hembras cercanas a los 115 mm de LC, mientras que los meses siguientes son parecidos a la temporada 2021/22, aunque la proporción que se encuentra sobre los 115 mm de LC y la de tallas menores aumenta. Para machos se observa la disminución en la proporción de ejemplares sobre la talla mínima legal entre octubre y enero de la temporada 2022/23 y 2023/24 respecto a los años anteriores. En la totalidad de los meses observados durante la temporada 2023/24 se observa un *peak* de hembras en 110 mm de LC (evidente en las temporadas anteriores pero en menor proporción) y en machos este comportamiento de tallas se observa desde diciembre a febrero, mes en que desaparece la mayor proporción observada a los 115 mm de LC. Además, durante la temporada 2023/24 ingresa una mayor proporción de hembras de tallas pequeñas respecto a las temporadas anteriores (Figura 35).

Para el subsistema AS (Figura 36) la distribución de tallas presenta menor variabilidad entre los meses y entre las temporadas. Se observa durante 2020/21 un incremento en la proporción de machos *ad portas* de alcanzar la talla mínima legal, así como también un grupo importante entre los 105 y 115 mm de LC. Se evidencia la disminución en la proporción de machos sobre la TML durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero de la temporada 2022/23 y 2023/24 respecto a las dos temporadas anteriores. A diferencia de RC-SC, durante 2023/24 la estructura de tallas observada muestra una proporción importante de hembras cercana a los 115 mm de LC y un notorio aumento cercano a los 105 mm de LC respecto a las temporadas anteriores, además, se mantiene una proporción marcada que alcanza la talla mínima legal, que también se evidencia para machos. La proporción de tallas observada para ambos sexos está corrida ligeramente hacia la izquierda esta última temporada.

La estructura de tallas por sexo y temporada se presenta en la Figura 37 y Figura 38 para RC-SC y AS respectivamente. En ambas figuras se comparan 10 temporadas de pesca de langosta (2011/12, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24). En la Figura 37 se puede apreciar que las hembras presentan una mayor proporción de ejemplares a los 110 mm de LC que se replica con más fuerza en la temporada 2023/24 y es aún más alta en el periodo enero-febrero de 2024, mientras que las hembras sobre la TML, al igual que en 2022/23, están en menor proporción respecto a otras temporadas. En el caso de los machos, también hay un acentuado aumento a los 110 mm de LC más evidente en el segundo periodo, una mayor proporción sobre la TML y mayor proporción de machos sobre la TML respecto a las anteriores temporadas durante octubre-diciembre.

En AS se aprecia un corrimiento hacia la izquierda de los machos durante la última temporada 2023/24 y una disminución en la proporción observada en temporadas anteriores sobre la TML (Figura 38), mientras que las hembras muestran un aumento en la proporción que alcanza la TML.

Durante la temporada 2022/23 y 2023/24 se observan 3 *peaks* de en torno a los 105, 110 y 112 mm de LC en ambos sexos. Se observa para ambos sexos el descenso de la proporción de individuos sobre la TLM a distintas LC.

En el caso de Desventuradas (Figura 39), la pasada temporada 2021/22, 2022/23 y la reciente 2023/24 muestran una mayor proporción de individuos capturados bajo los 115 mm de LC (coincidente con lo observado respecto a la CPUE), corriéndose hacia la izquierda respecto a 2020/21. En hembras se observa una disminución en la proporción sobre la talla mínima de retención con relación a las 2 temporadas anteriores (2020/21 y 2021/22). En el caso de los machos el desplazamiento es hacia la derecha, incluso más que la temporada 2022/23, y un alza en los individuos de talla mayor a 115 mm de LC similar a 2022/23. El muestreador científico y los pescadores reportaron la presencia de langostas muertas al interior de las trampas durante el mes de febrero, sin una causa verificada a la fecha.

En la Figura 40 y Figura 41 se presenta la descomposición modal por sexo de las capturas de la temporada 2022/23 y 2023/24 para los subsistemas RC-SC y AS respectivamente. De este análisis se desprenden 7y 8 modas cuyos parámetros son presentados en la Tabla 21. En RC-SC, las medias modales estimadas de hembras en la temporada 2023/24 son en su mayoría más altas que 2022/23 e incluyen 2 grupos modales sobre 120 mm de LC, quedando 3 grupos sobre la TML. Símil ocurrió con lo observado para machos donde se establece un grupo modal muy cerca de la TML y otros 3 grupos sobrepasan los 115 mm. En AS ocurre en hembras que la temporada 2023/24 el primer grupo modal a menor talla y un segundo grupo queda cerca de 100 mm de LC (entre el primer y segundo grupo de la temporada 2022/23), con tres medias modales sobre 115 mm de LC en ambas temporadas. En machos, también se obtuvo un corrimiento hacia la izquierda de los grupos modales respecto de la anterior temporada, incluso el grupo que se encuentra sobre la TML se desplaza hacia la izquierda quedando más cercano a los 115 mm de LC.

Proporción de portación de huevos

En la Tabla 22 se observa la variación en la proporción de portación por zonas en RC-SC, AS e ID en la temporada 2023/24. De acuerdo con los registros, una mayor proporción de portación se observa RC-SC respecto a AS durante toda la temporada. En RC-SC la portación disminuyó en todas las zonas en febrero, aunque las zonas 5 y 6 (que presentan las proporciones más altas), se mantienen muestran que más de la mitad de las hembras registradas portaban masa ovígera. Las zonas 7, 8, 9 y 10 comienzan con valores más bajos, aumentan en enero y disminuyen en febrero. En Selkirk la proporción de hembras con huevos es menor a 0.5, disminuyendo a valores iguales o menores a 0.11 desde diciembre hasta febrero (excepto diciembre en la zona 6). En Desventuradas por su parte, la proporción es mayor en diciembre y disminuye hacia febrero, con valores similares en enero y febrero a lo observado en AS.

En la Figura 42 se presenta la proporción de portación a la talla para cada mes de la temporada 2023/24 para los subsistemas RC-SC y AS. En RC-SC, entre octubre y noviembre además de una mayor proporción de hembras portadoras, el intervalo de tamaño se extiende desde las más pequeñas a las más grandes, sin concentrar la portación en un intervalo de tallas claro. En AS en cambio se percibe que durante octubre hembras de todo el intervalo de tallas porta huevos en una proporción similar, mientras que en noviembre y diciembre disminuye la proporción de portación de las tallas entre 100 y 112 mm de LC, disminuyendo aún más en enero, notando en este mes que

son las hembras de mayor talla las que están portando huevos y en menor proporción las de menor talla. Por último en febrero, las escasas hembras ovígeras son principalmente mayores a 115 mm de LC.

Con la modelación de la proporción mensual de portación se identifica el patrón mensual en RC-SC (Figura 43), en octubre la proporción de portación modelada es cercana a 0.6 entre 90 y 110 mm de LC, disminuyendo para hembras más grandes, mientras que en noviembre la proporción decae con el aumento de la talla (mayor proporción de hembras pequeñas portando hasta 105 mm de LC). En diciembre disminuye aún más para todo el intervalo de tallas, notando menor proporción en hembras mayores a 115mm de LC. La portación en enero es inversa, aumentando en hembras de tamaño superior a 105 mm de LC, sin embargo en febrero pese a que es mayor la proporción de hembras de mayor talla portando, está por debajo de lo observado en enero (cercano a 0.3). En el caso de Selkirk (Figura 44), el ajuste del modelo muestra que la proporción de portación es baja (< 0.3) en todas las tallas en octubre, mientras que en noviembre y diciembre aumenta la proporción de portación de los extremos, tomando una forma de "U". Enero presenta una disminución generalizada en todo el intervalo de tallas observado, con un suave aumento hacia tallas mayores, comportamiento que se hace más notorio en febrero, donde las tallas menores a 110 mm de LC casi no presentan portación y aumentan hacia tallas mayores (aunque en una proporción muy baja).

Finalmente, con la modelación generada se obtuvo la proporción mensual de potación en la Figura 45 que permite comparar las diferentes temporadas desde octubre de 2019 en los subsistemas AS y RC-SC. De esta se desprende que una mayor proporción de hembras es ovígera en RC-SC, destacando el mes de octubre, desde noviembre en adelante tienden a ser menores las diferencias con AS. Observando las estimaciones para las temporadas, se identifican que, con el avance de los meses si bien disminuye la proporción de portación, esta sería más alta que en RC-SC. En AS se había observado que la portación comenzaba a aumentar entre marzo y abril, lo que se hacía inferir que la portación comienza antes que en RC-SC. En RC-SC durante la temporada 2022/23 hubo una disminución en las hembras ovígeras según la modelación, sin embargo esta vuelve a subir durante la temporada 2023/24 destacando el mes de enero con una portación alta, no observada con anterioridad.

Relación Talla-Peso

La desventaja que conlleva tomar estas medidas debido a las dificultades operativas a las que se ven enfrentados los muestreadores científicos al trabajar sobre embarcaciones muy inestables debido a su tamaño y condiciones climáticas llevó a desarrollar de forma alternativa el muestreo talla-peso en los viveros. Así, los resultados del muestreo de langosta de talla comercial durante el año 2019 (temporada 2018/19 y 2019/20) fue presentado en el informe final del proyecto 2019 (Ernst *et al*., 2020) para cada uno de los meses en que se desarrolló el muestreo de langostas exportadas desde Robinson Crusoe y Alejandro Selkirk que se encontraban en viveros. Las vicisitudes provocadas por la pandemia obstaculizaron la continuidad del muestreo durante el año 2021 y 2022, sin éxito en retomarlos durante 2023/24. Se presentan las estimaciones de peso medio a la talla obtenidas de monitoreos anteriores (Tabla 23).

Tabla 19
Proporción de sexual de ejemplares de langostas muestreados en cada subsistema, por zona y mes de estudio (hembras respecto del total) durante la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 a febrero 2024.

Subsistema	Zona	Temporada 2023/24				
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
RC-SC	1	0.41	0.37	0.32	0.22	0.67
	2	0.27	0.33	0.50	0.61	0.43
	3	0.19	0.37	0.30	0.35	0.56
	4	0.26	0.28	0.21	0.09	0.60
	5	0.18	0.2	0.10	0.24	0.55
	6		0.13	0.31	0.19	0.36
	7	0.33	0.22	0.29	0.33	0.41
	8	0.25	0.21	0.25	0.13	0.48
	9	0.23	0.26	0.24	0.17	0.46
	10	0.24	0.35	0.21	0.31	0.55
	11	0.29	0.61	0.23	1.00	0.49
AS	1	0.68	0.85	0.78	0.57	0.82
	2	0.59	0.72	0.73	0.78	0.84
	3	0.62	0.67	0.66	0.79	0.87
	4	0.66	0.69	0.54	0.78	0.83
	5	0.49	0.77	0.65	0.72	0.75
	6	0.77	0.85	0.67	0.83	
ID	1			0.4	0.48	0.48
	2			0.33	0.40	
	3					

Tabla 20

Longitud cefalotorácica media (mm) de ejemplares de langostas muestreados en cada subsistema, por zona y mes de estudio durante la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 a febrero 2024.

Subsistema	Zona	Temporada 2023/24				
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
RC-SC	1	109.2	113.6	106.6	103.1	104.3
	2	104.6	103.4	105.2	106.3	97.6
	3	115.4	107.2	104.6	105.7	105.2
	4	100.3	102.2	100.8	102.7	105.2
	5	99.6	99.5	102.2	101.0	105.6
	6		95.2	101.9	103.4	107.3
	7	107.9	106.0	108.5	115.5	109.2
	8	111.0	107.5	107.0	109.5	108.7
	9	109.6	106.3	107.4	113.3	108.4
	10	109.9	112.9	109.5	118.3	110.1
	11	108.9	109.4	115.2	96.2	108.3
AS	1	107.6	108.9	108.0	106.3	107.0
	2	105.2	106.7	106.8	108.3	108.4
	3	106.8	105.0	106.7	106.9	106.4
	4	105.7	106.9	107.0	107.1	107.9
	5	105.5	108.3	106.0	107.8	107.7
	6	108.4	112.8	101.3	106.2	
ID	1			109.8	111	110.6
	2			112.1	114.6	
	3					

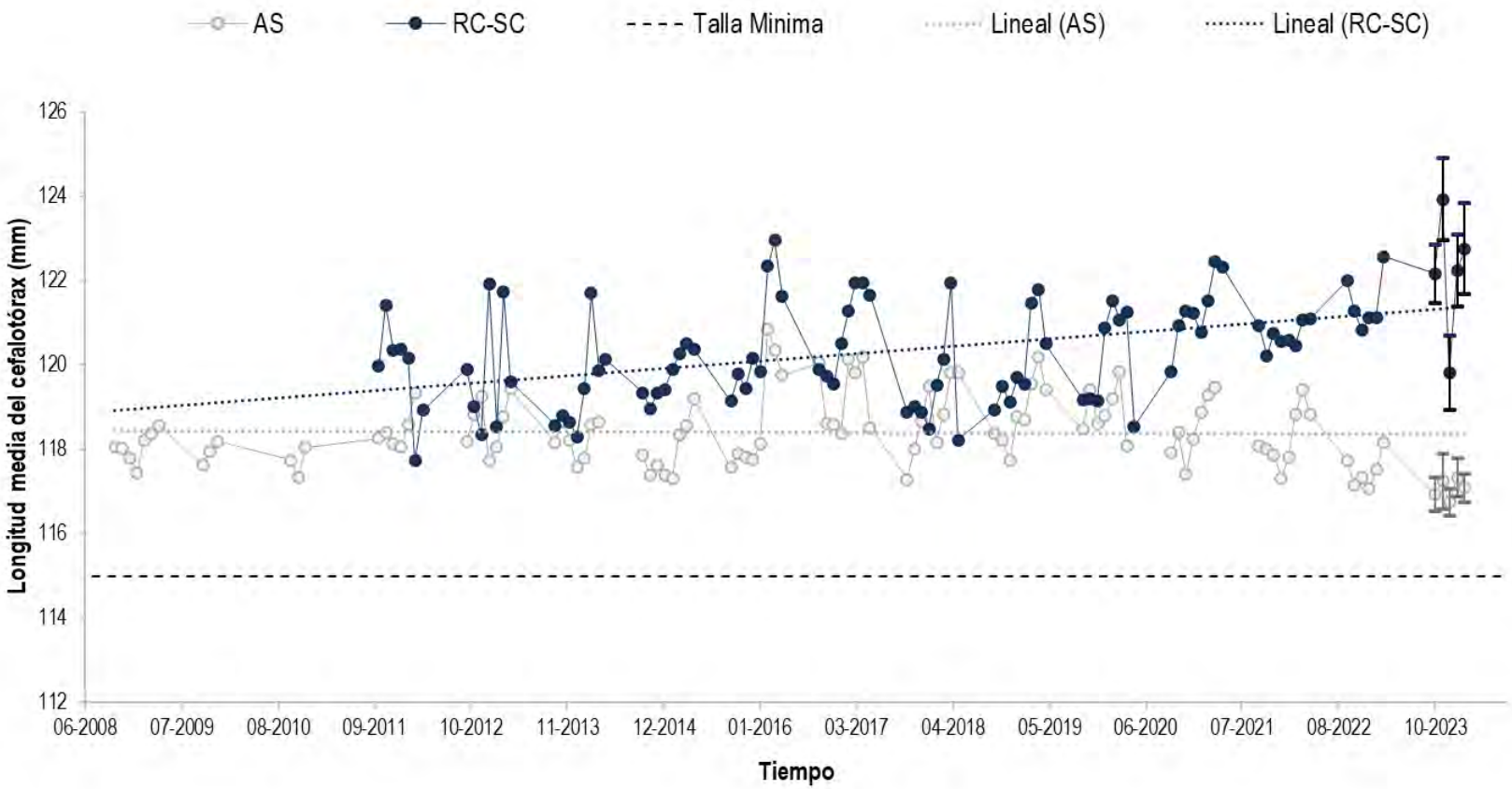


Figura 34 Serie de tiempo de la talla media de langostas retenidas por subsistema. Periodo 2008/09 - feb 2023/24. La línea discontinua negra indica la talla mínima legal (115 mm).

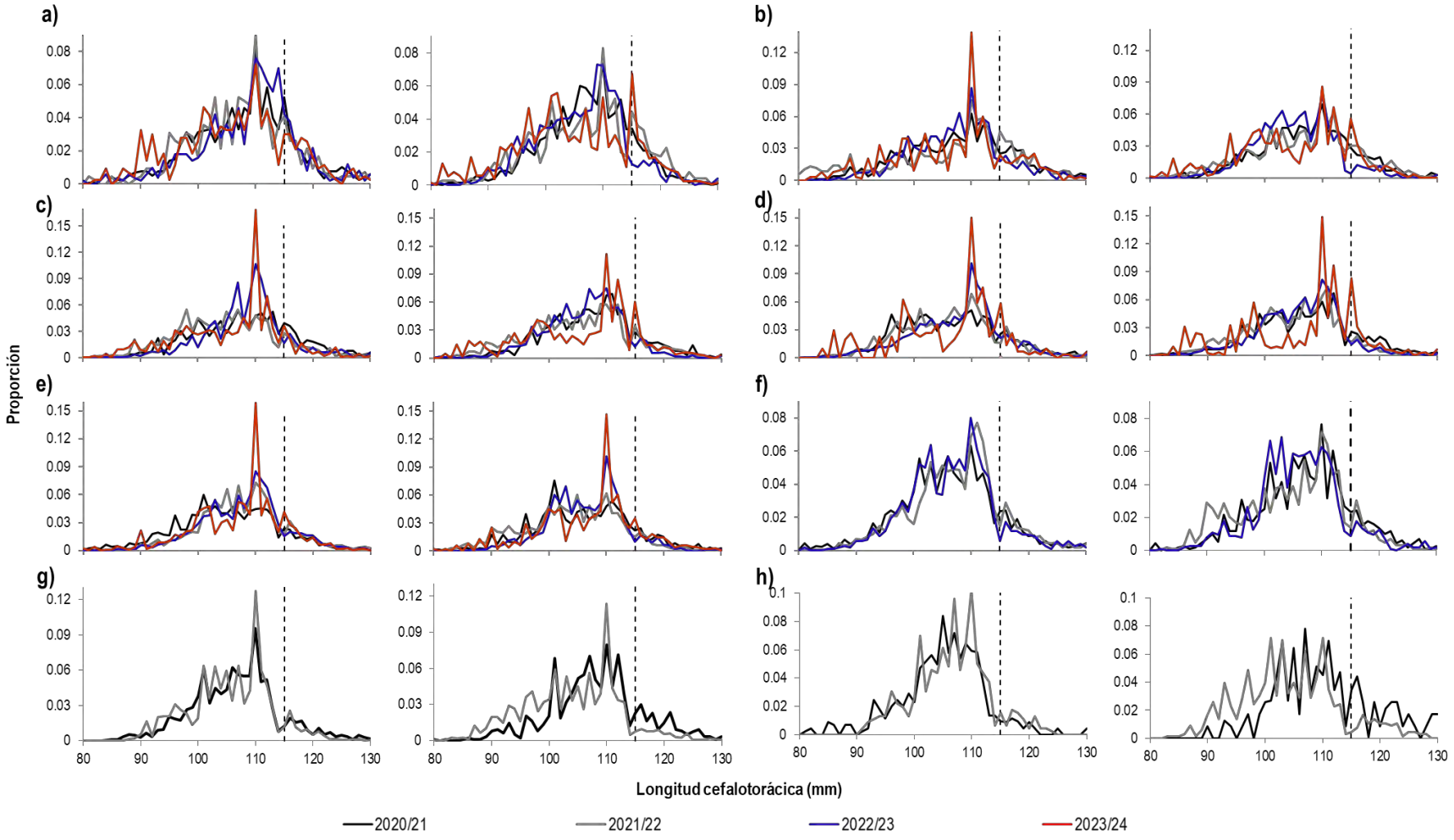


Figura 35 Proporción de tallas de langosta de Juan Fernández por sexo (hembras a la izquierda y machos a la derecha) capturadas mensualmente a) octubre; b) noviembre; c) diciembre; d) enero; e) febrero; f) marzo y g) abril y h) mayo, durante las temporadas 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 en el subsistema RC-SC. La línea punteada indica la talla mínima legal de retención (115 mm de LC).

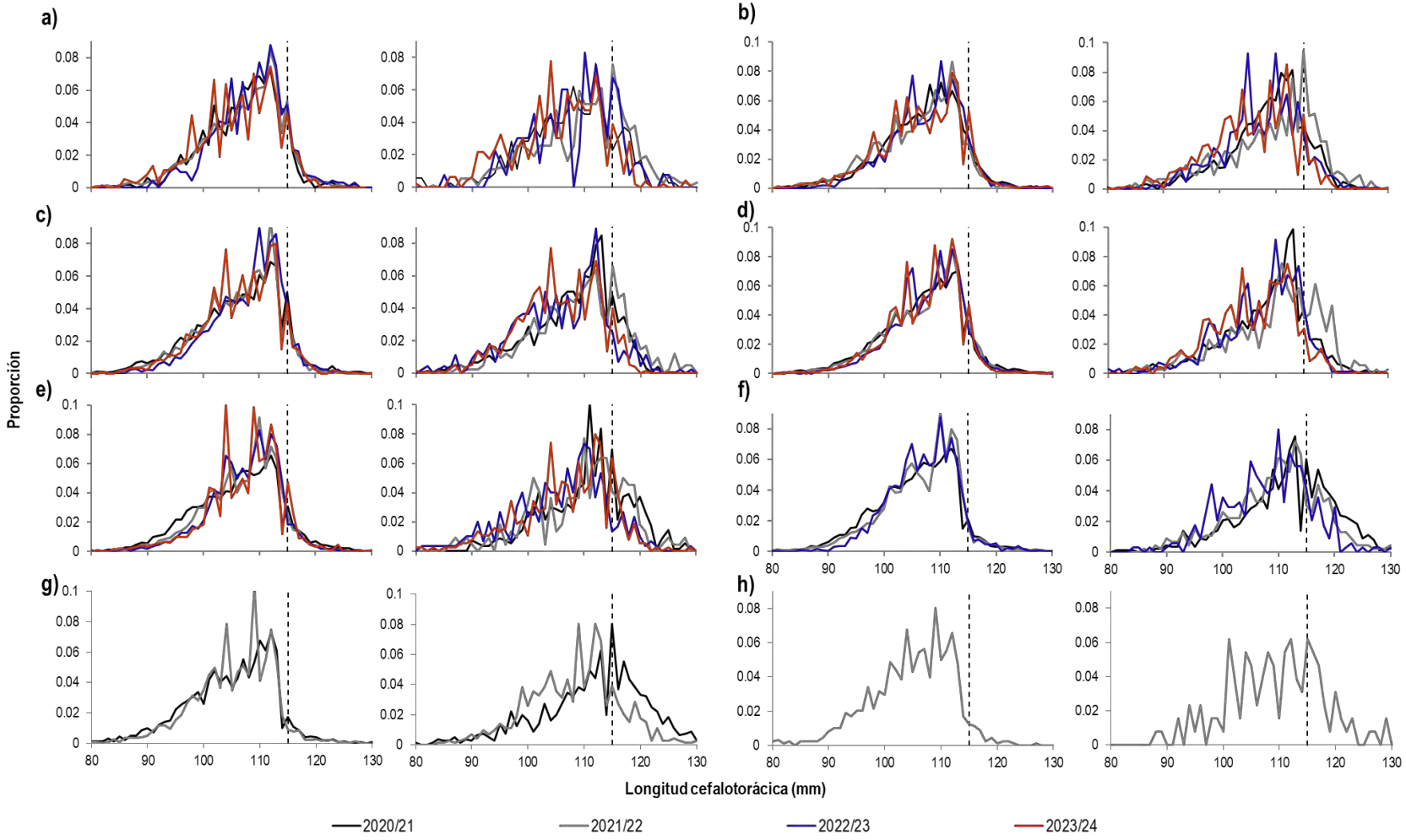


Figura 36 Proporción de tallas de langosta de Juan Fernández por sexo (hembras a la izquierda y machos a la derecha) capturadas mensualmente a) octubre; b) noviembre; c) diciembre; d) enero; e) febrero; f) marzo y g) abril, durante las temporadas 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 en el subsistema AS. La línea punteada indica la talla mínima legal de retención (115 mm de LC).

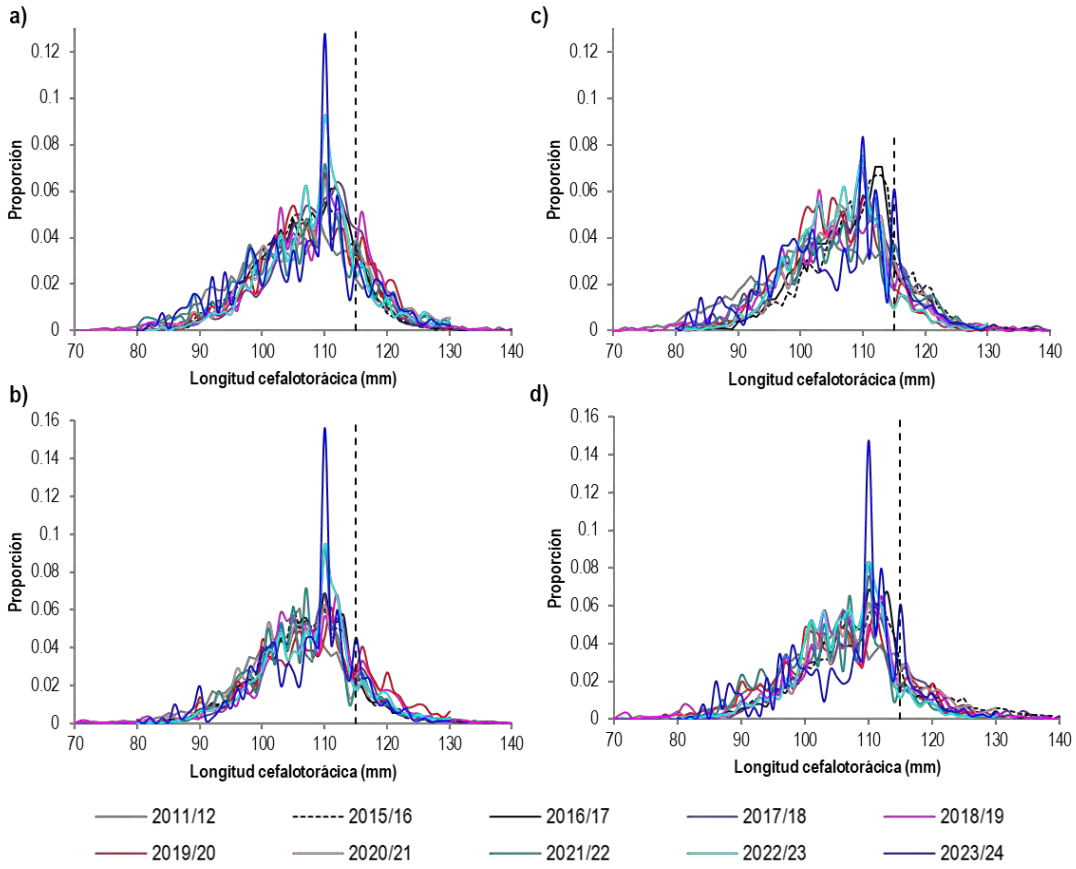


Figura 37 Estructura de tallas de langosta del subsistema RC-SC temporadas 2011/2012, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24*. (a) Hembras octubre- diciembre; (b) Hembras enero-mayo; (c) Machos octubre- diciembre; (d) Machos enero-mayo. *Solo considera periodo enero – febrero de 2024.

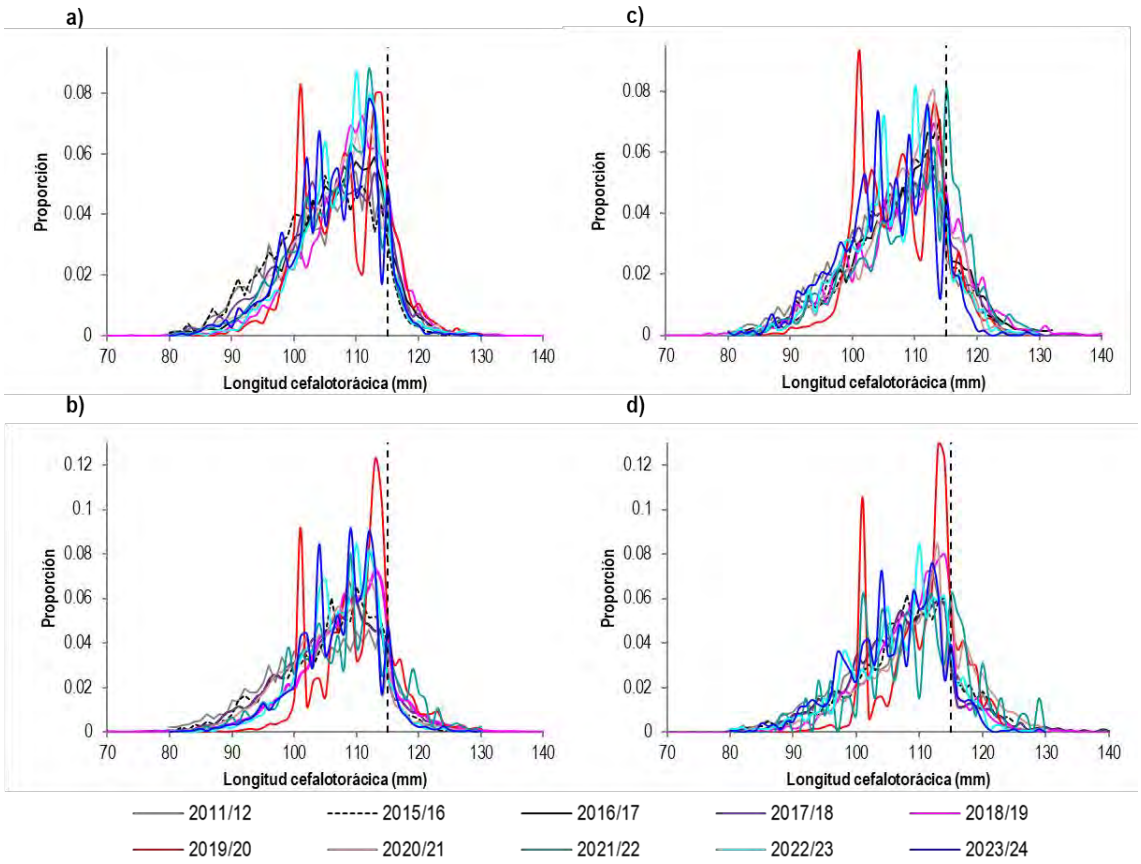


Figura 38 Estructura de tallas de langosta del subsistema AS, temporadas 2011/2012, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23 y *2023/24 (a) Hembras octubre-diciembre; (b) Hembras enero-mayo; (c) Machos octubre-diciembre; (d) Machos enero-mayo.
*Solo considera periodo enero – febrero de 2024.

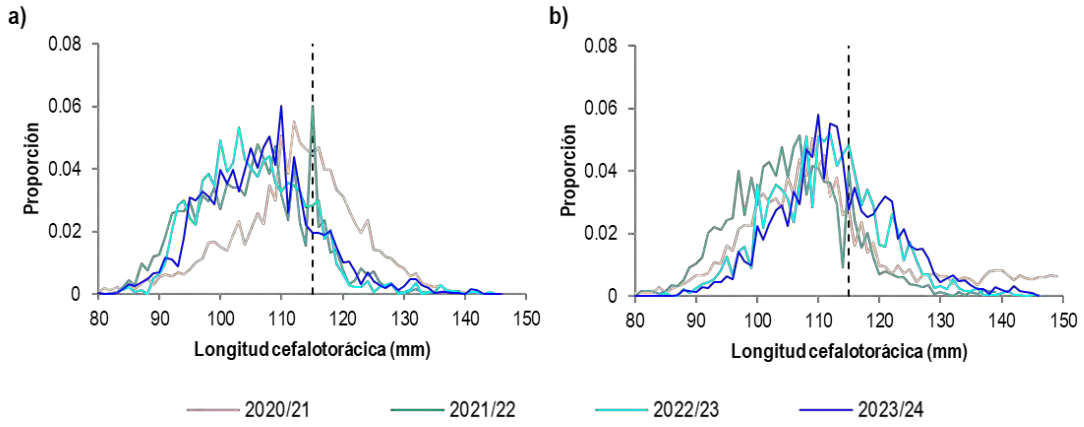


Figura 39 Estructura de tallas de langosta del subsistema ID, 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 (a) hembras y (b) machos.

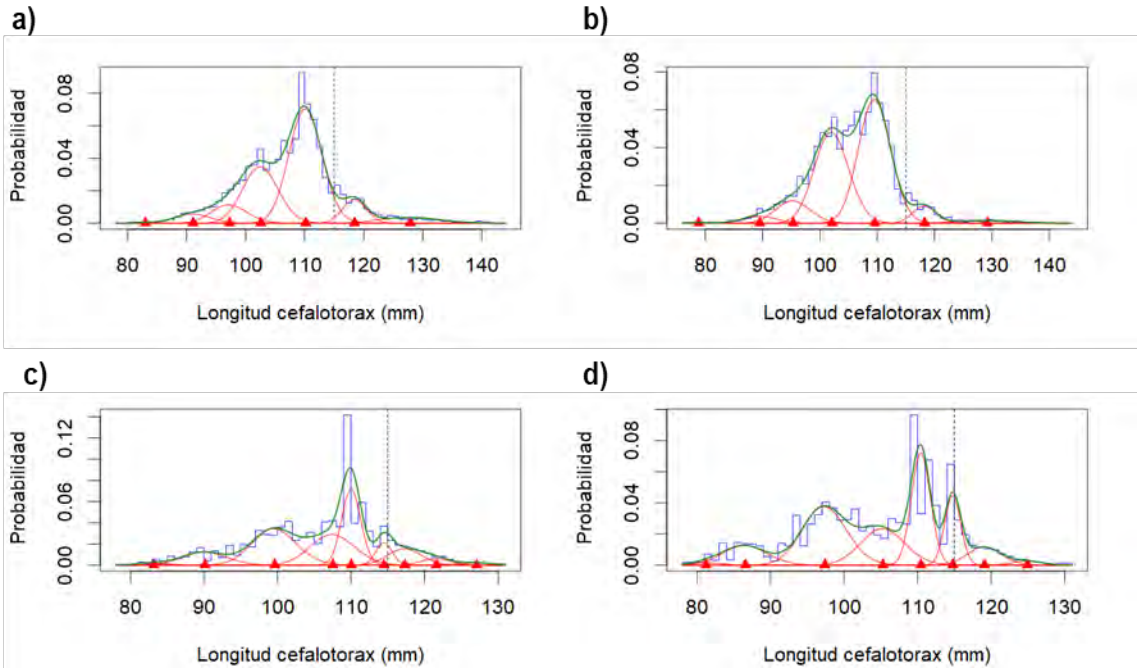


Figura 40 Descomposición modal de la estructura de tallas de las capturas de langosta en RC-SC. (a) Hembras temporada 2022/23; (b) Machos temporada 2022/23; (c) Hembras temporada 2023/24; (d) Machos temporada 2023/24.

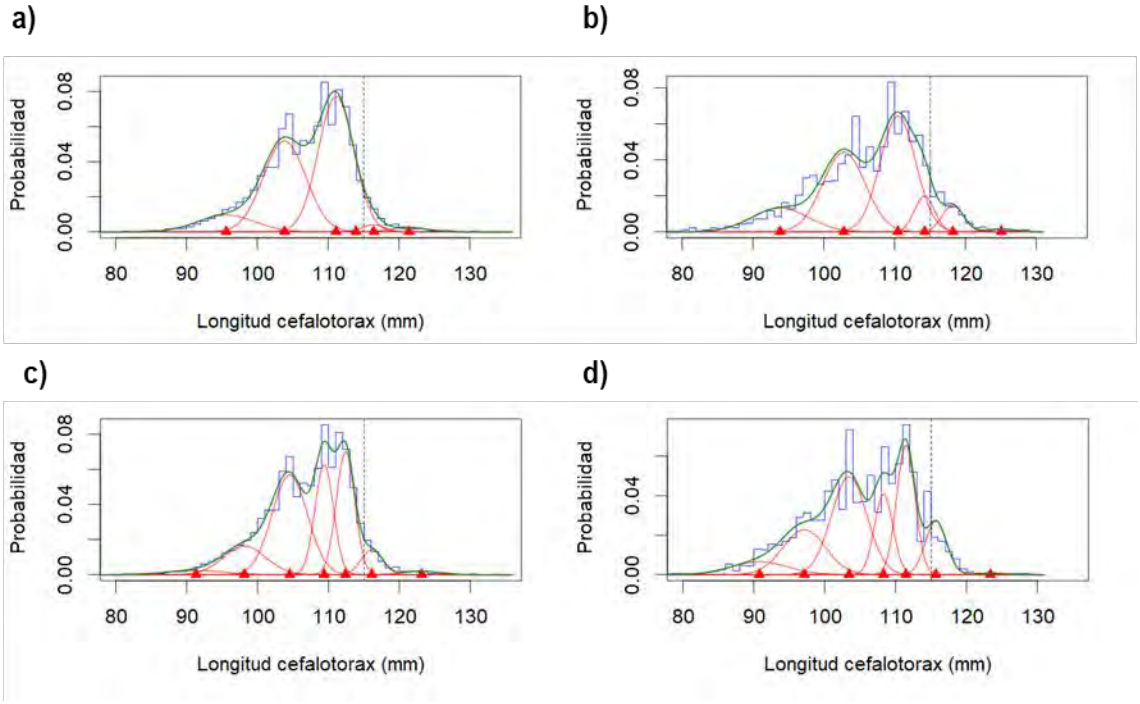


Figura 41 Descomposición modal de la estructura de tallas de las capturas de langosta en el subsistema AS. (a) Hembras temporada 2022/23; (b) Machos temporada 2022/23; (c) Hembras temporada 2023/24; (d) Machos temporada 2023/24.

Tabla 21
Parámetros de la distribución modal por sexos para las capturas de langosta de Juan Fernández en los subsistemas RC-SC y AS durante las temporadas 2022/23 y 2023/24.

		Hembras						Machos					
	Grupo	Temporada 2022/23			Temporada 2023/24			Temporada 2022/23			Temporada 2023/24		
Subsistema	modal	p	mu	sigma	p	mu	sigma	p	mu	sigma	p	mu	sigma
RC-SC	1	0.002	83.0	2	0.011	83.2	2	0.002	78.9	2	0.008	81.2	2
	2	0.042	91.1	3	0.093	90.1	3	0.027	89.5	3	0.095	86.6	3
	3	0.085	97.3	3	0.258	99.6	3	0.089	95.3	3	0.282	97.4	3
	4	0.261	102.6	3	0.216	107.5	3	0.361	102.1	3	0.176	105.3	3
	5	0.493	110.2	2.8	0.232	110.0	1.3	0.459	109.6	2.8	0.234	110.5	1.3
	6	0.073	118.5	2	0.058	114.5	1.1	0.046	118.3	2	0.123	114.8	1.1
	7	0.044	127.9	5	0.089	117.3	2.3	0.018	129.2	5	0.067	119.1	2.3
	8				0.031	121.6	2				0.013	125.0	2
	9				0.012	127.1	2				0.003	141.1	2
AS	1	0.096	95.6	4	0.024	91.3	4	0.133	93.8	4	0.066	90.8	4
	2	0.389	103.8	3	0.122	98.1	3	0.333	102.8	3	0.172	97.1	3
	3	0.483	111.1	2.5	0.356	104.5	2.5	0.403	110.5	2.5	0.311	103.4	2.5
	4	0.000	113.9	1.3	0.204	109.4	1.3	0.069	114.2	1.4	0.132	108.3	1.3
	5	0.015	116.4	1.5	0.228	112.4	1.3	0.055	118.2	1.5	0.213	111.4	1.3
	6	0.016	121.4	2.5	0.053	116.1	1.5	0.008	125.0	2	0.102	115.7	1.5
	7				0.013	123.1	2.5				0.005	123.3	2.5

Tabla 22

Proporción de portación respecto al total de hembras de langosta muestreadas en cada subsistema por zona y mes de estudio durante la temporada 2023/24. Periodo reportado: octubre 2023 a febrero 2024.

Subsistema	Zona	Temporada 2023/24				
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
RC-SC	1	0.47	0.50	0.17	0.29	0.26
	2	0.57	0.67	0.55	0.00	0.10
	3	0.57	0.10	0.19	0.22	0.06
	4	0.52	0.62	0.77	1.00	0.16
	5	0.40	0.94	1.00	0.99	0.57
	6		1.00	1.00	1.00	0.63
	7	0.48	0.37	0.20	0.52	0.19
	8	0.21	0.34	0.29	0.71	0.25
	9	0.26	0.26	0.26	0.91	0.15
	10	0.54	0.29	0.26	1.00	0.08
	11	0.80	0.08	0.60	1.00	0.15
AS	1	0.28	0.18	0.11	0.00	0.00
	2	0.11	0.17	0.10	0.03	0.02
	3	0.18	0.16	0.10	0.04	0.05
	4	0.20	0.14	0.06	0.04	0.02
	5	0.16	0.15	0.10	0.09	0.03
	6	0.43	0.18	0.67	0.20	
ID	1			0.2055	0.1227	0.05
	2			0.4737	0.0333	
	3					

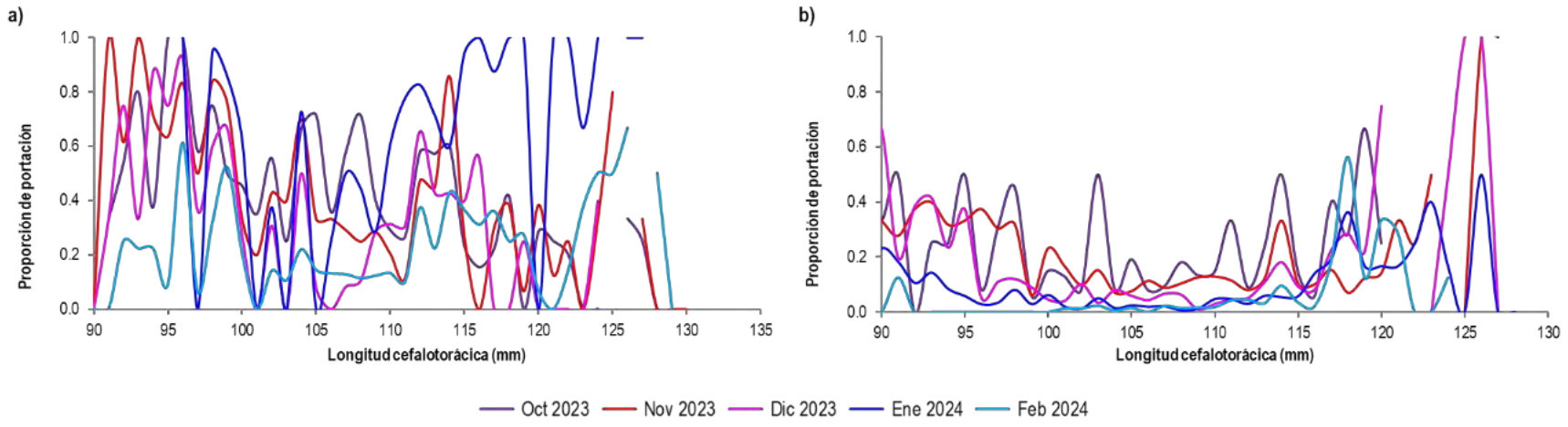


Figura 42 Proporción de portación a la talla de langosta de Juan Fernández por mes durante el periodo octubre de 2022 a febrero de 2024. (a) Subsistema RC-SC; (b) subsistema AS.

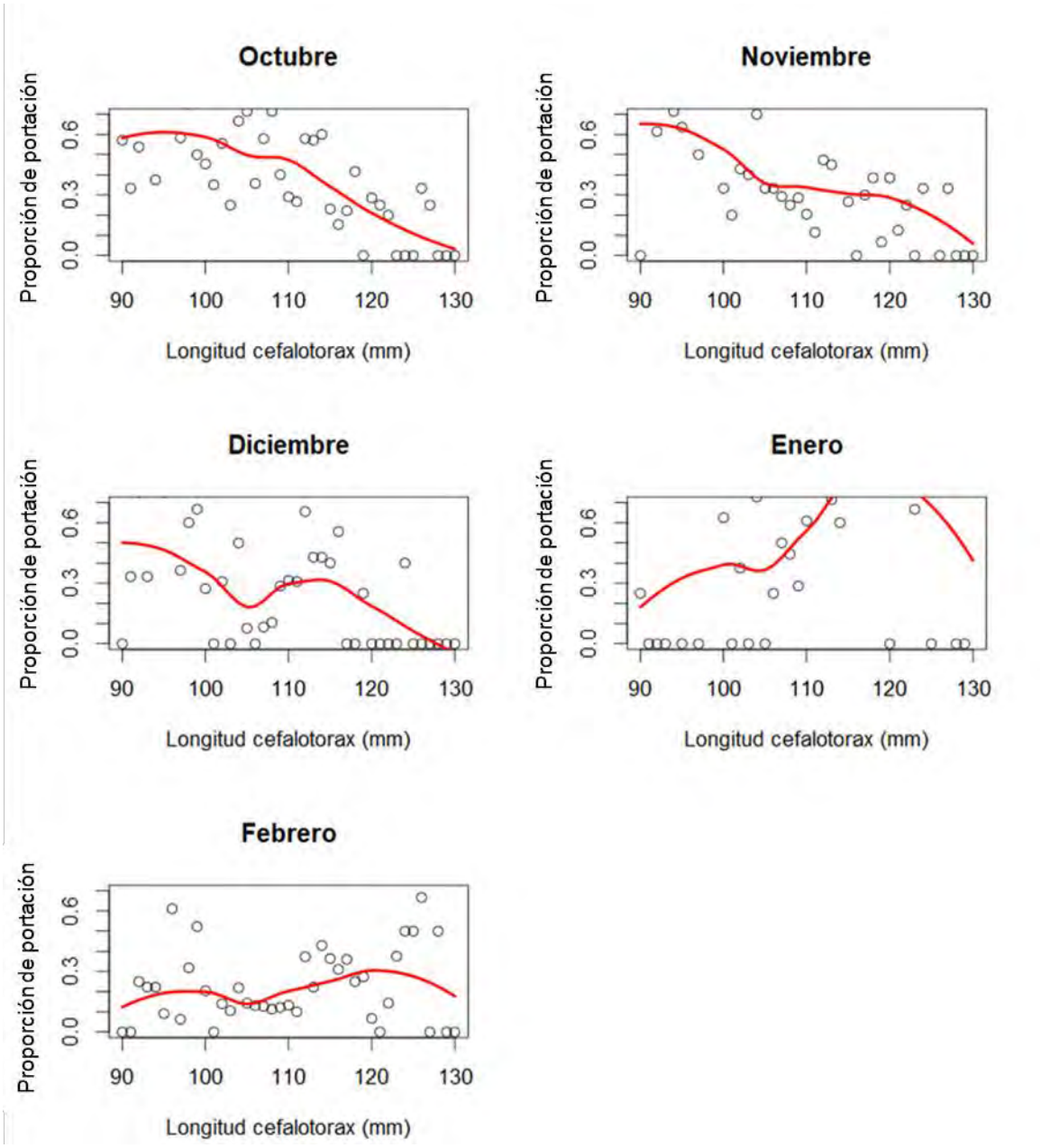


Figura 43 Ajuste de modelo LOESS (regresión local) a la proporción de portación a la talla de langosta de Juan Fernández por mes en el subsistema RC-SC. Temporada 2023/24.

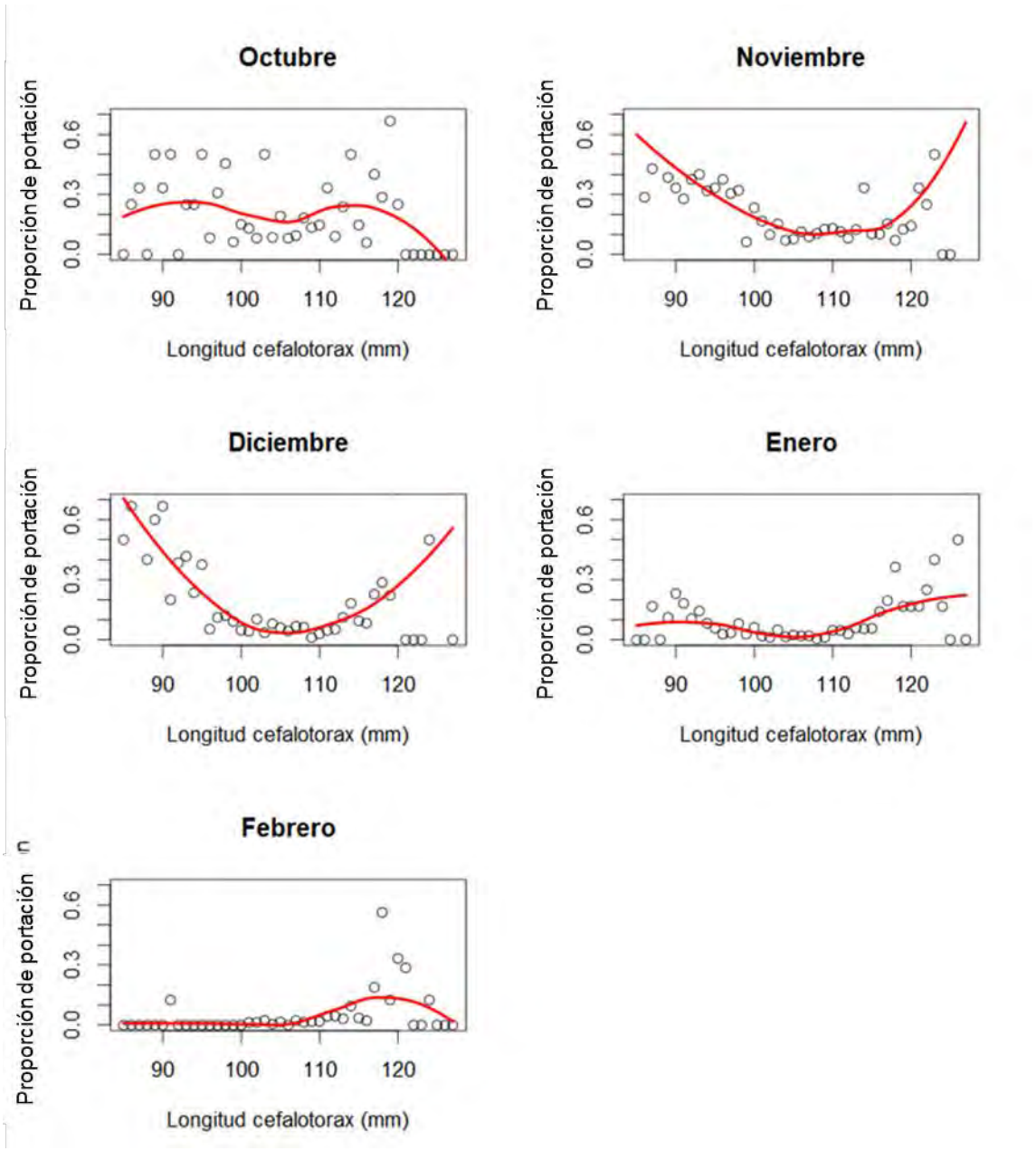


Figura 44 Ajuste de modelo LOESS (regresión local) a la proporción de portación a la talla de langosta de Juan Fernández por mes en el subsistema AS. Temporada 2023/24.

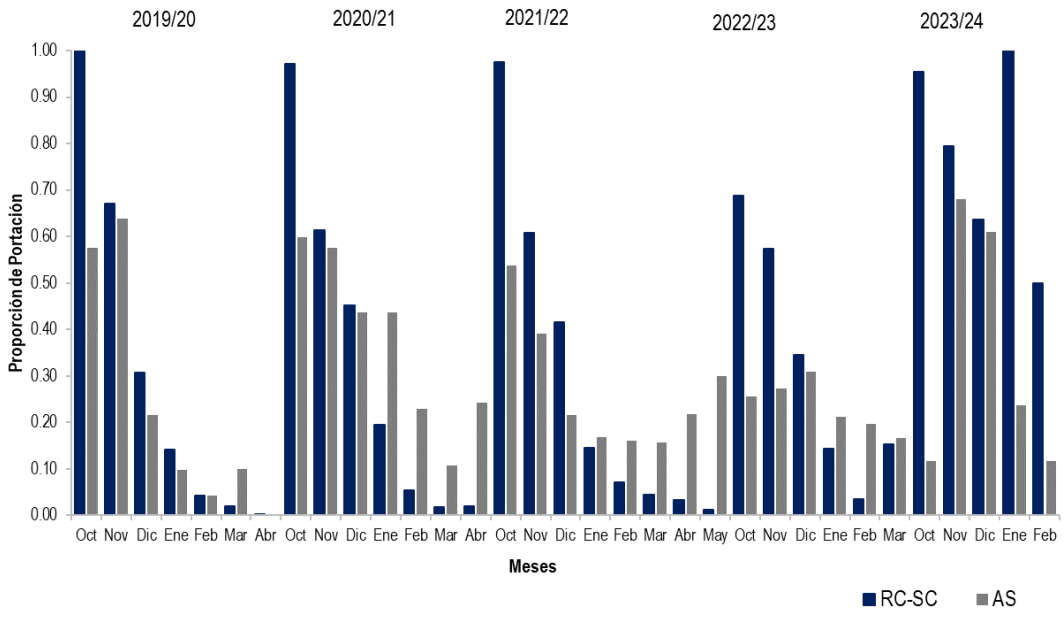


Figura 45 Proporción de portación mensual obtenida de la modelación de la proporción de portación de langosta de Juan Fernández para los subsistemas RC-SC y AS. Periodo octubre 2019 hasta febrero 2024.

Tabla 23
Estimación del peso medio a la talla de langostas diferenciadas por sexo y sexos combinados (proyectos anteriores)

	Peso total (gramos)		
LC (mm)	Hembras	Machos	Combinados
100	494	457	486
103	537	497	527
106	583	538	569
109	631	583	614
112	682	629	661
115	736	678	711
118	792	729	762
121	850	782	816
124	912	838	872
127	976	897	931
130	1043	958	992
133	1113	1022	1055
136	1186	1088	1121
139	1262	1157	1190
142	1341	1229	1261
145	1423	1304	1334
148	1509	1381	1411
151	1598	1462	1490
154	1690	1545	1572
157	1785	1632	1657
160	1884	1722	1744
163	1987	1814	1834
166	2092	1910	1928
169	2202	2009	2024
172	2315	2111	2123
175	2432	2217	2225
178	2553	2326	2331
181	2677	2438	2439
184	2805	2554	2550
187	2938	2673	2665
190	3074	2796	2783
193	3214	2923	2904
196	3359	3053	3028
199	3507	3187	3156
202	3660	3324	3287
205	3817	3465	3422
208	3978	3610	3559
211	4144	3759	3701
214	4314	3912	3846
217	4488	4069	3994
220	4667	4230	4146
223	4851	4395	4301
226	5039	4563	4461
229	5232	4737	4623
232	5429	4914	4790
235	5632	5095	4960
238	5839	5281	5134
241	6051	5471	5312
244	6268	5666	5494
247	6490	5864	5679
250	6717	6068	5869

4.2.2 Cangrejo dorado

Las salidas de pesca con objetivo de capturar cangrejo dorado son escasas (Tabla 1), por lo que los tamaños muestrales de salidas con investigadores son bajos pero informativos de lo que pasa con la pesquería. Durante el periodo reportado (septiembre 2023 a febrero 2024) las capturas estuvieron compuestas por machos casi en su totalidad. Las salidas de pesca registradas por investigadores se circunscriben a las zonas 3, 10 y 11 alrededor de la isla Robinson Crusoe.

Proporción sexual

La proporción de hembras respecto del total de individuos capturados durante el periodo reportado estuvo compuesta casi en su totalidad por machos (Tabla 24 y Tabla 25). En el periodo en el que se registraron las capturas, solo fueron reportadas hembras en diciembre y febrero en la zona 11 y 10 respectivamente.

Madurez sexual y portación

La información biológica que se obtiene del monitoreo de las capturas de cangrejo dorado no permite estimar directamente una función de madurez de las hembras para esta especie ni la curva de portación, debido escaso número de hembras portadoras que aparecen en las capturas (Tabla 24). Histórica y actualmente las capturas han estado compuestas por una alta proporción de machos (número de individuos capturados), existiendo baja captura de hembras y hembras ovígera, así solo en diciembre existió registro de hembras con masa ovígera.

Distribución de tallas

La talla media tanto de la captura retenida como de la captura total fue mayor a 120 mm de AC en todas las zonas y los meses reportados (Tabla 24 y Tabla 25). La mayor talla media se registró en la zona 3 durante noviembre (129.3 mm de AC) y la menor fue en enero en la zona 10. La talla media de retención fue similar en casi todas las zonas, presentando aumentos pequeños solo en algunas. La Figura 46 representa la distribución de tallas de cangrejos capturados y retenidos en el subsistema RC-SC durante los meses de septiembre de 2023 a febrero de 2024. Se evidencia una mayor proporción de individuos a los 122 mm de AC. La captura total es principalmente captura retenida compuesta por machos (Tabla 25) que se distribuyen entre 94 y 148 mm de AC con una mayor proporción ejemplares entre 116 a 128 mm de AC. De acuerdo con la Figura 47 se observan que sobre los 125 mm de AC más de la mitad de los ejemplares conforman la captura retenida, aumentando la talla en relación a periodos anteriores (2020, 2021, 2022).

En la Figura 48 se observa la talla media mensual de cangrejos capturados como serie histórica de registros cuya tendencia muestra un descenso general de la talla de retención. Desde esta se desprende que la talla media retenida ha estado sobre los 120 mm de ancho cefalotorácico, mientras que la talla media mínima de captura retenida es 110 mm de AC aproximadamente, alcanzada en julio de 2013. La talla de la captura retenida sigue siendo igual o superior a la talla media de la captura total. Se observa un leve aumento de la talla de cangrejos capturados durante el segundo semestre de 2022 hasta principios de 2023, mientras que en septiembre y octubre de 2023 desciende levemente, aumentando en noviembre, cerca de 130 mm de AC, pero vuelve a disminuir en los siguientes meses hasta febrero, aunque se mantiene sobre 120 mm de AC.

Relación talla peso

De registros de programas de seguimiento anteriores donde se tomaron medidas en tierra utilizando balanza digital se obtuvo la relación talla peso de cangrejo dorado para ambos sexos. Según estos, un cangrejo macho de 120 mm de AC podría pesar alrededor de medio kilogramo. Durante el proyecto en ejecución se mantuvo la gestión para realizar muestreos de cangrejo en las plantas de proceso para actualizar esta relación talla peso, sin embargo no se tuvo éxito, por lo que se utilizó la relación talla -peso de programas anteriores.

Tabla 24
Proporción sexual de cangrejo (hembras sobre el total), de portación (respecto del total de hembras) y ancho cefalotorácico medio (talla media en mm) de la captura total y retenida muestreadas en el subsistema RC-SC por zona y mes de estudio. Periodo septiembre 2023 – febrero 2024.

Indicador	Zonas	Año 2023				Año 2024	
		Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Portación	3		0.00	0.00	0.00	0.00	
	10	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
	11		0.00		0.09		
Proporción sexual	3		0.00	0.00	0.00	0.00	
	10	0.00		0.00	0.00	0.00	0.01
	11		0.00		0.18		
Talla Med. Capt Tot (mm)	3		126.0	129.3	127.0	124.7	
	10	122.4		121.3	121.6	120.3	121.6
	11		122.2		122.6		
Talla Med. Capt Ret (mm)	3		126.0	129.3	127.0	124.7	
	10	122.4		122.0	122.5	120.3	124.3
	11		122.2		126.7		

Tabla 25
Proporción sexual (hembras sobre el total) y talla media de la captura total de cangrejo dorado en RC-SC. Periodo reportado septiembre 2023 – febrero 2024.

	Año 2023				Año 2024	
Indicador	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Proporción sexual	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.013
Talla Med. Capt Tot	122.42	124.35	128.11	125.04	121.07	121.63

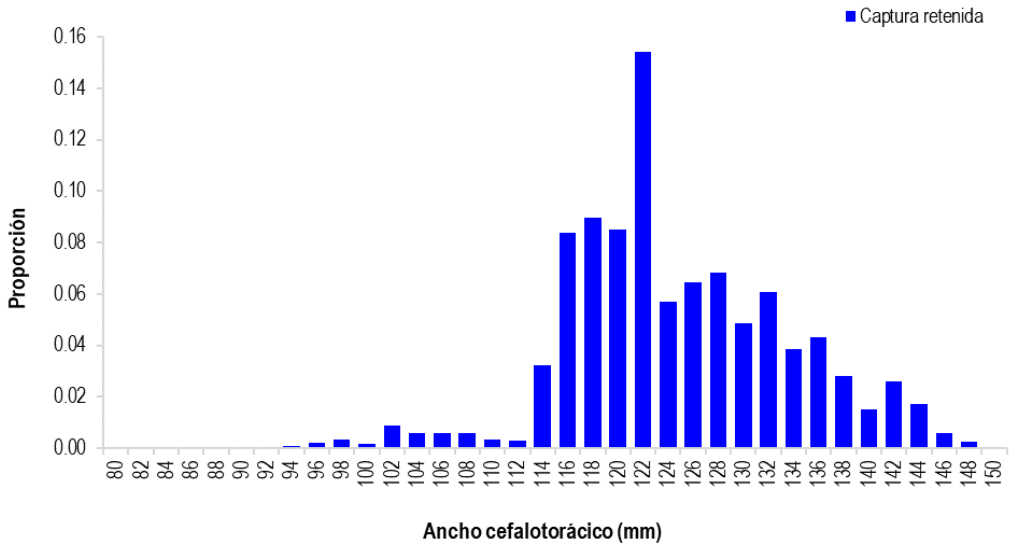


Figura 46 Proporción de distribución de tallas de cangrejo dorado retenido del muestreo de las capturas en el subsistema RC-SC. Periodo: septiembre 2023 a febrero 2024

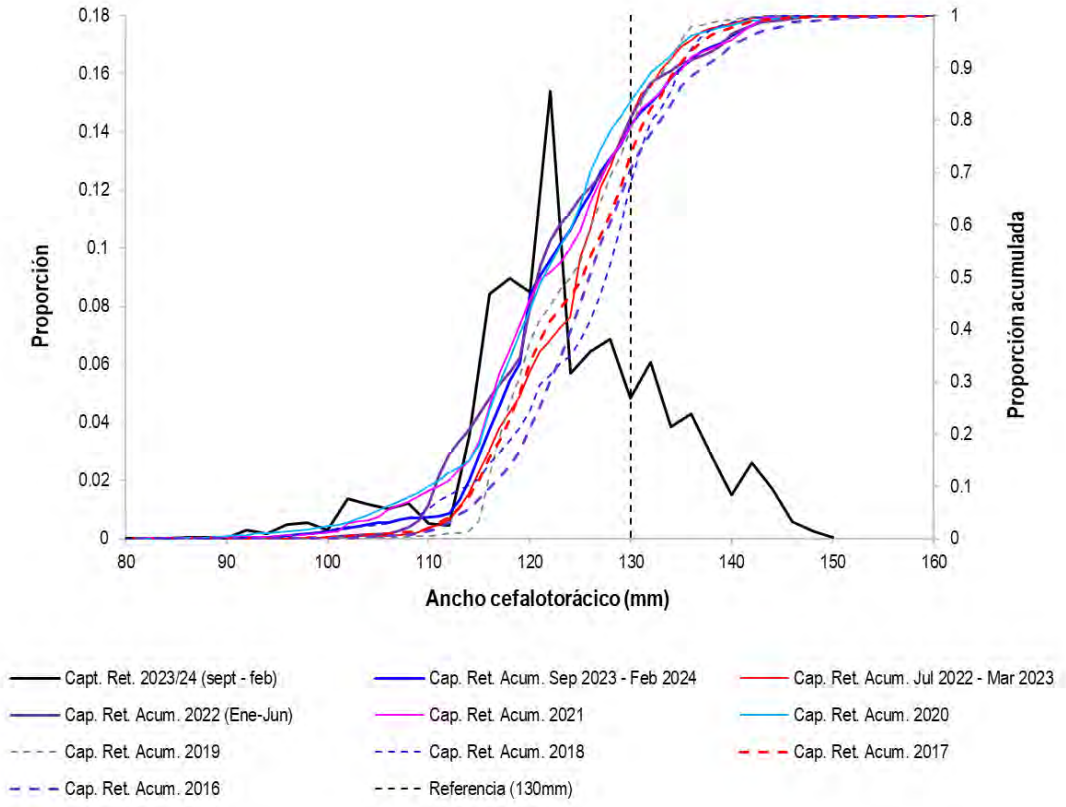


Figura 47 Proporción de tallas de la captura retenida de cangrejo dorado en el subsistema RC-SC. Período julio de 2022 a febrero 2024.

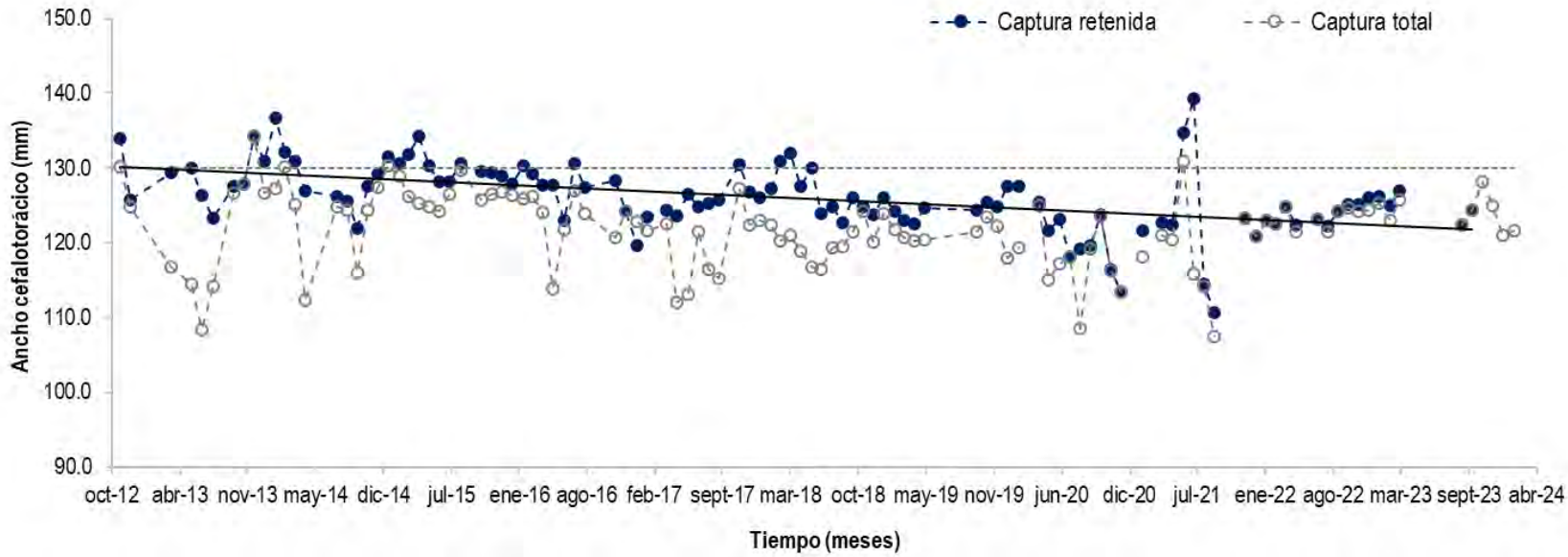


Figura 48 Serie de tiempo mensual de talla media de las capturas retenidas y total de cangrejo dorado. Periodo noviembre 2012 a febrero 2024. La línea gris horizontal discontinua indica la talla comercial adoptada voluntariamente (130 mm de AC) y la línea negra continua corresponde a la tendencia de la captura retenida.

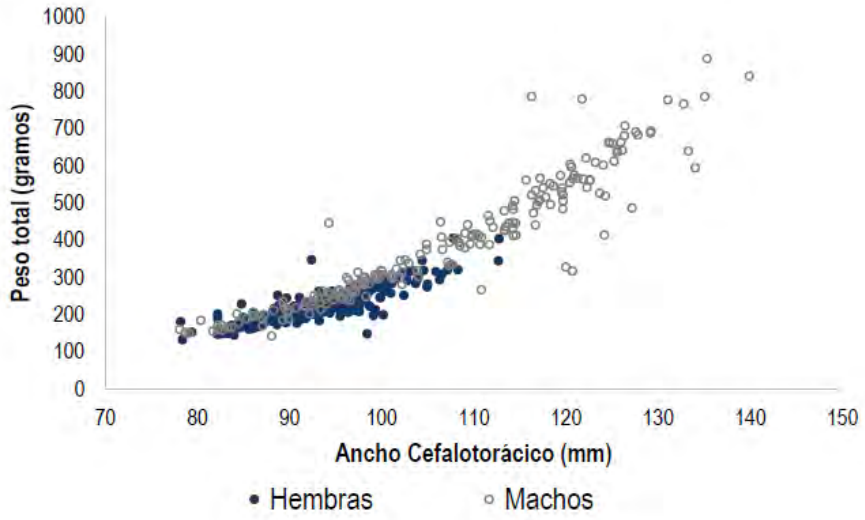


Figura 49 Relación talla-peso de cangrejo dorado por sexo. Registros tomados en laboratorio en la isla Robinson Crusoe durante el 2020. (Ernst et al., 2021).

4.2.3 Peces

De acuerdo con los registros aportados por los/as muestreadores científicos se presenta la composición de tallas de las capturas de breca (sexos combinados) hasta febrero de 2024 (Figura 50). Durante el año 2013 se intentó desarrollar un protocolo para identificar a los ejemplares por sexo sin eviscerarlos, pero no se tuvo éxito. Aun revisando la gónada es muy difícil sexar para tallas pequeñas/medianas. Las muestras no pueden ser llevadas al laboratorio ya que se utilizan como carnada para trampas de langostas o cangrejo. Durante la ejecución del presente proyecto en RC-SC durante salidas realizadas en septiembre, los muestreadores científicos realizaron pruebas eviscerando ejemplares a bordo de las embarcaciones a fin de identificar la composición sexual de las capturas, esto resultó complejo y con pocos resultados efectivos para alimentar una base de datos robusta para generar análisis diferenciados por sexo.

En relación a la obtención de peso, asociado a condiciones de mar medianas a fuertes, se utilizaron balanzas de 5 y 20 kg que no registraron mediciones en ninguna de las condiciones de mar, ya que no se estabilizada la lectura y solo en la mitad de los casos registrados se pudo medir con la balanza de 40 kg. Las mediciones deben hacerse en condiciones ideales y con una balanza de rango de pesaje amplio, con bastante imprecisión. Las balanzas deben ser usadas en tierra/muelle, no siendo aptas para mediciones regulares de la captura a bordo de estas embarcaciones pues son una plataforma inestable para dicho efecto. Además el pesaje toma tiempo en la estabilización de lectura, haciendo dificultoso e ineficiente el muestreo a bordo. La obtención de peso en tierra es complejo de lograr ya que la gran mayoría de las embarcaciones traen los filetes o peces eviscerados.

En RC-SC la proporción de brecas según su longitud de horquilla presenta una distribución en forma de campana, con máximo alrededor de 400 mm de LT. Se observa que durante el año 2022 y 2023

las brecas de mayor talla se presentan en menor proporción, aumentando la proporción de brecas capturadas en torno a los 400 -450 mm de LH. En el periodo sept-23 a feb-24 la campana descrita cambia, se observa una mayor proporción de brecas en torno a 200 mm de LT que no había aparecido en años anteriores y un alza en la proporción de brecas en torno a los 500 mm de LT, además de la mayor proporción de ejemplares cerca de los 400 mm de LT. Por su parte, AS no presenta la misma forma de proporción a la talla, años anteriores se han observado *peaks* a distintos intervalos de LT, por ejemplo, el año 2021 presento el mayor *peak* sobre 400 mm de LT (similar a RC-SC) y otro sobre 300 mm de LT, mientras que 2022 tuvo peak a los 500 mm y 600 mm de LT. Durante el último periodo reportado, el *peak* de ejemplares se observó a los 400 mm de LT con otros valores secundarios tanto la izquierda (360 y 300 mm de LT) como a la derecha (>450 y 500 mm de LT). Una menor proporción de brecas de mayor tamaño fue registrada en el último periodo respecto a años anteriores.

Continuando con lo descrito en años anteriores se reporta la talla media de las cuatro especies identificadas como carnadas principales: morena (anguila), breca de Juan Fernández, jurel de Juan Fernández (incluye jureles juveniles) y vidriola (Figura 51), incluyendo datos colectados hasta febrero de 2024. Las series de talla media por subsistema muestran que la talla media de las anguilas registradas es menor en AS que en RC-SC, aunque la diferencia es pequeña y ambas decaen en 2023, encontrándose cerca de los 600 mm de LT. En el caso de la breca, la talla media se ha sostenido desde el año 2020 cercana a 400 mm de LT en ambos subsistemas, con un incremento en 2022 en AS cercano a los 500 mm, volviéndose similares en 2023. La talla media del jurel de Juan Fernández se mantiene estable desde 2016 en RC-SC y es cercana a 300 mm de LT, mostrando un alza sutil desde 2021, mientras que se cuenta con pocos registros de AS y estos estaban por debajo de lo registrado en RC-SC a excepción de la talla media de 400 mm observada en 2020. Por último, la vidriola es la especie que presenta mayor tamaño entre las tallas que se están analizando. Desde el 2020 en RC-SC la talla media se estima cercana a 600 mm de LT, similar a lo reportado en AS.

Se incluye la proporción acumulada a la talla de capturas de breca de Juan Fernández, notando el tamaño al que ha sido estimada la talla de madurez sexual (Figura 52). De esta se desprende que para todos los años reportados, la proporción acumulada de brecas por debajo de la talla de madurez es menor a 0.2. Es más, durante el año 2022 y 2023 los registros de brecas bajo 250 mm de LH son menores a 0.05, a excepción de los registros de septiembre 2023 – febrero 2024 que muestran un pequeño aumento en la proporción acumulada de brecas de menos de 250 mm de LH. La mayor proporción de brecas capturadas se encuentra entre 350 y 450 mm de LH.

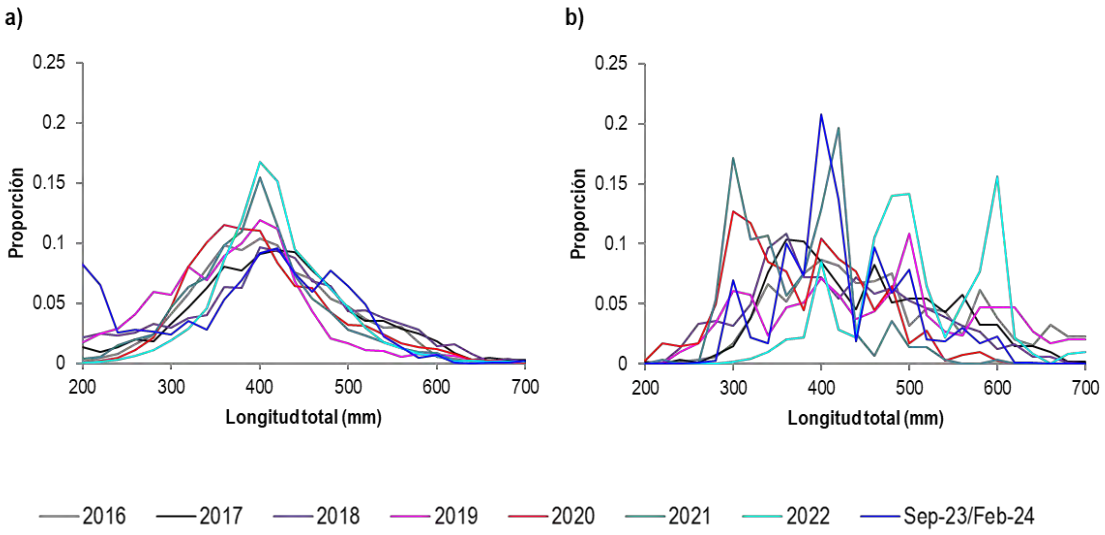


Figura 50 Proporción a la talla (LT) de las capturas de breca por año calendario (2016 a febrero 2024). (a) Subsistema RC-SC; (b) Subsistema AS.

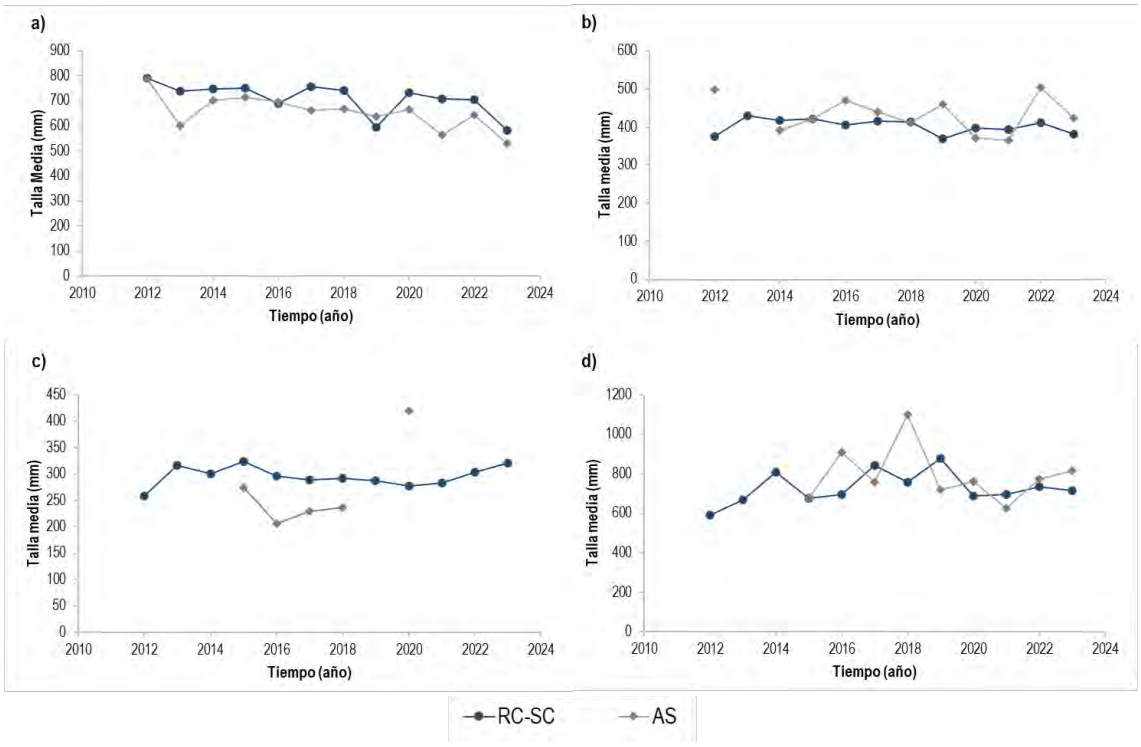


Figura 51 Talla media (Longitud Total) de las capturas de las principales especies utilizadas como carnada entre los años 2012 hasta febrero 2024 en AJF. a) Morena (anguila); b) breca de Juan Fernández; c) jurel de Juan Fernández; d) vidriola.

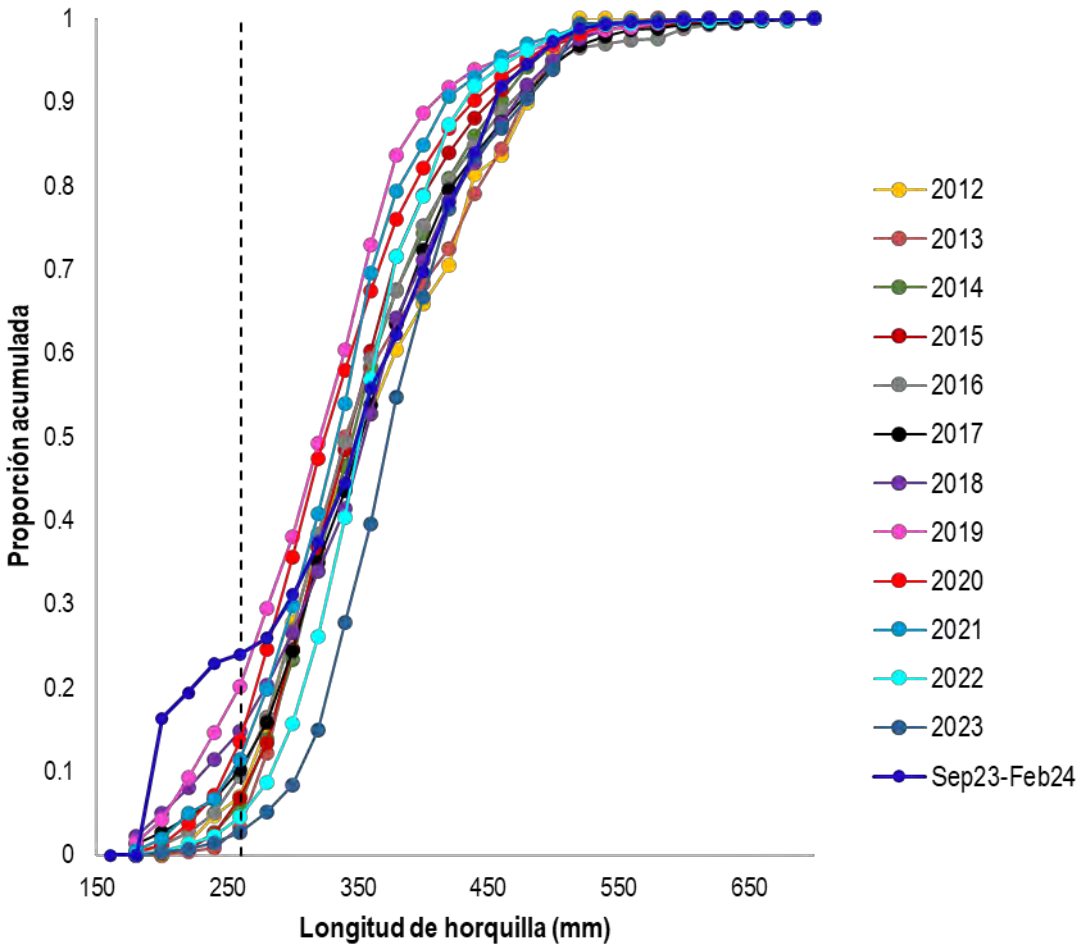


Figura 52 Proporción a la talla de capturas de breca por año calendario. La línea vertical discontinua indica la madurez del 50% (FIPA 2020-35).

4.3 Objetivo 3

Determinar la composición específica de las capturas en las operaciones de pesca dirigidas a la langosta de Juan Fernández, cangrejo dorado y en operaciones de pesca dirigidas a peces

La cuantificación de fauna acompañante[2] y captura incidental[3] solo es posible a partir de las bitácoras biológicas, ítem incluido desde el año 2013 (temporada 2012/13) para las especies capturadas en las trampas de crustáceos. Además, desde el invierno de 2016 se incorporó el registro de captura incidental en los aparejos de pesca de especies ícticas.

4.3.1 Trampas de crustáceos

De acuerdo con el listado presentado (ANEXO II), se reporta en detalle la captura de fauna acompañante de la pesquería de la langosta durante cada mes de la temporada 2023/24 por trampa levantada, considerando el número de veces que cada especie fue capturada por trampa y el índice de ocurrencia (S0%) calculado sobre el número total de trampas registradas por los muestreadores científicos (Tabla 26). En el caso de la pesquería de cangrejo dorado, si bien se cubrieron salidas de pesca durante los meses septiembre de 2023 y febrero 2024 (Tabla 5), los muestreadores científicos reportaron escasa fauna acompañante en las trampas cangrejeras.

De acuerdo a la Tabla 26 durante la temporada de pesca de langosta 2023/24 en las trampas observadas se identificaron 7 especies en RC-SC, 4 en AS y 4 en ID, pertenecientes a cuatro phyla diferentes, a saber Artrhopoda (Crustacea), Chordata, Echinodermata, Mollusca. Según lo reportado las especies fueron clasificadas como R ("especie rara") por su baja presencia en relación con el número de trampas levantadas observadas ($S0<25\%$). En el particular los erizos, su presencia representó el 10.3% del total de trampas observadas (3753 trampas).

Al clasificar las especies en grupos taxonómicos mayores (Figura 53) se observa que en RC-SC prima la presencia de equinodermos explicado por la alta presencia de erizos de mar principalmente, también sucede en AS pero en menor proporción. Diferencias se registraron en ID donde primó la captura de centollas de Juan Fernández por sobre el volumen de otras especies. Dado que estos aparejos de pesca utilizados son pasivos y dispuestos en el suelo marino (en torno a arrecifes), especies bentónicas como erizos, estrellas, pulpos, entre otros, ingresan a las trampas para alimentarse.

En la Figura 54 se presenta la proporción de la especie objetivo (langostas retenidas y no retenidas) y especies capturadas como fauna acompañante durante el periodo de ejecución del proyecto. Esta figura incorpora la composición de las capturas de todas las trampas observadas e incluye la presencia de individuos en las trampas. De acuerdo a esta información, la captura observada estuvo compuesta en su mayoría por langostas (retenidas y no retenidas) y la presencia de erizos en las trampas es menor respecto al total de trampas observadas. La proporción de erizos capturados en

[2] Fauna acompañante: es la conformada por especies hidrobiológicas que ocupan temporal o permanentemente un espacio marítimo común con la especie objetivo, y que, por efecto tecnológico del arte o aparejo de pesca, se capturan cuando las naves pesqueras orientan su esfuerzo de pesca a la explotación de las especies objetivo. (Art. 2°, numeral 21 Ley general de pesca y acuicultura 20.657)

[3] Pesca incidental: aquella conformada por especies que no son parte de la fauna acompañante y que está constituida por reptiles marinos, aves marinas y mamíferos marinos (Art. 2°, numeral 21 bis Ley general de pesca y acuicultura 20.657)

relación a la captura de langostas retenidas observada en RC-SC es similar, mientras que en ID y AS la importancia relativa de la fauna acompañante respecto a la especie objetivo es baja.

Considerando la mayor presencia de erizos observados en relación a las otras especies, y continuando el reporte particular de distribución y abundancia de erizos alrededor de RC-SC cuyo impacto en fondos someros ha sido tema de interés para la comunidad de Juan Fernández, que ha participado de diferentes iniciativas se presenta su distribución y abundancia obtenida desde los registros de los muestreadores científicos durante la temporada de pesca 2023/24 en la Figura 55. Se observan aquellos sectores en que se han registrado mayor presencia de estos ejemplares en las trampas, destacando el sector norte y noroeste de Robinson Crusoe, Punta isla – Bahía el padre al oeste, además de la alta presencia en el sector sureste de Robinson Crusoe (El Verdugo) a distintas profundidades.

Se incluyen series de tiempo de la captura de erizos en distintas temporadas registradas en RC-SC (Figura 56). La presencia de erizos ha ido aumentando en el tiempo, tanto en ocurrencia de erizos por trampa alrededor de la isla, como su abundancia por trampa (Figura 56 a), notando un pronunciado incremento en RC-SC. Se han capturado erizos en trampas caladas a distintos estratos batimétricos incluidos aquellos de 150 m de profundidad, con mayor rendimiento durante la temporada 2022/23 (Figura 56 b).

En cuanto a la pesquería de cangrejo dorado y a partir de las salidas de pesca cubiertas por los muestreadores científicos (Tabla 5), se reportaron muy pocas trampas con presencia de otras especies que no sean cangrejo dorado, a saber, solo 2 trampas durante el año septiembre – diciembre de 2023 y ninguna en los meses de enero y febrero del 2024. En ambos casos documentados por los muestreadores científicos se capturó centolla de Juan Fernández. Las trampas cangrejeras se despliegan a gran profundidad, lo que podría explicar una fauna acompañante menos diversa y escasa en comparación a lo observado para langosta de Juan Fernández.

Tabla 26

Número de individuos registrados por especie capturada en las trampas de langostas observadas e Índice de ocurrencia de fauna acompañante S0%. Registros mensuales durante el periodo octubre 2023 a febrero 2024, por subsistema.

Subsistema	Grupo	#	Especie (nombre común)	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Total general	N° trampas presencia (ni)	Total trampas observadas (N)	S0%	Clasificación
RC-SC	Peces	1	Anguila	2	4	1	1	0	8	8	3753	0.21	R
		2	Pez luna	0	2	0	0	0	2	1		0.03	R
		3	Vidriola	1	0	0	0	0	1	1		0.03	R
	Crustáceos	4	Centolla	5	0	3	0	0	8	5		0.13	R
	Equinodermos	5	Erizo	521	599	274	51	82	1527	387		10.31	R
		6	Estrella de mar	6	2	4	2	11	25	17		0.45	R
	Moluscos	7	Pulpo	3		1			4	4		0.11	R
	Especie objetivo		Lan retenidas	376	453	278	282	348	1737				
			Lan no retenidas	1507	2154	1581	1313	1867	8422				
AS	Peces	1	Anguila	1	1	1	0	1	3	3	1786	0.17	R
	Crustáceos	2	Centolla	12	29	25	0	0	66	12		0.67	R
	Equinodermos	3	Erizo	26	104	107	0	44	281	44		2.46	R
		4	Estrella de mar	0	7	4	0	0	11	9		0.50	R
	Especie objetivo		Lan retenidas	151	287	179	429	235	1281				
			Lan no retenidas	1254	2285	1813	4434	1949	11735				
ID	Crustáceos	1	Cangrejo dorado			15			15	3	461	0.65	R
		2	Centolla			19	183	21	240	47		10.20	R
	Equinodermos	3	Poto de mar			4	2		6	6		1.30	R
	Moluscos	4	Pulpo			3			3	2		0.43	R
			Lan retenidas			1382	1775	750	3907				
			Lan no retenidas			3857	3410	1938	9205				

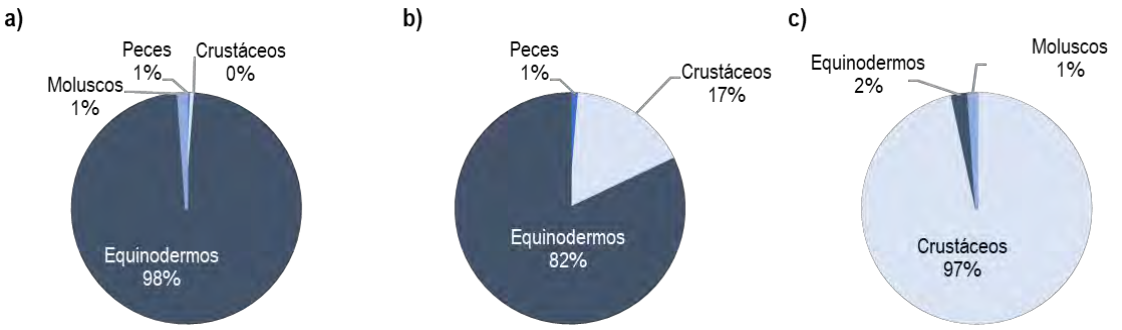


Figura 53 Fauna acompañante expresada según la frecuencia de ejemplares por grupo taxonómico mayor, capturados durante el periodo octubre 2023 a febrero 2024 en la pesquería de langosta. a) Subsistema RC-SC; b) subsistema AS; c) subsistema ID.

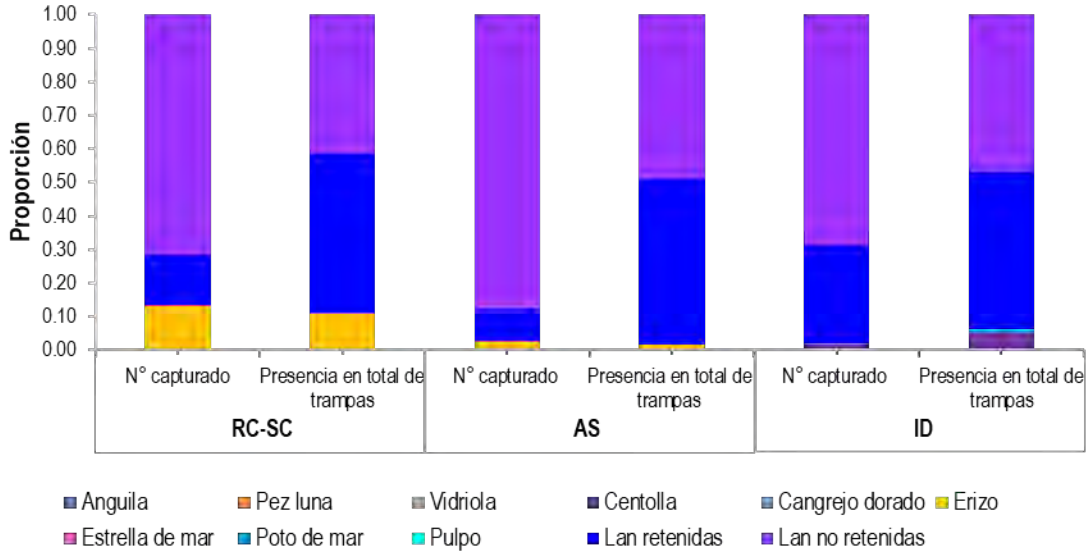


Figura 54 Proporción de número de especies capturadas y presencia en trampas en la pesquería de langosta durante el periodo octubre 2023 a febrero 2024 por subsistema a partir de las observaciones de los muestreadores científicos.

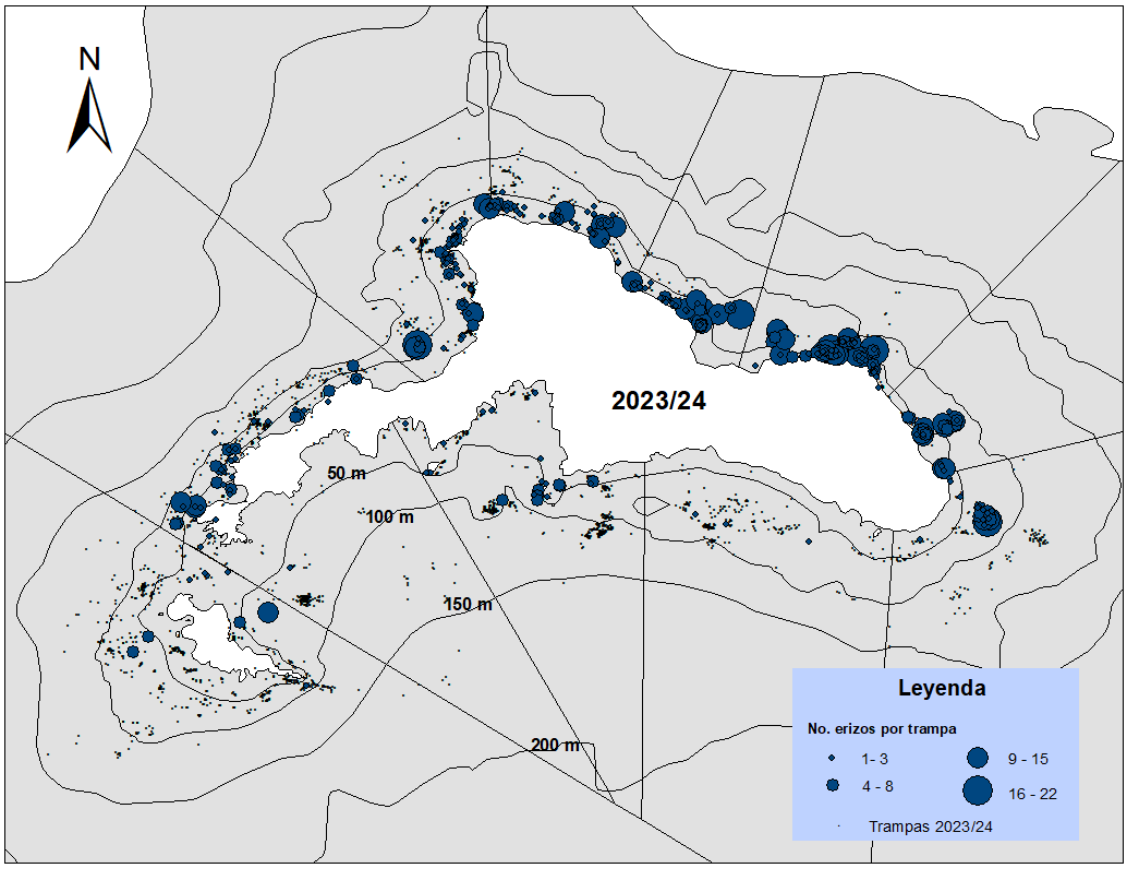


Figura 55 Distribución espacial de erizos en trampas de langosta alrededor de RC-SC, durante el periodo octubre 2023 a febrero 2024. Los círculos azules corresponden al número de erizos por trampa. El tamaño de los círculos es de acuerdo al intervalo de número de erizos por trampa revisada. Las líneas alrededor de las islas corresponden a la profundidad e indican intervalos de 50m, iniciando en el estrato de 0 – 50m (Registros desde el programa de monitoreo con muestreadores científicos a bordo).

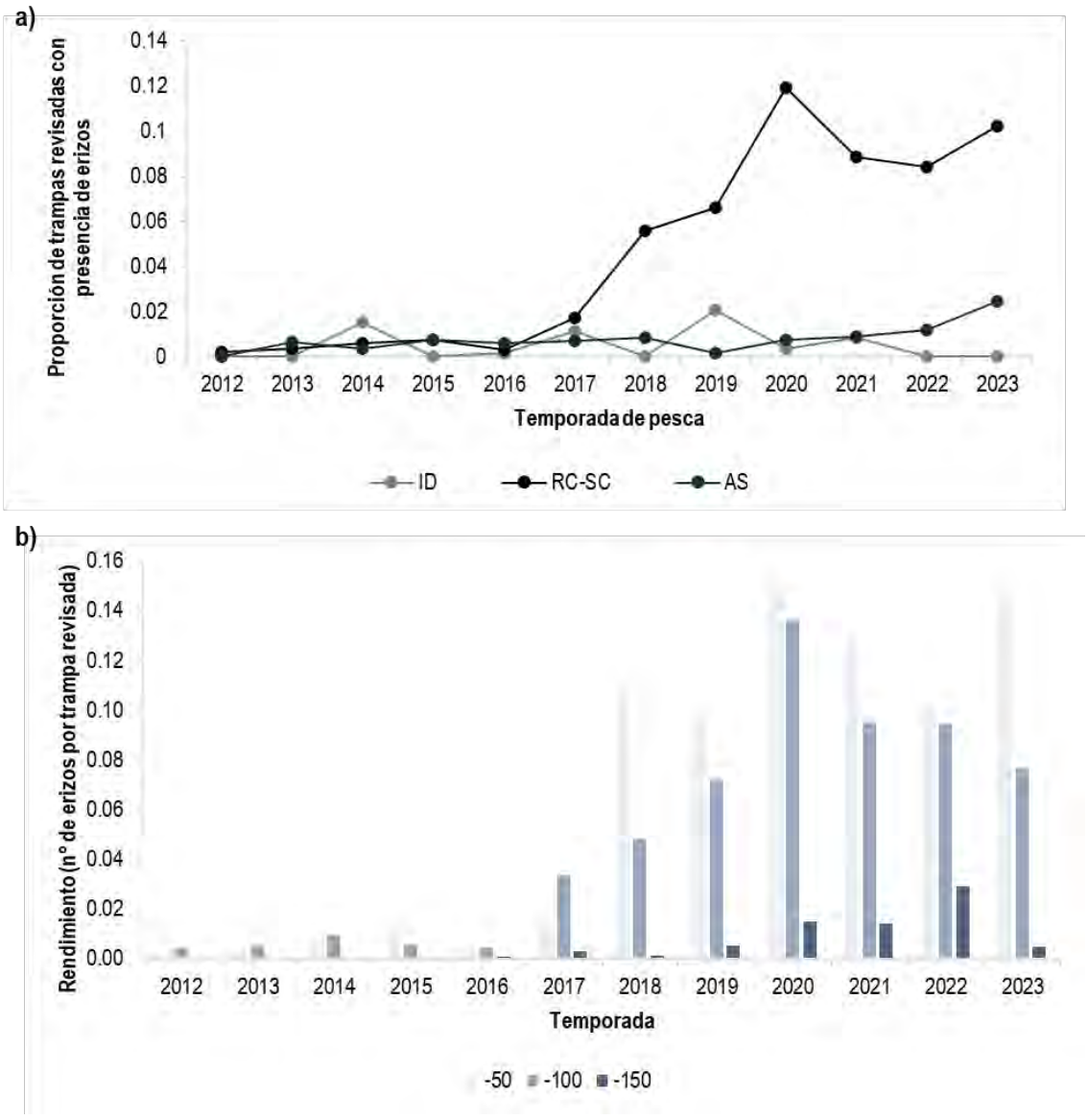


Figura 56 Serie de tiempo de captura de erizos en trampas de langosta obtenidas a partir de los programas de monitoreo entre las temporadas 2012/13 y 2023/24. A) Serie de presencia de erizos en trampas en AJF e ID y b) serie de tiempo de rendimiento de erizos en trampas de langosta en RC-SC según estrato de profundidad.

4.3.2 Espinel vertical

Los aparejos como espineles y líneas de mano son desplegados para la captura de carnada considerándose multiespecíficos, ya que las especies ícticas capturadas son utilizadas en su totalidad ya sea para carnada o consumo humano directo.

Se presentan resultados de la composición de la fauna capturada por espineles verticales durante el periodo de ejecución del proyecto en RC-SC de acuerdo con los registros obtenidos por los muestreadores científicos. Se utilizaron los datos de captura donde se indicaba si la especie objetivo del lance correspondía a breca y/o Bacalao, registrando 8 especies distintas que componen la captura (Figura 57) y de ellas, la que se capturó en mayor proporción fue Breca, aunque durante septiembre destaca la presencia de vidriola en las capturas. Una mayor proporción de bacalao se observa en septiembre y febrero.

Por otra parte, la operación de aparejos como la línea de mano de superficie permite a los pescadores ser muy selectivos en la captura de jurel de Juan Fernández (*Pseudocaranx chilensis*) y pampanito (*Scorpis chilensis*) desde cardúmenes superficiales, por lo que no se presentan registros de otras especies capturadas.

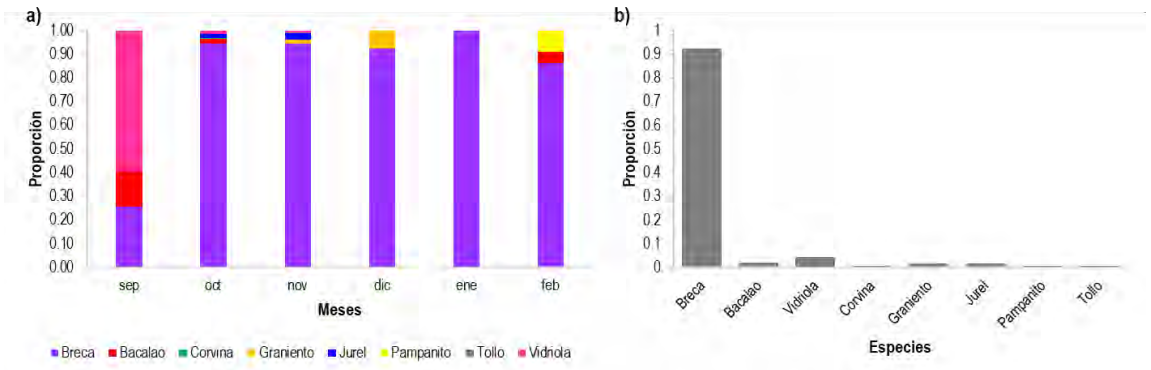


Figura 57 Composición de las capturas utilizando espinel vertical con intencionalidad de pesca dirigida a Breca y/o Bacalao de Juan Fernández durante septiembre de 2023 a febrero 2024 en RC-SC, a) Proporción mensual, b) Proporción para el periodo sep-23 a feb -24.

4.4 Objetivo 4

Caracterizar la captura incidental (aves, mamíferos y reptiles), a través de la estimación de indicadores y el análisis de sus variaciones espacio-temporales.

De acuerdo a reportes anteriores, en las pesquerías de crustáceos no se ha registrado captura incidental de aves mamíferos y/o reptiles, así como tampoco de las especies consideradas ETP. Durante la ejecución de este proyecto, los muestreadores a bordo de las embarcaciones no registraron captura de aves, mamíferos y/o reptiles marinos en aparejos de pesca de crustáceos ni en aparejos de pesca de peces (ausencia de captura incidental).

Estos registros dan cuenta de que a nivel muestral no existió incidencia en captura incidental a través de las actividades pesqueras desarrolladas en AJF e ID.

Durante el proyecto FIPA 2022-21 se reportó la captura incidental histórica desde 2015 a 2023, periodo en que se registraron 12 ejemplares capturados asociadas solo al uso de aparejos de pesca de peces (2 a espinel vertical, 9 a curricán y 1 a línea de mano). Los aparejos de pesca de crustáceos no presentaron captura incidental durante este periodo ni durante la ejecución del presente proyecto.

De forma complementaria, en el ANEXO II se entrega el listado de especies cuya distribución se circunscribe al archipiélago Juan Fernández con el indicador de conservación según la IUCC y el Ministerio de medio ambiente de Chile.

4.5 Caracterización ambiental [contraoferta]

4.5.1 Análisis anclaje (enero 2022 - diciembre 2023)

La Figura 58 exhibe las variables de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, extraídas desde el anclaje, las cuales fueron filtradas mediante un filtro pasa baja de 120 horas para el período total de muestreo, que abarca desde el 14 de enero de 2022 hasta el 10 de diciembre de 2023. Por otro lado, la Figura 59 y Figura 60 presentan la evolución de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para los años 2022 y 2023, respectivamente (datos brutos).

Los datos de temperatura obtenidos durante el periodo enero-junio 2022 (Figura 58 A y Figura 59 A) revelaron una columna de agua con una evidente estratificación térmica, la cual fue mayor hacia mitad de marzo hasta comienzos de junio del año 2022. La temperatura entre los 60 y 70 metros de profundidad aproximadamente se mantuvo superior a 16°C durante la mayor parte del periodo de medición, alcanzando los 17°C durante algunos eventos puntuales que ocurrieron desde inicios de marzo. Entre 80 y 100 metros de profundidad, la temperatura osciló principalmente en torno a los 14°C. Durante el período de finales de diciembre del 2022 - junio 2023 al igual que en el periodo anteriormente descrito, se pudo apreciar en promedio una marcada estratificación en la columna de agua. Donde entre los 60 y 70 m de profundidad, la temperatura alcanzó los 16 °C en promedio. Entre los 80 y 90 m se registraron temperaturas en torno a los 14°C y a profundidades mayores, entre los 90 y 100 m, se detectó entrada de agua más fría (< 13 °C) a la columna de agua. En contraste, durante el período del 22 de septiembre- 29 de diciembre del 2022, se registró una estratificación térmica debilitada, donde la temperatura en prácticamente toda la columna de agua analizada (60-100 m) fue de aproximadamente 14°C con leves intromisiones de agua más fría (~ 13 °C). Adicionalmente, en este período se observó un incremento de la temperatura superficial (~ 15 °C) hasta los ~70 m en los primeros días de diciembre de 2022. Se observó un patrón similar al descrito anteriormente entre julio y diciembre de 2023 (Figura 58 A y Figura 60 A). Durante este período, la estratificación en la columna de agua fue menos pronunciada, con una temperatura promedio cercana a los 14°C. Se registraron algunas intrusiones de agua más fría (~12°C) entre los 80 y 100 metros de profundidad entre septiembre y octubre de 2023. Además, en los primeros días de diciembre de 2023, se notó un ligero aumento en la temperatura (~15°C) a una profundidad de 60 metros.

La salinidad mostró un comportamiento altamente homogéneo, en particular durante los meses de enero y febrero del 2022, donde se registraron valores de salinidad cercanos a 34 PSU (Figura 58 B y Figura 59 B). Este comportamiento homogéneo, fue observado igualmente en el lapso de finales de septiembre - inicios de noviembre del 2022. Durante el mes de marzo del 2022 se observó una ligera disminución en la salinidad, de 0.25 PSU aproximadamente. Además, se observó una intrusión de agua menos salina en profundidades cercanas a los 80 metros.

El patrón descrito, de aparente intrusión de aguas desde las capas más profundas que se observó posterior a marzo, también se reflejó en el oxígeno (Figura 58 C y Figura 59 C), donde aguas con menor concentración de oxígeno disuelto alcanzaron los 60 metros de profundidad. Este comportamiento podría ser explicado a través de un transporte de agua desde el fondo hacia capas medias, la cual explicaría la menor temperatura, oxígeno y salinidad observada a partir de marzo. Por otro lado, durante el lapso febrero-mayo 2023 se consignó una disminución de la salinidad en

toda la columna de agua (Figura 58 B y Figura 60 B), alcanzando valores mínimos de hasta 33.5 PSU aproximadamente, durante abril- inicios de mayo. En este mismo periodo se observó entre los 80- 100 m agua más fría y con menos oxígeno (Figura 58 A, C y Figura 60 A, C). Por tanto, al igual que lo observado durante marzo del 2022, este comportamiento puede ser explicado por la intromisión de agua profunda, hacia capas medias.

Entre mayo y diciembre de 2023, se evidenció una disminución en la salinidad a lo largo de toda la columna de agua analizada (Figura 58 B y Figura 60 B), registrando valores de hasta 33.5 PSU en ciertos períodos. Este fenómeno vino acompañado de un incremento de agua menos oxigenada entre los 75 y 100 metros de profundidad, así como con un descenso en la temperatura del agua durante este intervalo, alcanzando los 14 °C a 60 metros de profundidad. Es relevante resaltar el periodo de septiembre a octubre de 2023, donde se observó un aumento en la salinidad (Figura 60 B), con valores que alcanzaron los 34 PSU a 80 metros de profundidad. Este aumento fue seguido por una disminución en los niveles de oxígeno en la misma profundidad hasta 7.8 mg/L (Figura 60 C), coincidiendo aparentemente con una intrusión de agua más fría (Figura 60 A). Se podría atribuir esta situación a la incursión de una masa de agua que posea estas características a las profundidades mencionadas. Por otro lado, agua con oxígeno muy bajo (< 2 mg/L) se registró en diciembre del 2023 (aguas hipóxicas).

Es importante resaltar, que solo se evidencia una variabilidad estacional claramente definida en la variable de temperatura (Figura 58 A). En contraste, no se observa una estacionalidad pronunciada en las variables de salinidad y oxígeno disuelto (Figura 58 B, C).

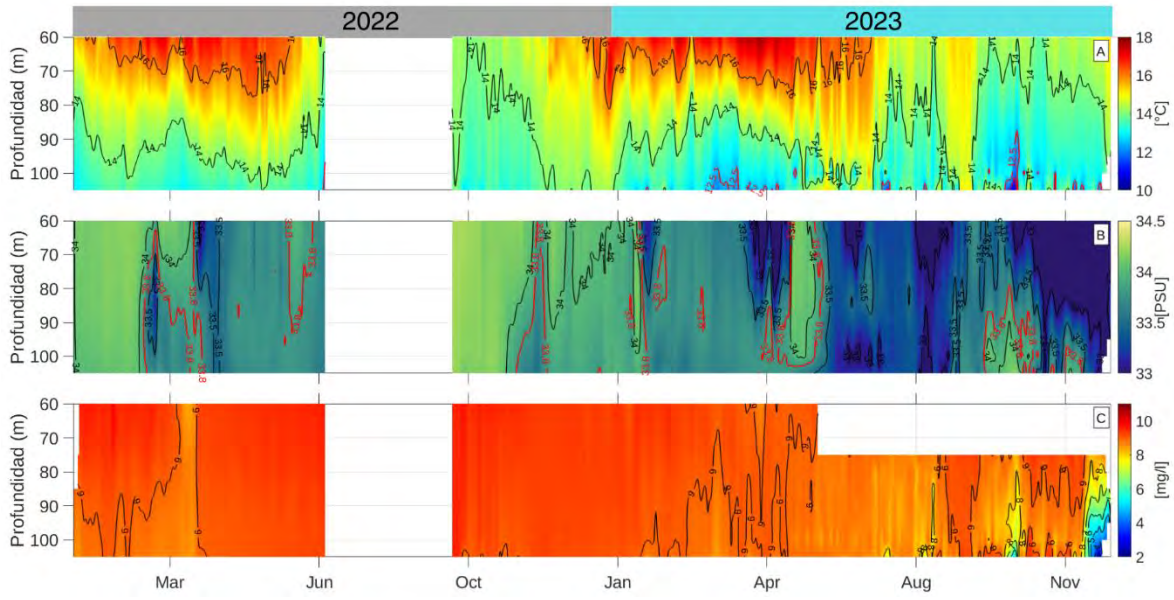


Figura 58 Diagrama Hovmöller tiempo-profundidad de la (A) temperatura, (B) salinidad y (C) oxígeno disuelto para el anclaje instalado entre el 14 de enero del 2022 al 10 de diciembre del 2023. Los datos utilizados para la confección de este gráfico fueron filtrados con un filtro pasa baja de 120 horas.

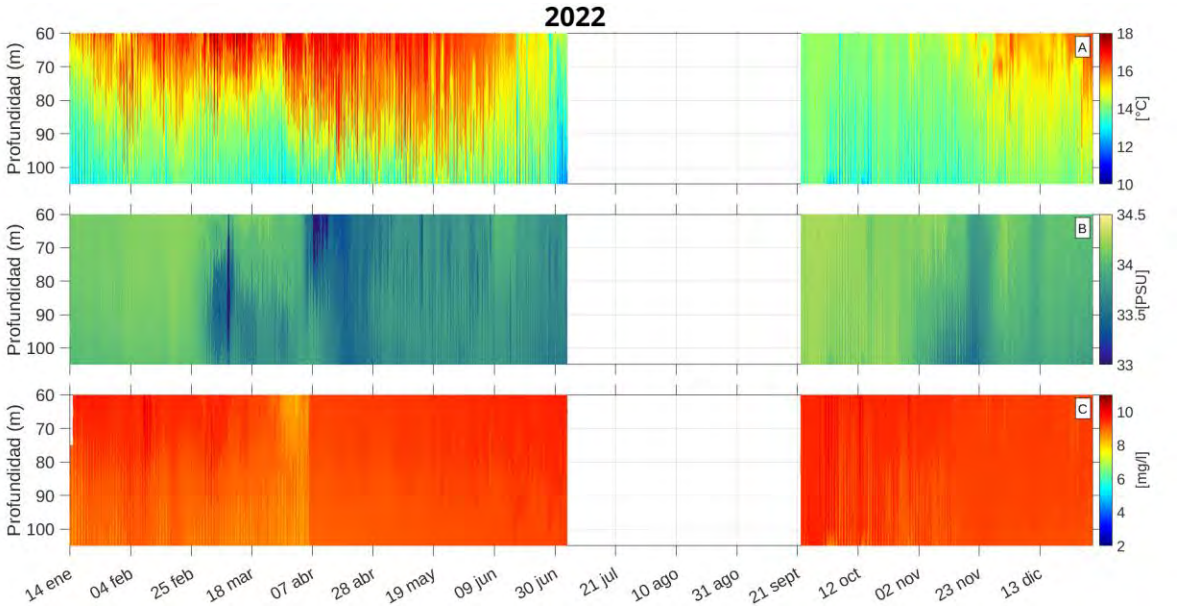


Figura 59 Diagrama Hovmöller tiempo-profundidad de la (A) temperatura, (B) salinidad y (C) oxígeno disuelto para el anclaje instalado entre el 14 de enero del 2022 al 31 de diciembre del 2022. Los datos utilizados para la confección de este gráfico son los datos brutos interpolados.

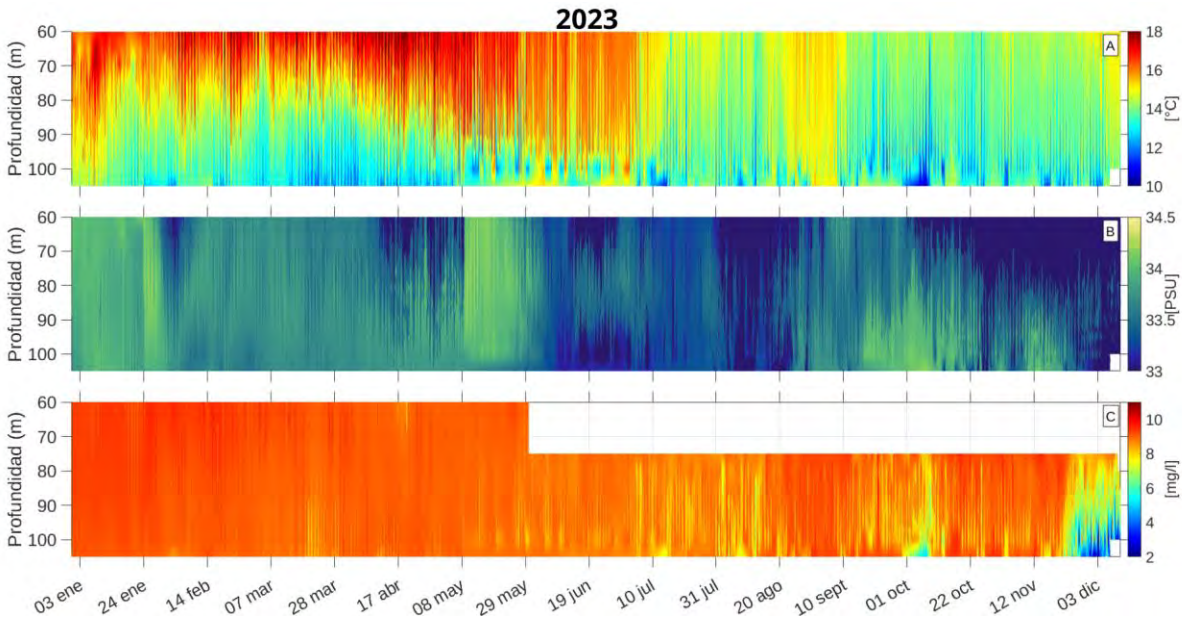


Figura 60 Diagrama Hovmöller tiempo-profundidad de la (A) temperatura, (B) salinidad y (C) oxígeno disuelto para el anclaje instalado entre el 1 de enero del 2023 al 10 de diciembre del 2023. Los datos utilizados para la confección de este gráfico son los datos brutos interpolados.

La Figura 61 muestra los diagramas TSO (temperatura-salinidad-oxígeno) para distintos rangos de profundidad monitoreados con el anclaje. Los datos obtenidos entre 40 y 65 metros de profundidad presentaron temperaturas que varían entre los 13°C-20°C y salinidades que varían entre los 32.75-34.3 PSU. Las concentraciones de oxígeno disuelto superaron los 9 mg/L en la mayoría de las mediciones, lo cual indica que se trata de una región altamente oxigenada. Los datos obtenidos entre 65 y 90 metros presentaron una variación similar en la salinidad respecto a los niveles anteriores, entre 32.75 y 34.3 PSU, mientras que la temperatura varió en un rango menor a lo observado en la capa superior, de 11.2°C a 18.3°C aproximadamente. En estas profundidades se detectaron niveles de oxígeno inferiores en comparación con la capa más superficial, alcanzando valores de hasta 6 mg/L. Los datos observados entre los 100 y 120 metros mostraron aguas con temperaturas que varían entre 10 y 16.4°C, con salinidades entre 32.75 y 34.3 PSU y con valores de oxígeno que llegaron incluso a los 2 mg/L. Es relevante señalar que parte de estos datos exhibe propiedades de temperatura y salinidad correspondientes al Agua Subantártica (ASAA) en el rango de 65 a 120 metros (Figura 61 B, C). El oxígeno disminuye en profundidad, patrón esperable debido a la limitación de intercambio gaseoso con la atmósfera y el consumo por procesos biológicos en aguas más profundas. Este patrón en el oxígeno además concuerda con la transición hacia aguas subantárticas, ya que el ASAA se caracteriza por tener menos oxígeno disuelto en comparación con aguas superficiales bien mezcladas (4 – 6 mg/L). Sin embargo, valores < 2 mg/L (condiciones hipóxicas) fueron registrados entre 100-120 m, lo cual podría tratarse de una intrusión de otra masa de agua con características distintas y niveles bajos de oxígeno, como por ejemplo aguas profundas como AESS o que se originaron en zonas con condiciones hipóxicas o bien podría estar relacionado con una alta actividad biológica y, por lo tanto, un consumo significativo de oxígeno en esa región o en capas subyacentes.

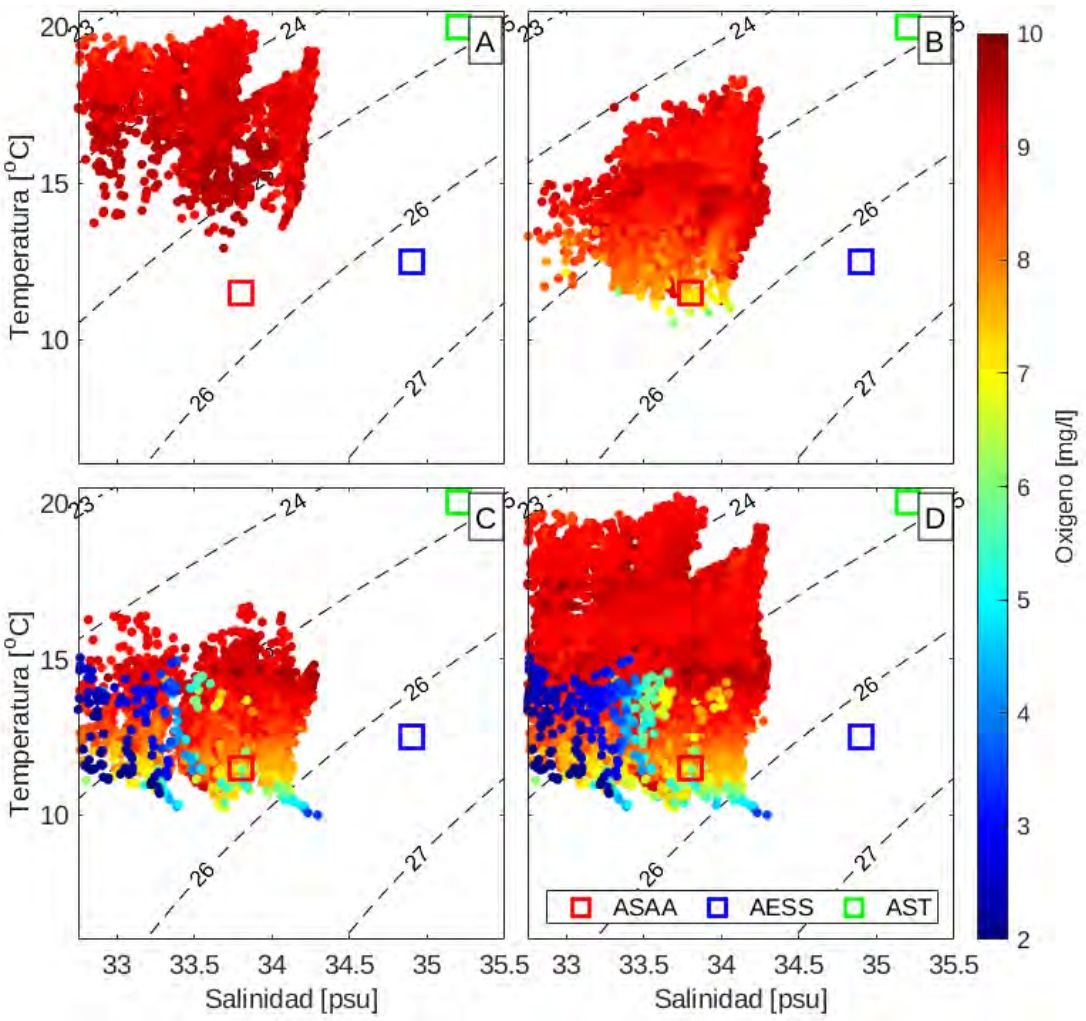


Figura 61 Diagramas TSO para los datos obtenidos entre A) 40-65 metros, B) 65-90 metros, C)100-120 metros y D) todos los datos obtenidos por el anclaje. El cuadrado rojo indica la salinidad y temperatura típica de Agua Subantártica (ASAA), el azul los valores típicos de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y el verde los valores típicos de Agua Subtropical (AST).

4.5.2 Análisis muestreos con CTD (julio 2022 – febrero 2024)

El perfil promedio de temperatura de las estaciones alrededor de la isla Robinson Crusoe, en general varió entre 12°C y 20°C entre los meses de julio del 2022 y febrero del 2024 (Figura 62 A). En los perfiles de noviembre y diciembre de 2022, se observó que la temperatura cerca de la superficie fue en promedio 2.3°C y 5°C mayor que en torno a los 80 metros respectivamente. Este mismo comportamiento fue observado durante enero del 2023, donde los valores de temperatura superficial llegaron a ~19.3 °C y los valores a 80 m fueron de ~14.5 °C. Febrero del 2023, por otro lado, alcanzó 20 °C en superficie, donde esta temperatura se extendió hasta los 40 m de profundidad. Un patrón similar ocurrió durante febrero del 2024, sin embargo durante este mes se observó que la

temperatura decreció más rápido que lo observado el año anterior, registrando 19°C a los 40 m. Las temperaturas más bajas, en promedio, se observaron durante el mes de agosto de 2022, mientras que las temperaturas más altas se observaron durante diciembre del 2022 y febrero del 2023 y 2024 llegando a 20°C en superficie. Es importante señalar que en diciembre de 2023 y enero de 2024, se observaron temperaturas superficiales más bajas en comparación con el año anterior, con diferencias de hasta aproximadamente 3.5°C en diciembre y alrededor de 1°C en enero. Febrero 2023 fue el mes donde bajo la superficie se encontraron las temperaturas más altas registradas, alcanzando valores que fluctuaron entre los 14.5 y 20°C. De acuerdo a lo observado en las Figura 62 B a E, la diferencia entre el mínimo y máximo valor registrado en todas las estaciones fue baja durante todos los meses. Esta diferencia (entre valores máximos y mínimos) se mantiene menor a 1°C en la mayoría de las observaciones, por lo que es posible concluir que todas las zonas alrededor de la isla tuvieron un comportamiento muy similar de esta variable durante ese período (julio, agosto, septiembre y octubre de 2022). Durante los meses de noviembre y diciembre de 2022, así como enero, febrero, mayo y julio de 2023, junto con diciembre de 2023 y enero y febrero de 2024 (Figura 62 F a N), sin embargo, se registró una mayor diferencia entre los valores mínimos y máximos encontrados. En el mes de noviembre de 2022 (Figura 62 F) se observaron diferencias de 1°C en los valores de superficie. Estas diferencias entre los valores máximos y mínimos alcanzados fueron aumentando a medida que aumentó la profundidad, encontrando diferencias de hasta 2.5 °C en los datos asociados a los 80 m. Diciembre de 2022 por otro lado, alcanzó mayores diferencias en los primeros 40 m, alcanzando valores de hasta 2.5 °C en superficie y de hasta 4 °C asociados a los datos de 30 y 40 m de profundidad.

Por otro lado, en profundidades mayores a los 40 m las diferencias fueron en promedio de 2°C. Durante el mes de enero del 2023, se encontraron diferencias entre los valores máximos y mínimos alcanzados de temperatura en superficie de ~2°C, mientras que para los valores de temperatura asociados a los 40 m de profundidad esta diferencia aumentó a ~4°C. Febrero del 2023 en cambio tuvo diferencias de menos de 1°C entre los valores máximos y mínimos de temperatura alcanzados durante los primeros 40 m de profundidad. Mientras que para los valores de temperatura asociados a los 50 m esta diferencia aumentó a ~4°C. En mayo de 2023, la temperatura se mantuvo constante a ~18°C desde la superficie hasta una profundidad de 60 metros, mientras que a los 80 m la temperatura promedio registrada fue de 16°C. Durante este mes, se pudo notar que los datos de temperatura registrados por las estaciones mostraron una mayor variabilidad por debajo de los 60 metros de profundidad. No obstante, en los primeros 60 metros, los valores registrados se mantuvieron de manera constante y uniforme. En julio de 2023 (Figura 62 K), los primeros 40 metros de la columna de agua exhibieron una temperatura constante de 15°C, con una diferencia mínima entre los valores máximos y mínimos, indicando una uniformidad notable en el comportamiento térmico alrededor de la isla durante este mes en esas profundidades. No obstante, por debajo de los 40 metros, la temperatura descendió a casi 14°C, y la variación entre los valores máximos y mínimos registrados en las estaciones aumentó (~2.5°C), señalando una mayor variabilidad térmica en estas profundidades en los alrededores de la isla. Diciembre del 2023, enero y febrero del 2024 (Figura 62 L, M, N), igual mostraron diferencias en el comportamiento térmico alrededor de la isla, sobre todo en el mes de enero del 2024, donde se registraron diferencias de hasta casi 4°C a 50 m de profundidad. Julio del 2022 fue el mes en el cual se registraron menores temperaturas (~12.3 °C) en torno a los 100 m de profundidad.

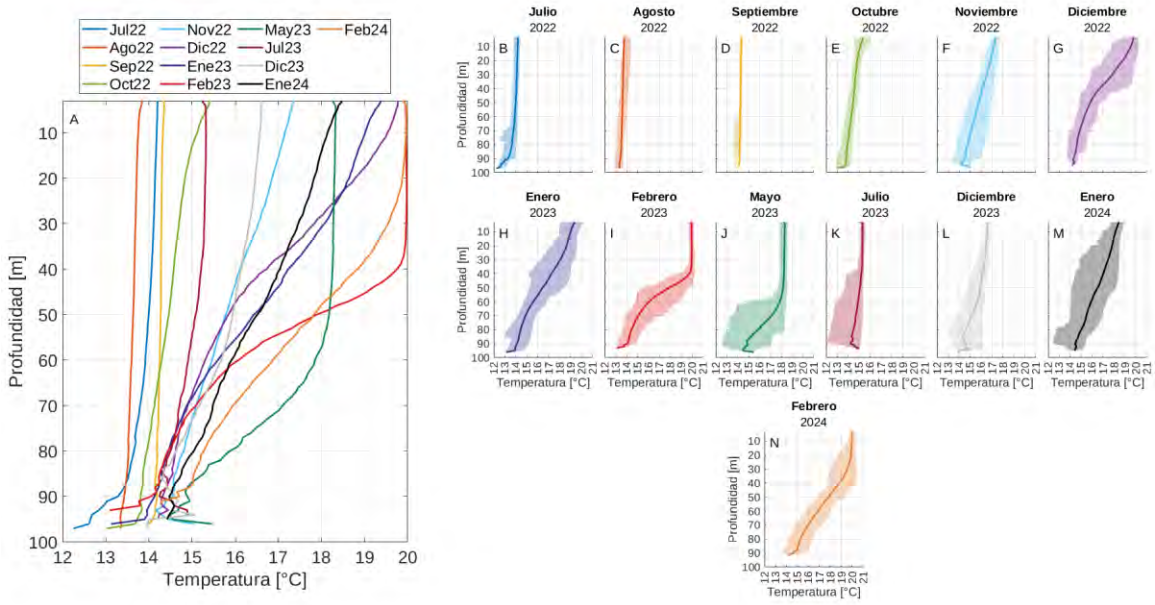


Figura 62 (A) Perfiles promedio de temperatura alrededor de la isla Robinson Crusoe para los meses de julio (azul), agosto (rojo), septiembre (amarillo), octubre (verde claro), noviembre (celeste), diciembre (morado claro), enero (morado azulado), febrero (rojo), mayo (verde oscuro), julio 2023 (rojo oscuro) diciembre 2023 (gris claro), enero 2024 (negro) y febrero 2024 (naranjo). Cada perfil representa el promedio de al menos 30 estaciones de muestreo. El área sombreada de los paneles (B) a (N) representa el mínimo y máximo registrado considerando todas las estaciones de muestreo para cada mes, mientras que la línea sólida representa el promedio.

La salinidad (Figura 63 A) presentó en promedio poca variabilidad en los diez meses analizados, variando entre 34 y 34.6 PSU aproximadamente. De acuerdo con lo observado en las Figura 63 B a Figura 63 F, la diferencia entre el mínimo y máximo valor registrado en todas las estaciones fue baja. Julio de 2023 presentó una baja variabilidad (Fig. 7K), contrario a lo observado en los meses de diciembre de 2022, enero, febrero, mayo y diciembre del 2023 y enero y febrero del 2024 (Figura 63 G a J y Figura 63 L a N). En diciembre de 2022, se observó una alta variabilidad en los primeros 50 m, alcanzando un máximo de diferencia de salinidad hasta 1.73 PSU en los datos de profundidades de 40 m. En profundidades mayores a los 50 m se observaron diferencias de 0.3 - 0.4 PSU. Esto refleja una clara variabilidad espacial de esta variable alrededor de la isla en los primeros 40 m durante diciembre de 2022. En enero del 2023 por otro lado, las diferencias entre los máximos y mínimos de salinidad alcanzados en los primeros 80 m de profundidad, varió en promedio 0.5 PSU. Febrero de 2023 en cambio, presentó diferencias pequeñas (menores a 0.5 PSU) entre los valores máximos y mínimos de salinidad en los primeros 40 m, reflejando una baja variabilidad espacial de esta variable (en los primeros 40 m), a diferencia de lo observado en diciembre de 2022. En la Figura 63 A además se observa que enero y febrero de 2024 fueron los meses en que el agua superficial fue más salina, con respecto a los otros meses analizados. En febrero del 2023 entre los 40 y 45 m de profundidad se observó un máximo de salinidad, alcanzando valores de ~34.6 PSU. A esta profundidad en febrero del 2024 se registraron valores similares. Para profundidades mayores a los 50 m, durante febrero de 2023, la salinidad disminuyó y los valores alcanzados fueron similares a los alcanzados al resto de los meses analizados (~ 34. 3 PSU), a diferencia de julio y agosto 2022

donde los valores de salinidad alcanzados en los primeros 80 m fueron menores a 34.3 PSU. En el mes de mayo (Figura 63 J) se observó una salinidad constante a lo largo de la columna de agua. En los primeros 70 metros, el valor promedio de salinidad fue de 34.3 PSU, mientras que a los 80 metros se registraron valores de 34.2 PSU. Al igual que la temperatura, se observó una mayor variabilidad de la salinidad por debajo de los 60 m de profundidad. En julio de 2023 (Figura 63 K), se observó una salinidad constante de aproximadamente 34.1 PSU en los primeros 100 metros de profundidad. Aunque la diferencia entre los valores máximos y mínimos registrados fue mínima, se notó que, por debajo de los 40 metros, la disparidad tiende a ser mayor en comparación con los niveles por encima de los 40 metros. Este patrón guarda cierta similitud con lo observado en la temperatura para este mes.

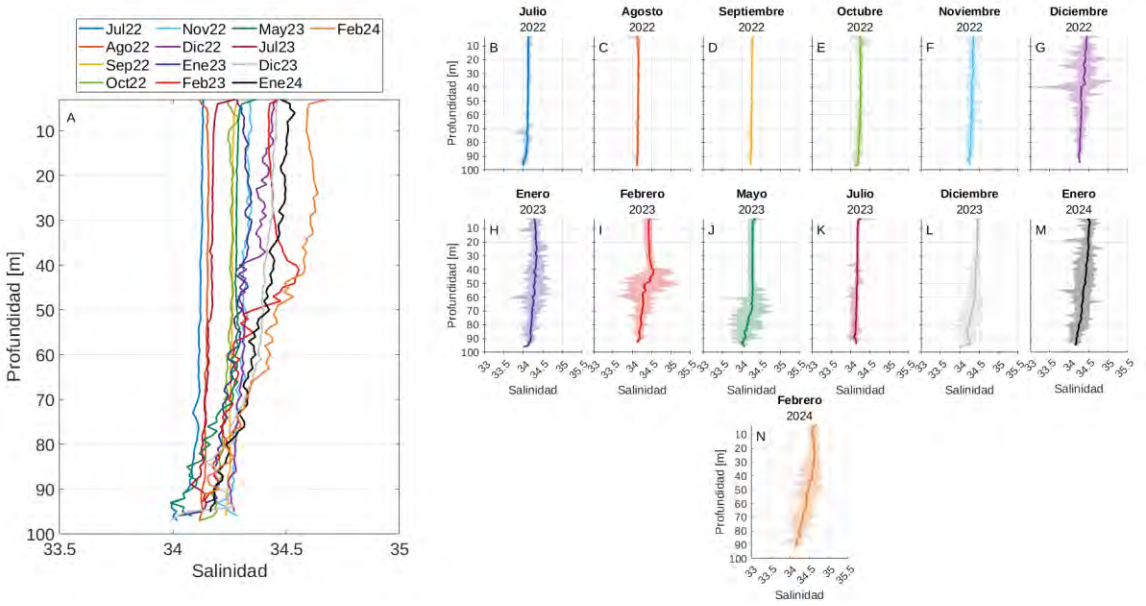


Figura 63 (A) Perfiles promedio de salinidad alrededor de la isla Robinson Crusoe para los meses de julio (azul), agosto (rojo), septiembre (amarillo), octubre (verde claro), noviembre (celeste), diciembre (morado claro), enero (morado azulado), febrero (rojo), mayo (verde oscuro), julio 2023 (rojo oscuro) diciembre 2023 (gris claro), enero 2024 (negro) y febrero 2024 (naranjo). Cada perfil representa el promedio de al menos 30 estaciones de muestreo. El área sombreada de los paneles (B) a (N) representa el mínimo y máximo registrado considerando todas las estaciones de muestreo para cada mes, mientras que la línea sólida representa el promedio.

Los perfiles promedio de los primeros 100 m de profundidad, de toda la región presentan una alta oxigenación a lo largo de la columna de agua durante todos los meses analizados, con valores que oscilan entre los 8 y 9.5 mg/L (Figura 64). El mes de febrero (2023 y 2024) y mayo (2023) (Figura 64 A) presentaron las concentraciones superficiales más bajas del periodo de mediciones (~8.35, ~8.27 y ~8.3 mg/L, respectivamente). En febrero de 2023 este valor de oxígeno se extendió hasta los 40 m, donde para profundidades mayores a ésta el oxígeno aumentó, alcanzando valores de hasta 9.1 mg/L aproximadamente, contrario a lo observado durante febrero del 2024, donde se

mostró un aumento constante del oxígeno con la profundidad. Durante el mes de mayo (Figura 64 J), se observó que el nivel de oxígeno disuelto se mantuvo constante hasta una profundidad aproximada de 60 metros. Sin embargo, por debajo de los 60 metros, se registró un leve aumento en los niveles de oxígeno disuelto, alcanzando un valor de 8.4 mg/L a una profundidad de 80 metros. Por lo tanto, durante el periodo analizado, el mes de mayo de 2023 se convirtió en el mes en que se registraron los valores más bajos de oxígeno en toda la columna de agua, a excepción de los primeros 10 m, donde los valores más bajos fueron alcanzados durante febrero de 2024 (~8.3 mg/L) y bajo los 90 m, donde los valores más bajos fueron registrados durante el mes de julio del 2022 alcanzando valores de 8 mg/L.

Durante los meses de agosto, septiembre y noviembre del 2022 (Figura 64 C, D y F) el perfil promedio de oxígeno se mantuvo relativamente constante con la profundidad, manteniendo un valor en torno a 9 mg/L. Las mayores concentraciones se observaron durante el mes de octubre de 2022 (Figura 64 E), con un máximo que alcanza los 9.5 mg/L entre 10 y 20 metros. Las mayores diferencias entre los valores máximos y mínimos medidos en las estaciones alrededor de la isla ocurrieron en el mes de diciembre 2022 y febrero (2023 y 2024), alcanzando en diciembre diferencias de hasta 1.11 mg/L a 37 m y de 1.52 mg/L a los 55 m en febrero del 2023. En julio de 2023 (Figura 64 K), se observó una distribución característica del oxígeno disuelto, con niveles más altos en la superficie (~8.8 mg/L) que disminuyeron a medida que aumentaba la profundidad, alcanzando un valor de 8.4 mg/L a los 80 metros. Además, se notó que las disparidades entre los valores máximos y mínimos medidos en las estaciones fueron menores en los primeros 40 metros, mientras que por debajo de esta profundidad las diferencias fueron más pronunciadas, llegando a alcanzar hasta 0.75 mg/L a los 80 metros. Es relevante señalar que los valores registrados en los primeros metros de la columna de agua (~20 m) durante enero de 2024 fueron bastante similares a los registrados en enero de 2023, sin embargo, se observaron diferencias notorias para el mes de diciembre de 2023: en los primeros 20 metros se registró una concentración de oxígeno mayor en comparación con diciembre de 2022, con una diferencia de aproximadamente 0.4 mg/L.

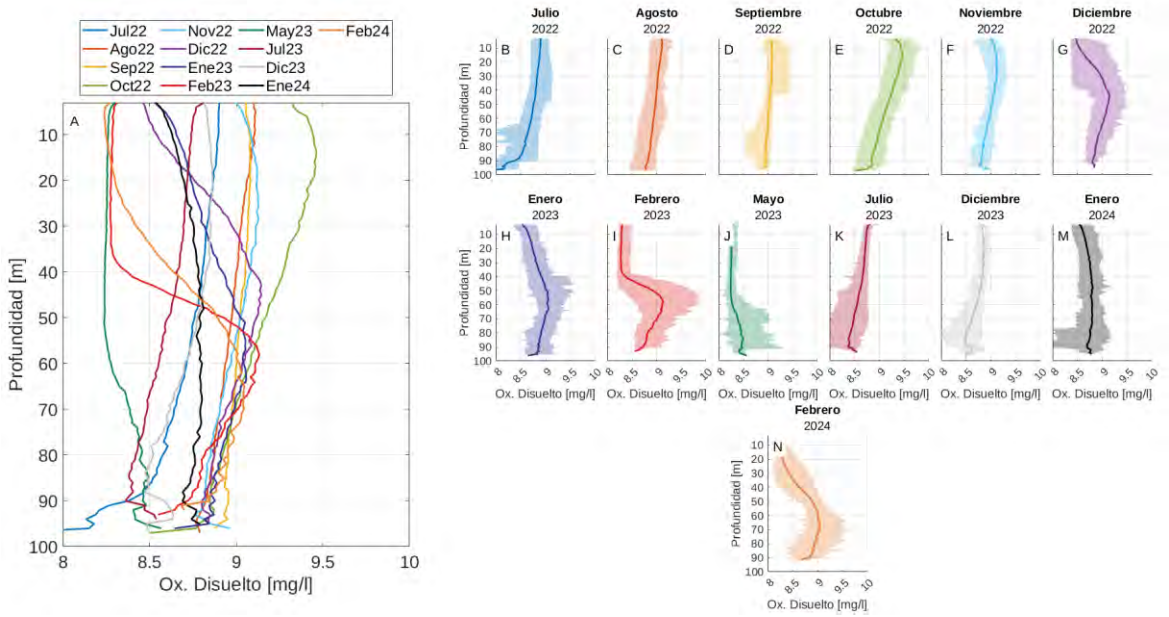


Figura 64 A) Perfiles promedio de oxígeno disuelto alrededor de la isla Robinson Crusoe para los meses de julio (azul), agosto (rojo), septiembre (amarillo), octubre (verde claro), noviembre (celeste), diciembre (morado claro), enero (morado azulado), febrero (rojo), mayo (verde oscuro) julio 2023 (rojo oscuro), diciembre 2023 (gris claro), enero 2024 (negro) y febrero 2024 (naranjo). Cada perfil representa el promedio de al menos 30 estaciones de muestreo. El área sombreada de los paneles (B) a (N) representa el mínimo y máximo registrado considerando todas las estaciones de muestreo para cada mes, mientras que la línea sólida representa el promedio.

En la Figura 65 se observan los perfiles verticales promedios de temperatura (Figura 65 A, D, G, J), salinidad (Figura 65 B, E, H, K) y oxígeno disuelto (Figura 65 C, F, I, L), para cada grupo (ver Figura 5 y Tabla 8) durante las estaciones de invierno (INV: julio, agosto del 2022 y julio 2023), primavera (PRIM: septiembre, octubre y noviembre del 2022), verano (VER: diciembre del 2022, enero, febrero, diciembre del 2023 y enero- febrero del 2024) y otoño (OTO: mayo del 2023). A continuación se analizan por variable.

Temperatura: se observa un comportamiento similar en los 6 grupos analizados en los primeros 80 m de profundidad durante el invierno (Figura 65 A). La temperatura promedio en los primeros 80 m fue de ~14°C. Durante la primavera se comienza a observar un calentamiento de la capa superficial oceánica, alcanzando valores cercanos a los 15 °C en superficie (Figura 65 D). En esta estación se observó que el grupo 2 (G2; línea naranja en Figura 65 D) presentó valores más altos de temperatura entre los 35 a 80 m de profundidad, a diferencia de los otros grupos. Ya para el verano se observó un calentamiento notorio de la temperatura superficial del mar en los 6 grupos analizados, alcanzando valores superficiales en torno a los 19 °C. En esta estación, se observó que en el grupo 6 (G6; línea morada en Figura 65 G) la temperatura superficial fue sutilmente menor que en el resto de los grupos (~17.7°C); además, se observó que esta tendencia se mantuvo hasta una profundidad de 40 metros, bajo los 40 m, el grupo 6 registró temperaturas similares al resto. Durante el otoño, se pudo observar una ligera disminución en la temperatura superficial, con respecto al verano, alcanzando un valor promedio de 18 °C. A partir de una profundidad de 60

metros, el grupo 2 (G2; línea naranja en Figura 65 J), mostró valores más bajos de temperatura en comparación con los demás grupos, llegando a registrar 14 °C a los 80 m de profundidad.

Salinidad: se observa un comportamiento similar en los 6 grupos analizados. En los primeros 80 m de profundidad durante el invierno (Figura 65 B) la salinidad promedio fue de ~ 34.1 PSU. Durante la primavera se comienza a observar un aumento de la salinidad en los primeros 80 m, alcanzando todos los grupos analizados el valor promedio fue de ~34.3 PSU (Figura 65 E). Al igual que en invierno, en primavera no se observaron mayores diferencias entre los grupos analizados. Durante el verano (Figura 65 H) se observaron mayores valores de salinidad en los primeros 80 m, respecto a lo observado en invierno y primavera. Para todos los grupos se obtuvo en promedio un valor de 34.4 PSU en superficie. Durante el otoño, los valores de salinidad superficial se mantuvieron sin cambios en comparación con los registrados durante el verano, con un valor constante de 34.4 PSU. Esta constancia se mantuvo hasta una profundidad de 60 metros, donde bajo los 60 m se observó una leve variabilidad en los valores registrados por los diferentes grupos.

Oxígeno disuelto: se observaron mayores diferencias entre los registrados de los 6 grupos. Durante el invierno (Figura 65 C), se observó que el comportamiento de los grupos fue similar, sin embargo, el grupo 3 (G3; línea amarilla en Figura 65 C) registró mayores valores de oxígeno disuelto en los primeros 80 m, alcanzando los 9.06 mg/L en superficie. Durante la primavera, las concentraciones de oxígeno superficial aumentaron, alcanzando en promedio valores cercanos a los 9.2 mg/L en superficie, a excepción de lo registrado en el grupo 5 (G5; línea celeste en Figura 65 F) donde la concentración promedio de oxígeno fue ligeramente menor que el resto de los grupos, alcanzando un valor superficial promedio de 9.1 mg/L. En el verano, se observó una disminución de las concentraciones de oxígeno superficial en todos los grupos, alcanzando valores cercanos a los 8.5 mg/L en superficie (Figura 65 I) a excepción del grupo 6 (G6; línea morada en Figura 65 I) que registró valores más elevados de oxígeno que sus pares y este valor se mantuvo casi constante hasta los 80 m de profundidad. Es destacable notar que este grupo tuvo un comportamiento bastante distinto al resto durante esta estación (por lo menos en la temperatura y en el oxígeno disuelto). Durante el otoño, se registraron las concentraciones más bajas de oxígeno disuelto en la columna de agua. En la superficie, el promedio de estas concentraciones fue de 8.35 mg/L y se mantuvo constante hasta una profundidad de 60 metros. A partir de los 60 metros de profundidad, se observó una mayor variabilidad en las mediciones realizadas por cada grupo. En particular, el grupo 2 (G2; línea naranja en Figura 65 L), mostró las concentraciones más altas de oxígeno disuelto en estas profundidades (>60 m), donde se registraron valores de hasta 8.7 mg/L a una profundidad de 80 metros.

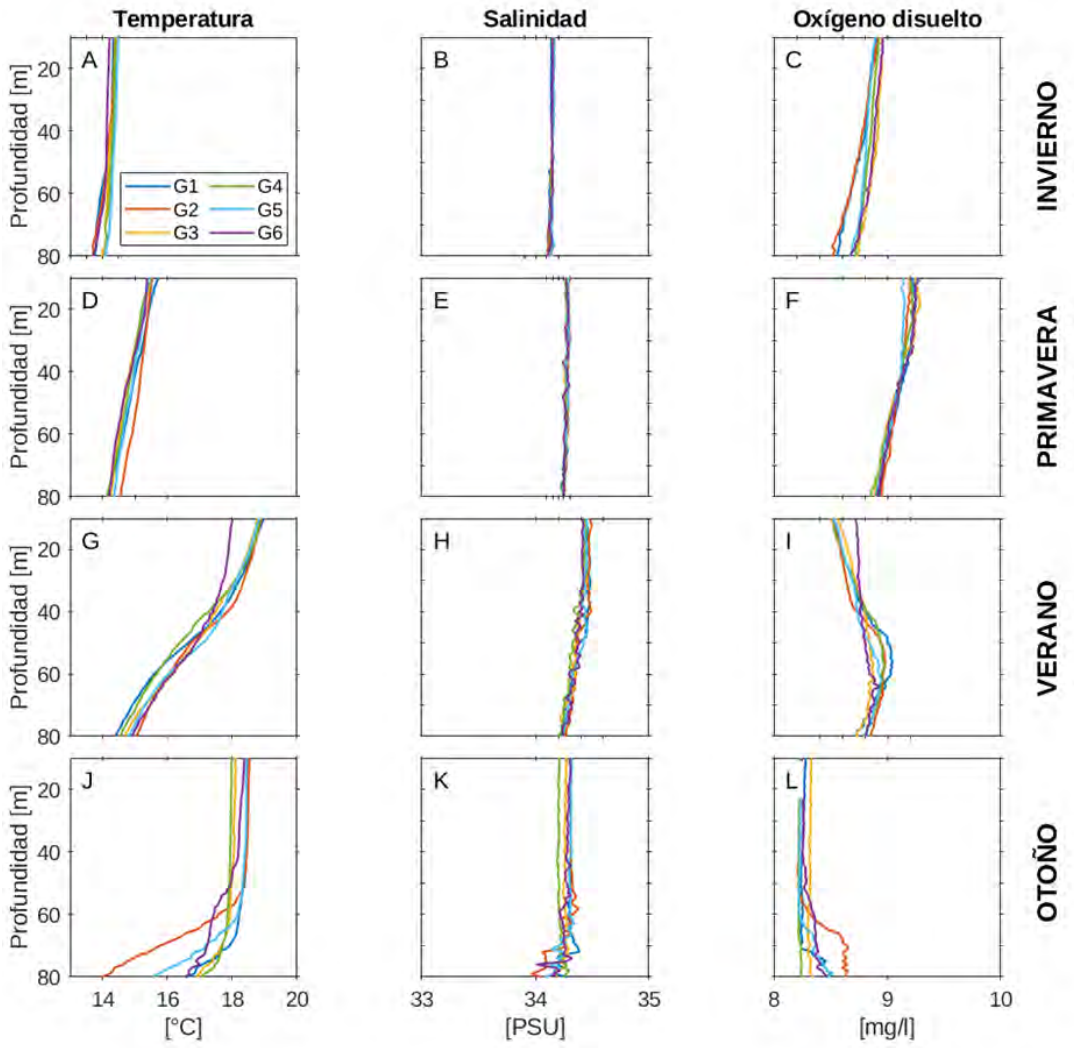


Figura 65 Perfiles promedio estacionales de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para los grupos G1 (azul), G2 (rojo), G3 (amarillo), G4 (verde), G5 (celeste) y G6 (morado). A, B y C corresponden a la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante el invierno (INV: julio y agosto 2022 y julio 2023). D, E y F corresponden a la primavera (PRIM: septiembre, octubre y noviembre 2022). G, H e I corresponden al verano (VER: diciembre 2022, enero y febrero 2023 y 2024). J, K y L corresponden al otoño (OTO: mayo 2023).

4.5.3 Análisis de anomalías estacionales

4.5.3.1 Anomalías en superficie

La Figura 66 exhibe las anomalías superficiales de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para cada estación del año. Estas anomalías fueron calculadas individualmente para cada grupo, resultando en seis valores distintos, cada uno correspondiente a uno de los grupos (consulte la Tabla 8 y Figura 5). Durante el invierno, se observa que, en general, alrededor de RC, la temperatura superficial fue menor que el promedio, con anomalías de aproximadamente -3°C. Asimismo, la salinidad superficial presentó anomalías negativas de hasta -0.15 PSU, sin registrar mayores diferencias entre los grupos. Por otro lado, el oxígeno disuelto en superficie mostró anomalías positivas de hasta 0.26 mg/L en la zona norte de RC.

En la primavera, se observa cierta diferenciación entre las zonas. En las zonas cercanas a la SC y en el extremo inferior derecho de RC, las temperaturas alcanzaron aproximadamente -0.9°C, mientras que en el resto de las zonas, las anomalías superaron los -1°C. Sin embargo, en todas las estaciones se registraron anomalías negativas de temperatura superficial, lo que indicaría un enfriamiento neto de las aguas superficiales circundantes de la isla. La salinidad superficial no presentó anomalías notorias, y los valores de oxígeno superficial registraron anomalías de hasta 0.43 mg/L, sin variabilidad espacial significativa.

Durante el verano, se observaron anomalías positivas de temperatura superficial alrededor de la isla, llegando a 1.64°C al norte. La salinidad superficial no mostró anomalías notorias, todas cercanas a 0 PSU, sin embargo todas las anomalías de salinidad registradas fueron positivas, mientras que el oxígeno disuelto en superficie registró anomalías negativas alrededor de la isla, alcanzando hasta -0.26 mg/L.

En el otoño, se registraron anomalías positivas de temperatura superficial alrededor de la isla, llegando a 0.88°C en la zona más cercana a AS. La salinidad superficial no presentó anomalías notorias, y el oxígeno disuelto en superficie mostró anomalías negativas en todas las zonas, llegando hasta -0.48 mg/l en la zona más cercana a AS.

4.5.3.2 Anomalías a 50 m de profundidad

La Figura 67 muestra las anomalías a 50 m de profundidad de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para cada estación del año. Durante el invierno, se observa un enfriamiento generalizado de las aguas alrededor de la Isla Robinson Crusoe (RC), con anomalías de temperatura de aproximadamente -2°C. Además, se registraron anomalías negativas de salinidad en toda la isla, alcanzando incluso -0.11 PSU en el lado este. A diferencia de la superficie, se observaron anomalías negativas de oxígeno disuelto a 50 metros de profundidad en la zona norte y oeste, mientras que el resto de las zonas presentaron anomalías positivas, llegando hasta 0.11 mg/L en el sur.

En la primavera, al igual que en la superficie, se registraron anomalías negativas de temperatura de aproximadamente -1°C a 50 metros de profundidad. La salinidad no presentó anomalías notorias, mientras que el oxígeno disuelto mostró anomalías positivas alrededor de la isla, con un promedio de aproximadamente 0.3 mg/L.

Durante el verano, la temperatura y la salinidad mantuvieron el mismo comportamiento que en la superficie (con anomalías positivas de temperatura y valores cercanos a 0 PSU para la salinidad). Sin embargo, el oxígeno disuelto a 50 metros mostró anomalías positivas de hasta 0.24 mg/L, en contraste con las anomalías negativas observadas en la superficie para este periodo.

En el otoño, la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto a 50 metros de profundidad exhibieron el mismo comportamiento que en la superficie.

4.5.3.3 Anomalías a 80 m de profundidad

La Figura 68 presenta las anomalías a 80 metros de profundidad en temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para cada estación del año. Durante el invierno, a pesar de encontrarse a una profundidad de 80 metros, se observa un enfriamiento generalizado alrededor de toda la isla, con anomalías de temperatura que oscilan entre -1 y -2°C. La salinidad también muestra anomalías negativas para este período, aunque son menores que las observadas en la superficie. En cuanto al oxígeno disuelto, se registraron anomalías negativas en esta profundidad durante el invierno, alcanzando valores de hasta -0.23 mg/L en la zona oeste de la isla.

En la primavera, el comportamiento de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto fue similar al observado en la superficie, con enfriamiento, anomalías cercanas a 0 PSU y aumento del oxígeno disuelto.

Durante el verano, a diferencia de lo observado en la superficie, las anomalías de temperatura a 80 metros mostraron un enfriamiento del agua en estas profundidades, excepto en la zona oeste de RC, donde se registró una anomalía de 0.61°C. La salinidad también mostró diferencias en comparación con la superficie, con anomalías positivas a 80 metros de profundidad. Sin embargo, el oxígeno disuelto presentó comportamientos similares a los observados en la superficie.

Durante el otoño, se observó un calentamiento del agua alrededor de RC, aunque las anomalías a 80 metros de profundidad fueron mayores que las alcanzadas en la superficie, registrando anomalías de hasta 1.77°C en la zona más cercana a AS. El comportamiento de la salinidad y el oxígeno disuelto a 80 metros fue similar al observado en la superficie.

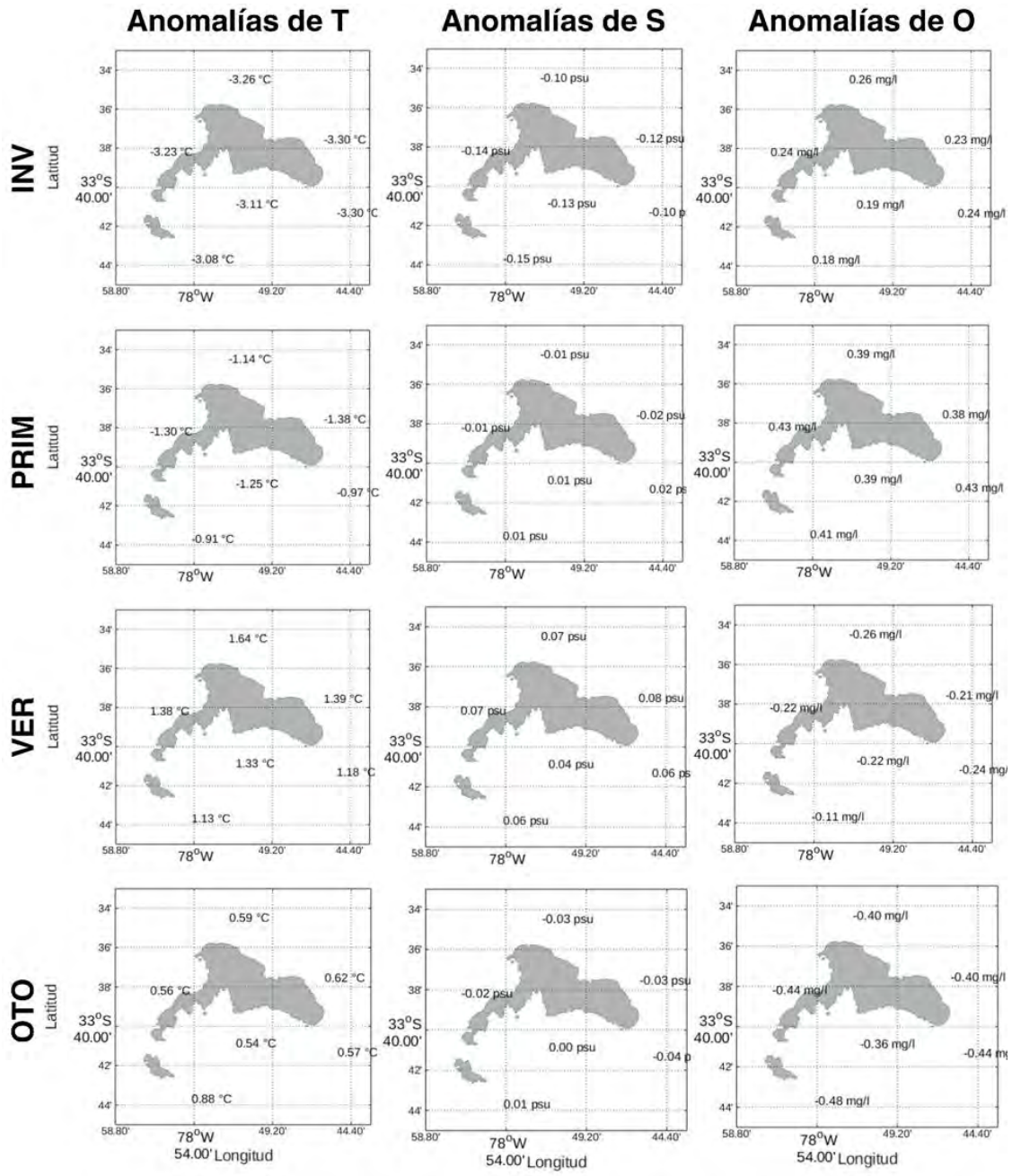


Figura 66 Anomalías estacionales en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la superficie. Los valores mostrados indican las anomalías de las variables para los seis grupos de estaciones analizados.

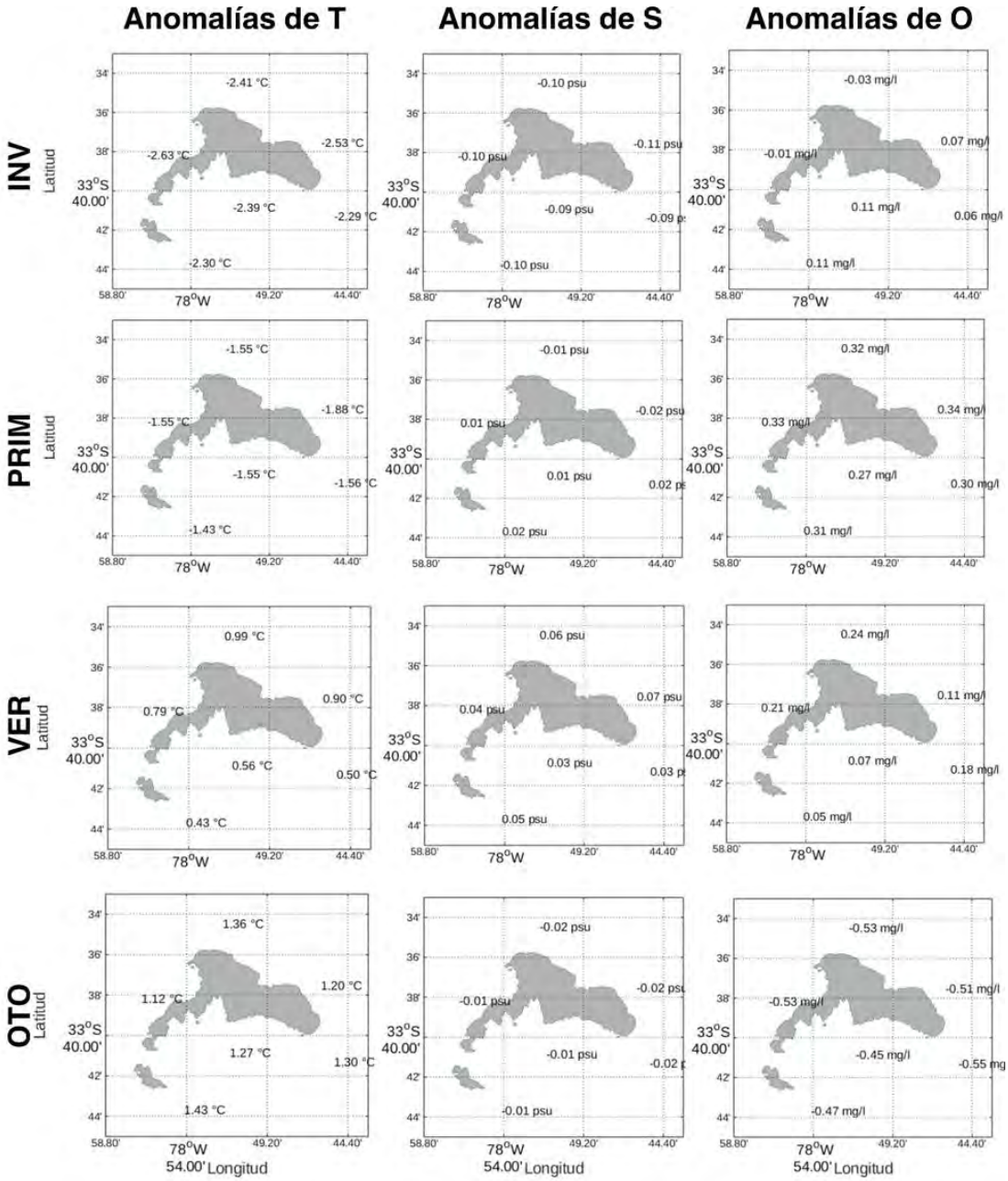


Figura 67 Anomalías estacionales en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a 50 m de profundidad. Los valores mostrados indican las anomalías de las variables para los seis grupos de estaciones analizados.

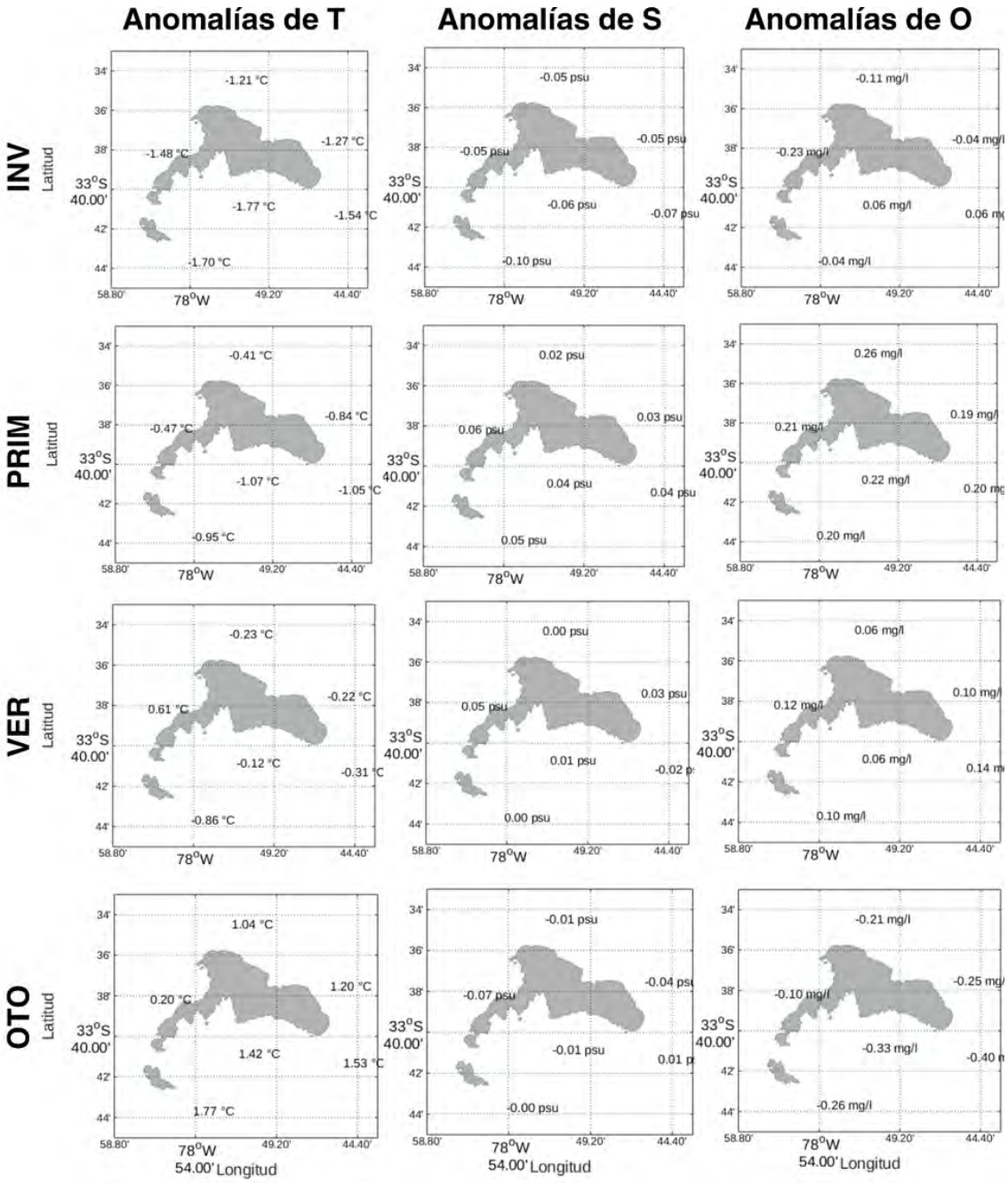


Figura 68 Anomalías estacionales en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a 80 m de profundidad. Los valores mostrados indican las anomalías de las variables para los seis grupos de estaciones analizados.

5 DISCUSIÓN

Durante el periodo reportado las actividades pesqueras se han desarrollado con normalidad y ya no rigen las medidas sanitarias instauradas durante la pandemia del Covid 19 respecto de la movilidad de los investigadores. Sin embargo, siempre se hace complejo el traslado de los investigadores hacia el subsistema AS e islas Desventuradas.

5.1 Programa de monitoreo

El grado de cobertura de las salidas de pesca a través de las bitácoras llenadas voluntariamente por los pescadores varía según los incentivos y compromisos que estos tengan. En RC-SC la cobertura ha variado desde que se inició el programa mientras que el compromiso de toda la comunidad de pescadores se ha fortalecido a medida que se ha ido entendiendo su importancia en las distintas instancias de diálogo. El período de pandemia ralentizó la actividad del comité de manejo y las posibilidades de interacción del programa con la comunidad. De esta forma, durante la temporada 2023/24 disminuyó nuevamente la participación de los pescadores en el programa de bitácoras respecto de otros años. Sin embargo, se ha logrado un apoyo continuo de los pescadores que participan en ID, manteniendo el monitoreo pesquero durante su estadía en Islas Desventuradas. Por otra parte, AS ha sido efectiva la reactivación de la participación de algunos pescadores para volver a contar con un alto porcentaje de registros. La incertidumbre en la continuidad del programa de monitoreo tiene repercusiones en la disminución de la participación de los pescadores y consecuencias para el equipo de trabajo que levanta la información en terreno.

En relación con la ejecución del programa con los muestreadores científicos, el desplazamiento de los investigadores se planificó con anticipación para evitar grandes retrasos, contar con el consentimiento de los pescadores en el caso de ID y de CONAF en AS. Solo hubo contratiempo en el caso del arribo del investigador a ID, concretando su llegada a la isla San Ambrosio a fines de noviembre de 2023. En el caso del muestreo de peces y cangrejo, el embarque de los muestreadores en la pesquería de cangrejo presenta complicaciones ya que un menor número de embarcaciones se dedican a la actividad, sin embargo, se alcanza una mayor cobertura de las salidas mensuales dado que estas son pocas. La dinámica de las actividades de explotación de recursos marinos en el archipiélago cambia bastante durante la veda de la langosta, pese a ello, los muestreadores continuaron desarrollando sus tareas para cumplir con los objetivos de cobertura de salidas de pesca durante septiembre, manteniendo pruebas poco exitosas para evaluar la efectividad de la identificación de sexo en peces y el registro de peso a bordo de las embarcaciones.

5.2 Indicadores pesqueros

Los programas de bitácoras de pesca que se han implementado desde el año 2006 en adelante en el archipiélago Juan Fernández han permitido describir cambios intra e interanuales, en las tasas de captura para langostas retenidas y no retenidas de AS y RC-SC (Ernst *et al*., 2010a; 2013), algo impensado en la década de los 1980s y 1990s, donde se recopilaba información generalmente en frecuencia decadal. Esto ha generado un gran cambio en el volumen de la información disponible para el desarrollo de una evaluación de stock y para el manejo. En recursos bentónicos como langostas la inferencia respecto de la dinámica poblacional del recurso NO se apoya en

evaluaciones directas, sino en indicadores generados directamente del proceso de pesca (CPUE, estructuras de tallas, capturas, etc.), dado la inviabilidad de obtener datos independientes por restricciones operacionales. Debido a las restricciones espaciales que impone el sistema de marcas a usuarios y vecinos (Ernst et al., 2013; Steneck *et al*., 2017), no se producirían procesos negativos como depleción secuencial e hiper estabilidad en los indicadores, situaciones que comprometen negativamente la calidad de los indicadores.

Los rendimientos de langostas no retenidas mostraron entre las temporadas 2010 y la temporada 2021/22 una fuerte tendencia negativa en los rendimientos de pesca, sin embargo, se observó un aumento importante en la segunda parte de las temporadas 2018/19 y 2019/20, situación que rompe con la disminución sistemática (Figura 11 y Figura 17). En el caso del subsistema AS, las tasas de captura promedio por temporada habían disminuido desde 26 langostas por trampa levantada (2010) hasta 13 (2018), representando una disminución del 50%, mientras que el comportamiento durante la temporada siguiente alcanza niveles altos históricos, disminuye nuevamente desde la temporada 2019/20 a 2023/24. En RC-SC estos cambios han sido aún más pronunciados pasando de 12 langostas no retenidas por trampa a 4, reflejando una disminución del 66% que se revirtió en la temporada 2018/19, pero disminuye nuevamente a comienzos de la temporada 2019/20 y aumenta fuertemente hacia fines de temporada, repitiéndose el patrón de disminución en las últimas dos temporadas. Si bien las tasas de cambio no son las mismas en cada serie, en ambos subsistemas se aprecia una clara y sistemática tendencia a la baja en las tasas de captura de langostas que representan el reclutamiento hacia la pesquería.

En el subsistema ID los rendimientos de langostas no retenidas marcan el máximo de la serie, alcanzando más de 36 langostas por trampa en la temporada 2021/22. Por su parte, desde la temporada 2020/21 los rendimientos de langostas retenidas han ido en aumento, alcanzando el máximo de la serie en octubre en 2023/24.

En la actualidad, esta fuerte baja en las tasas de captura de langostas no retenidas en RC-SC y AS se interpreta como una clara reducción en el reclutamiento ya sea por efectos ambientales, procesos post-asentamiento o una disminución en el stock desovante. Los resultados obtenidos durante el año 2018 (Ernst *et al.,* 2019) permitieron concluir que no ha existido una modificación sistemática en la separación de las varillas que constituyen las paredes de las trampas langosteras, ni ha aumentado el número de trampas con anillos de escape (solo un bajo porcentaje de la flota los utiliza), de tal forma que los cambios en la CPUE no retenida NO podría deberse a un cambio operacional en los aparejos. Esta baja en las tasas de captura en ambos subsistemas debiera generar niveles bajos de tasas de captura para langostas retenidas por la siguiente década. Tanto en AS como RC-SC se aprecia en los últimos 10 años una disminución sistemática de las tasas de captura de langostas retenidas. Esto es algo que debe ser abordado en el seno del comité de manejo para discutir sobre posibles acciones a tomar.

La disminución en la presencia de hembras de langostas en las capturas durante los primeros meses de la temporada de pesca respecto de la serie de tiempo de RC-SC podría indicar un cambio conductual en los desplazamientos y distribución estacional (Román *et al*., 2018). Si este cambio no fue adecuadamente detectado por los pescadores durante los primeros meses de pesca, explicaría los bajos rendimientos de comienzos de temporada. En la segunda parte de la temporada suele

marcarse una fuerte presencia de hembras en las capturas, situación esperable por la muda de verano de los machos y que se evidencia también en los datos registrados hasta febrero de 2024.

Debido a que no existe una normativa de talla mínima en la extracción de cangrejo dorado, la interpretación de tasas de captura retenida se hace más compleja que para langosta. Si bien existe una talla comercial acordada (130 mm), esta no representa una medida consistente de talla mínima y existiría una diferencia en tamaño entre los ejemplares que van a puerto para ser comercializados y los de consumo personal que estaría disminuyendo la talla de retención (*convs. pers.* Julio Chamorro Solis). La captura de cangrejo sigue estando constituida en mayor proporción por machos, particularmente solo por machos durante septiembre y octubre de 2023 y la talla de la captura total alcanza en el último tiempo, valores muy similares a la talla media de la captura retenida. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente proyecto el nivel de esfuerzo y los volúmenes de captura se mantienen bajos para este recurso.

De las series de tiempo de CPUE de langosta no retenida por trampa (Figura 69) vemos una disminución sistemática tanto en RC-SC como AS en los últimos 10 años (siendo más marcado en RC-SC). Tratándose esta pesquería de una por reclutamiento, donde la captura se basa fuertemente en el contingente que entra desde la talla <115 al *pool* de talla comercial, la proporción de langostas "más viejas" debiera ir aumentando en la captura retenida en ausencia de un mayor volumen de langosta recién reclutadas. Por otra parte, la serie de tiempo de talla media de langostas retenidas ha ido aumentando, lenta pero paulatinamente en esa misma década. Esto se explicaría a través de la diminución sistemática de langostas más jóvenes en la captura retenida respecto del contingente más viejo, el cual va creciendo temporada a temporada.

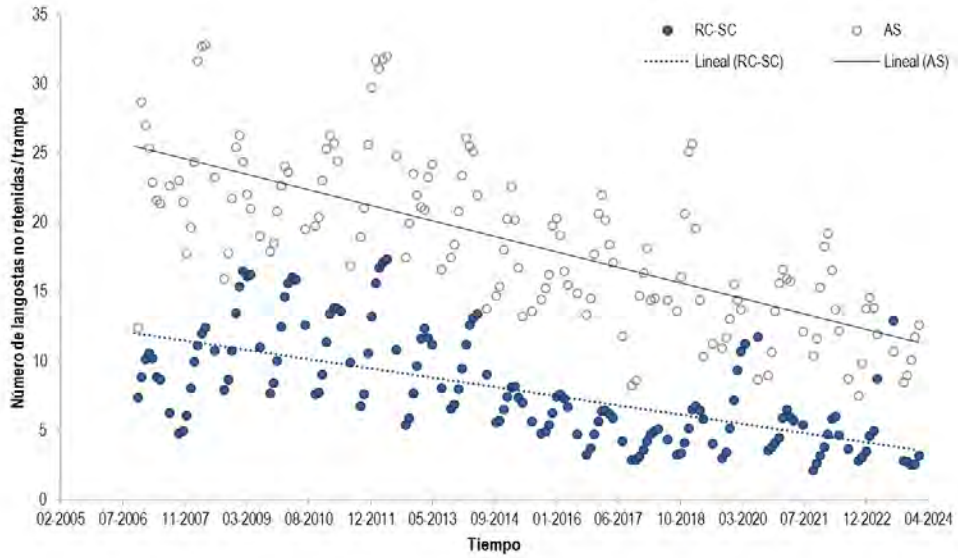


Figura 69 Tasas de captura de langostas no retenidas para los subsistemas RC-SC y AS entre las temporadas 2010/11 a febrero 2023/24, por mes. Las líneas discontinuas corresponden a la tendencia de cada serie.

5.3 Indicadores biológicos

Como ha sido reportado anteriormente, el patrón de portación de langosta de Juan Fernández es conservativo, inicia la temporada con un alto porcentaje de hembras portando y va decreciendo con el avance de la temporada (Arana *et al.*, 2006a; Ernst *et al*., 2013b; Ernst *et al*., 2015). Este comportamiento se marca mucho más en RC-SC ya que, en AS, aunque el decrecimiento en la proporción de portación es progresivo, las capturas durante la temporada dejan entrever un nuevo aumento hacia el final de la temporada, asociado a hembras de mayor tamaño que comienzan a portar huevos nuevamente. Si se considera que las hembras empezarían la muda entre abril hasta mediados de junio (Dupré & Guisado, 1996) y que existe una baja presencia de hembras mayores portando dentro de la temporada, cabe esperar que éstas estén portando antes del inicio de la temporada de pesca. El subsistema AS ha estado mostrando en las últimas temporadas altas proporciones de hembras respecto de machos, situación que persistió durante la presente temporada 2023/24. La condición de madurez a la talla no se reporta en el presente informe ya que el indicador, construido a partir de la observación de la presencia de setas ovígeras en hembras, fue inconsistente de acuerdo al modelo logístico.

La situación para la pesquería de cangrejo dorado también es conservativa. Las capturas siguen siendo sostenidas por machos. El particular dominio de machos en la pesquería es también común en otras especies de gerionidos puesto que se caracterizan por la segregación de los sexos en relación con la profundidad, variando durante el ciclo anual debido a las zonas de copulación y desove (Pinho *et al.,* 2001; Gutiérrez *et al.,* 2011). Reconociendo que a menor profundidad es mayor la probabilidad de encontrar hembras (Ahumada & Arana, 2009) (las que por tamaño no son rentables), los pescadores tienden a evitar dichos lugares, pues disminuyen sus rendimientos y movidos por fines de conservación de la especie.

La relación talla-peso de crustáceos y peces no fue estimada debido a las dificultades operativas que se presentan al medir el peso a bordo de las embarcaciones artesanales, pues son una plataforma con poca estabilidad. Además. las mediciones en tierra de ejemplares desembarcados no se pudieron realizar, pese a las gestiones efectuadas.

El seguimiento de los indicadores biológicos de las pesquerías es información importante para evaluar si las medidas administrativas implementadas cumplen con los objetivos propuestos, como la protección del potencial reproductivo de hembras. La distribución de tallas de los ejemplares capturados da cuenta de la estructura de tallas de la población de crustáceos vulnerable, aportando al análisis del estado de la población. Adicionalmente, el agregar especies ícticas al monitoreo es un gran avance hacia el levantamiento de información para conocer el estado de otras poblaciones del ecosistema de Juan Fernández. La base de datos continua que se ha venido gestando en los últimos 17 años respecto de tasas de captura y desde 2011, respecto de información biológica, es un insumo importante para evaluaciones de stock de cada subsistema. De esta forma el comité de manejo y/o actores interesados se podrán nutrir en su gestión directamente sobre los indicadores o a través de los resultados de la modelación según sea requerido.

5.4 Fauna acompañante y captura incidental (aves, mamíferos y reptiles)

A partir de la información del registro de fauna acompañante en la pesquería de la langosta implementado desde la temporada 2012/13, y la consolidación del registro de pesca incidental y especies ETP desde el 2016 -incluso en la pesquería íctica- se ha permitido contar con información relevante para la observación y seguimiento de la comunidad biológica. En la pesquería de crustáceos donde las trampas encarnadas son dispuestas en el suelo marino y alrededor de arrecifes, no se cuenta con la ocurrencia de especies ETP; como aves, mamíferos marinos y reptiles, pero sí de diversas especies bentónicas (FA) y en bajas abundancias para los diferentes subsistemas. La ocurrencia de especies como estrellas de mar, caracoles, pulpos, otros crustáceos e incluso peces es clasificada como rara. En RC-SC la presencia y abundancia de equinodermos en las trampas sigue siendo dominante y representada por erizos (*Centrostephanus silviae*).

El aumento de blanqueamiento de los sustratos rocosos alrededor de las islas RC-SC podría estar directamente correlacionado con el aumento en la abundancia de invertebrados móviles, y especialmente con el crecimiento poblacional del erizo de espina larga. Ernst et al. (2020) indicaban que el aumento explosivo de la población de erizos ha tomado especial atención en los diferentes actores de la pesquería, ya que ha sido sustancialmente notorio el aumento como fauna acompañante en las trampas de langostas, llegando incluso a constituir un 85% en las islas RC-SC y presentando una importante distribución alrededor de las islas. Hallazgos a partir de modelos ecosistémicos empleados en la dorsal de Juan Fernández (modelo Atlantis), sugieren que la alta tasa de explotación histórica a la que fueron sometidas las langostas más grandes pudo conducir al crecimiento poblacional de erizos (Porobic et al., 2019). De esta forma, langostas adultas se reportan como especies claves en el control del crecimiento de abundancia poblacional de erizos mediante un mecanismo de control tipo top–down (Lings et al., 2009). En otros ecosistemas se detectó que el control que establecen las langostas sobre los erizos detiene el efecto de sobrepastoreo en macroalgas, y con ello, disminuyen las probabilidades del blanqueamiento del sustrato rocoso evitando cambios extremos en la estructura del ecosistema (Lings *et al*., 2009). Entre los diferentes roles que proporcionan los bosques de macroalgas o kelps, uno clave está vinculado con su estructura, dado por un espacio heterogéneo de alimentación, de refugio, y de reclutamiento para las especies. Así mismo, lo plantean Hinojosa *et a*l., (2015), quienes documentaron que los bosques submarinos de Tasmania son esenciales para el asentamiento y supervivencia de tempranos estadios de la langosta congenérica *Jasus edwarsii*, ya que estos espacios marinos proveen sitios de alimentación, refugio, y de reclutamiento para esta especie de gran interés comercial. Aunque el aumento de erizos no es suficiente para causar importantes efectos sobre otros grupos, de momento Porobic *et a*l. (2019), recomiendan precaución ante una presión adicional que conduzca al ecosistema del archipiélago Juan Fernández hacia un cambio de régimen. Esta situación de posible desbalance en la que se encontraría el ecosistema, sin duda, sugiere tomar decisiones precautorias basadas en la conservación, entendiendo a su vez la importancia de conducir la sustentabilidad como un sistema socio–ecológico.

En la pesquería de peces, por otro lado, la situación es multiespecífica y las especies capturadas son empleadas en su mayoría como carnada. Sin embargo, en proyectos anteriores se ha detectado aumentos inter-anuales de la fauna acompañante, desde la implementación de su registro -el año 2016-, cuando el objetivo de captura declarado ha sido la breca, observándose una disminución en

la proporción de breca capturada por cada lance. A escala intra-anual, a lo largo que avanza temporada de pesca de la langosta, se pueden observar cambios en la proporción de breca capturada, disminuyendo la proporción y por tal aumentando la presencia de otras especies ícticas.

En cuanto a las especies ETP se puede considerar que el impacto de las pesquerías de AJF e ID sobre otras especies es mucho menor que en pesquerías de mayor escala donde, por ejemplo, se utilizan palangres cuyos anzuelos encarnados permanecen tiempo suficiente en la parte somera de la columna de agua permitiendo la interacción con otras especies.

5.5 Indicadores ambientales

Se evidenció una marcada estratificación térmica en los indicadores ambientales cercanos a las islas. Se identificaron dos períodos de intensificación de esta estratificación: uno que abarcó desde marzo hasta junio de 2022, y otro desde finales de diciembre de 2022 hasta principios de julio de 2023.

En relación a los indicadores ambientales del hábitat de la langosta, se observó que la temperatura se mantuvo en un rango de 13° a 14°C la mayor parte del tiempo. No obstante, se registraron intrusiones de agua más fría, con temperaturas inferiores a 13°C, en cuatro períodos específicos para el 2022: enero, abril y junio, así como de octubre a noviembre. Asimismo, se observaron intrusiones similares a finales de enero hasta mayo, en julio y desde septiembre hasta principios de diciembre de 2023. En cuanto a la salinidad, se observó un comportamiento altamente homogéneo durante los meses de enero y febrero de 2022, así como durante septiembre a noviembre de 2022 y durante febrero a inicios de abril del 2023. Durante estos periodos, los valores de salinidad se mantuvieron cercanos a 34 PSU a excepción del último período en el cual se presentaron valores cercanos a los 33.5 PSU. La intrusión de agua menos salina, que es consistente con aguas de menor concentración de oxígeno, en profundidades cercanas a los 80 m, parece provenir de la intrusión de capas más profundas de agua. Este comportamiento podría explicarse mediante un transporte de agua desde el fondo hacia capas intermedias, lo cual explicaría las menores temperaturas, concentraciones de oxígeno y salinidad observadas durante estos períodos (febrero - abril 2022, abril-mayo 2023 y períodos entre mayo - diciembre de 2023).

Es crucial resaltar que, al analizar los datos año por año, se hace evidente que existen disparidades notables entre 2022 y 2023. La salinidad, por un lado, experimenta una marcada disminución en 2023, alcanzando valores cercanos a los 33 PSU en varios períodos. Este patrón se replica en los niveles de oxígeno disuelto, donde se observa que durante 2023 los valores son menores, incluso llegando a medir < 2 mg/L (a 100 m). En contraste, la temperatura muestra una estacionalidad bien definida, sin revelar grandes diferencias entre un año y otro.

Por otro lado, se pudo observar que alrededor de la ubicación RC, una parte de los datos recopilados por el anclaje mostró características de temperatura y salinidad correspondientes al ASAA. Sin embargo, se encontraron valores de oxígeno < 2 mg/L entre los 100 –120 m con características distintas al ASAA, lo cual podría ser un indicativo de la intrusión de una masa de agua con baja concentración como AESS (mezcla) o un incremento en la actividad biológica en la zona o en capas subyacentes y, por lo tanto, un consumo significativo de oxígeno. Esto puede suceder en zonas con

mucha materia orgánica, que, al descomponerse, consume grandes cantidades de oxígeno. Estos hallazgos son interesantes y sugieren la existencia de procesos de mezcla e intercambio de aguas en la zona alrededor de RC. Esto puede indicar la influencia de factores locales, como corrientes o procesos de mezcla vertical o el efecto remoto de procesos oceanográficos costeros.

Las señales ambientales identificadas en las estaciones de CTD mostraron en promedio una baja variabilidad a lo largo de la columna de agua, entre los primeros cuatro meses analizados, variando la salinidad entre 34.1 y 34.3 PSU aproximadamente entre julio y octubre de 2022. De la misma manera, la temperatura presentó una baja variabilidad en estos meses, mostrando que la diferencia entre el máximo y mínimo de temperatura registrado en todas las estaciones para cada mes entre julio-octubre de 2022 fue muy baja (menor a 1°C). Además, durante estos meses (julio-octubre 2022), se observó una alta oxigenación de la columna de agua, con valores que oscilaron entre 8.5 y 9.5 mg/L. Esto indica una buena disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua durante estos meses, lo cual es esencial para el mantenimiento de la vida acuática. Sin embargo, se observó un patrón de comportamiento distinto para los meses de noviembre, diciembre del 2022 y 2023, enero y febrero de 2023 y 2024. Durante este período, se registró un aumento considerable en la temperatura superficial del mar, lo que concuerda con el arribo del verano austral, llegando a valores de hasta 20°C durante febrero del 2023 y del 2024. Es común que durante el verano se produzcan aumentos en la temperatura del agua debido a la mayor radiación solar y a condiciones atmosféricas propias de la estación.

Este aumento de la temperatura superficial del mar también se vio reflejado en toda la columna de agua, ya que se registraron temperaturas de hasta 20°C incluso a 40 metros de profundidad en febrero de 2023. Esto indica una mayor penetración del calor en el agua, lo cual puede tener implicaciones en la distribución y comportamiento de los organismos marinos, así como en los procesos biogeoquímicos del ecosistema acuático. Además, es importante destacar que se observaron fluctuaciones significativas en la temperatura entre los valores máximos y mínimos registrados en las estaciones cercanas a la isla. Durante los meses de diciembre de 2022, enero y febrero de 2023, estas diferencias alcanzaron hasta 4°C.

En relación con la salinidad promedio, no se observaron cambios bruscos durante los meses de noviembre, diciembre de 2022 y enero 2023 en comparación con los demás meses analizados. Sin embargo, en febrero del 2023, se registró un aumento en la salinidad entre las profundidades de 20 y 50 metros, alcanzando valores de hasta 34.6 PSU. Febrero fue el mes en el que la columna de agua presentó, en promedio, mayor salinidad. Por otro lado, durante el mes de mayo 2023 se observó una disminución en la temperatura superficial del mar en comparación con los valores registrados durante el verano austral, alcanzando valores cercanos a los 18°C en la superficie. En cuanto a la salinidad superficial, no hubo cambios significativos en comparación con lo registrado en febrero de 2023, manteniéndose cerca de los 34.3 PSU, la cual se mantuvo constante hasta los 60 m de profundidad. En julio de 2023, se evidenció un patrón análogo, caracterizado por una disminución de aproximadamente 3°C en la temperatura superficial en comparación con las mediciones de mayo de 2023. Este fenómeno se alinea con la llegada del invierno austral. Por otro lado, la salinidad no experimentó variaciones notables en relación con los valores de mayo de 2023.

En cuanto al oxígeno disuelto, se observó que, de los trece meses analizados, mayo 2023 fue el mes en el cual la concentración de oxígeno fue menor al resto. Sin embargo, en los primeros 10 m de profundidad se encontraron valores más bajos durante febrero de 2024 (~ 8.3 mg/L) y bajo los

90 m los valores más bajos fueron registrados en julio del 2022 (~ 8 mg/L). Estas “bajas” concentraciones de oxígeno encontradas en mayo de 2023, se vieron reflejadas hasta los 80 m y las diferencias entre los valores máximos y mínimos de oxígeno registrados por las estaciones fue mínima en los primeros 60 m. Por otro lado, las mayores diferencias entre los valores máximos y mínimos de oxígeno medidos en las estaciones alrededor de la isla ocurrieron en los meses de diciembre de 2022 y febrero 2023 y 2024, alcanzando diferencias de hasta 1.11 mg/L a 37 m, de 1.52 mg/L a los 55 m, 1.5 mg/L a 70 m respectivamente. Las altas diferencias alcanzadas entre los máximos y mínimos registrados en las estaciones alrededor de la isla sugieren una alta variabilidad espacial de esta variable alrededor de la isla, durante estos meses.
En diciembre de 2022 se observaron las mayores diferencias en temperatura, salinidad y concentración de oxígeno en los primeros 40 metros de profundidad. Esto implica que ocurre una variación significativa en estas tres variables en la capa superior del agua. Por otro lado, durante febrero de 2023, las mayores diferencias en temperatura, salinidad y concentración de oxígeno se encontraron por debajo de los 40 metros de profundidad, mientras que por encima de esta profundidad las diferencias fueron mínimas. Este mismo comportamiento se vio evidenciado durante julio del 2023. Esto sugiere que las variaciones más marcadas en estas variables se encontraban en las capas más profundas del agua durante febrero del 2022 y julio del 2023. Como resultado, durante febrero 2023, se observó que en los primeros 40 metros de profundidad alrededor de la isla, el agua fue más cálida, con una temperatura de aproximadamente 20°C. Además, la salinidad fue más alta, con un promedio de alrededor de 34.5 PSU. También se registró una concentración de oxígeno disuelto, con un promedio de aproximadamente 8.35 mg/L. Julio del 2023 en cambio registró una temperatura superficial de 15°C, una salinidad constante de aproximadamente 34.1 PSU y un oxígeno disuelto superficial de 8.8 mg/L. Es importante señalar las discrepancias entre julio de 2022 y julio de 2023. En cuanto a la temperatura, se observa que, en todo el perfil, la temperatura fue más baja en julio de 2022 en comparación con julio de 2023, con una diferencia de aproximadamente 1°C. En cuanto a la salinidad, se registró una menor concentración en julio de 2022 en comparación con julio de 2023, con una diferencia de aproximadamente 0.1 PSU. Por otro lado, en el caso del oxígeno disuelto, se registraron los valores más bajos en julio de 2023, con una diferencia de aproximadamente 0.1 mg/L. Asimismo, se destacan las discrepancias entre diciembre de 2022 y diciembre de 2023, donde la temperatura superficial en este último mes fue aproximadamente 3°C más baja que el año anterior. Además, se observó una mayor concentración de oxígeno disuelto en la superficie, con una diferencia de aproximadamente 0.5 mg/L. Esta tendencia se repitió en enero de 2024, donde la temperatura superficial fue casi 1°C más baja en comparación con el año anterior. Por otro lado, en febrero de 2024, se registró una mayor salinidad en comparación con el mismo mes del año anterior, con un incremento de 0.3 PSU.

Estas variaciones observadas en los meses mencionados anteriormente son apreciables en la Figura 65, donde se aprecia que durante el verano (promedio de diciembre 2022 y 2023, enero y febrero 2023 y 2024), las tres variables analizadas muestran una mayor variabilidad espacial en los grupos a diferencia del invierno, la primavera y el otoño, donde si bien se observó una variabilidad espacial, ésta no fue tan notoria como en el verano.

En la Figura 65 se observa una variación en la concentración de oxígeno disuelto superficial a lo largo de las estaciones del año. Durante la primavera, las concentraciones de oxígeno disuelto fueron mayores en comparación con el invierno, el verano y el otoño, alcanzando un promedio de 9.2 mg/L para todos los grupos. En contraste, en otoño se registraron las concentraciones más bajas

de oxígeno disuelto superficial, con un promedio de aproximadamente 8.3 mg/L para todos los grupos. Estas variaciones pueden estar relacionadas con diferentes factores. Durante la primavera, es posible que haya ocurrido un aumento en la producción primaria (por ejemplo, la fotosíntesis) y una mayor disponibilidad de luz solar, lo que lleva a una mayor producción de oxígeno y, por lo tanto, a una mayor concentración de oxígeno disuelto en el agua.

En cuanto a la temperatura y la salinidad, se encontró que los valores más altos de estas variables en la superficie del mar se registraron durante el verano, con una temperatura promedio de 19°C (a excepción del grupo 6) y una salinidad promedio de 34.4 PSU. Por el contrario, los valores más bajos se encontraron durante el invierno, con una temperatura promedio de 14°C y una salinidad promedio de 34.1 PSU. Estas variaciones pueden estar relacionadas con los cambios estacionales en la radiación solar, los patrones de viento y las corrientes marinas. Durante el verano, la mayor radiación solar y la menor mezcla de aguas pueden contribuir a un aumento de la temperatura y una mayor evaporación, lo que a su vez puede resultar en una mayor salinidad superficial.

Esto muestra concordancia con lo observado en Figura 66, Figura 67 y Figura 68 donde como era de esperarse se observa un aumento de la temperatura con el arribo del verano austral, cuando se calienta el agua hasta por lo menos los 50 metros de profundidad. Análogo a esto, durante el invierno se pudieron apreciar anomalías negativas de temperatura tanto en la superficie como en profundidad, lo que indica un enfriamiento generalizado del ambiente marino durante esta estación. Esta tendencia estacional en la temperatura coincide con los ciclos naturales y las variaciones climáticas características de la región. La salinidad y el oxígeno muestran una concordancia con los datos presentados en la Figura 65. Se observan ligeras anomalías positivas de salinidad durante la primavera y el verano, lo que podría atribuirse a la evaporación y la reducción de las precipitaciones, tal como se ha discutido anteriormente. Asimismo, se evidencian incrementos en el oxígeno disuelto durante la primavera, posiblemente asociados con un aumento en la producción primaria, como se mencionó previamente.

En relación con la variabilidad espacial de las variables alrededor de la isla, según se observa en las Figura 65, Figura 66, Figura 67 y Figura 68, no se aprecian mayores diferencias entre las distintas zonas analizadas. No obstante, el grupo 6 (zona más cercana a SC) muestra algunas características ligeramente distintas en el comportamiento de las variables estudiadas en comparación con las otras zonas examinadas. Aunque estas diferencias no son muy pronunciadas, sí se puede apreciar una cierta variación en su comportamiento.

La obtención de indicadores ambientales, como la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura y la salinidad, es fundamental para caracterizar y comprender la variabilidad en la columna de agua. Estos indicadores pueden proporcionar información importante sobre las condiciones físicas y químicas del ambiente marino, y su conexión con los indicadores biológicos y pesqueros es relevante para comprender los ecosistemas y los recursos pesqueros en la zona estudiada.

6 CONCLUSIONES

- Tanto en RC-SC como en AS se aprecia una clara y sistemática tendencia a la baja en las tasas de captura de langostas no retenidas, que representan el reclutamiento hacia la pesquería. Esta señal no se replica en ID.
- Los rendimientos de langostas retenidas también muestran una disminución sistemática en los subsistemas AS y RC-SC.
- Debido a las restricciones espaciales que impone el sistema de marcas a usuarios y vecinos (Ernst *et al*., 2013; Steneck *et al.,* 2017), no se producirían procesos negativos como depleción secuencial e hiper estabilidad en los indicadores, situaciones que comprometerían negativamente la calidad de los indicadores.
- Las capturas de cangrejo siguen siendo sostenidas por machos, los que son en gran medida retenidos dado que la captura total de cangrejo está compuesta casi totalmente por cangrejos de más de 110 mm de AC, alcanzando sobre 120 mm de AC en la talla media de la captura.
- El seguimiento de los indicadores biológicos de las pesquerías es información importante para evaluar si las medidas administrativas implementadas cumplen con los objetivos propuestos. Además, son una oportunidad para obtener y seguir la información de estructura de tallas, sexos y portación, realizar investigaciones de interés para la comunidad, seguir las transformaciones operacionales de la flota y del ecosistema.
- El seguimiento de datos ambientales muestra que existen disparidades notables entre 2022 y 2023. La salinidad, por un lado, experimenta una marcada disminución en 2023, alcanzando valores cercanos a los 33 PSU en varios períodos. Este patrón se replica en los niveles de oxígeno disuelto, donde se observa que durante 2023 los valores son menores, incluso llegando a medir 6.8 ml/L. En contraste, la temperatura muestra una estacionalidad bien definida, sin revelar grandes diferencias entre un año y otro. En relación con la oxigenación de la columna de agua en diciembre del año 2023 se observan incursiones de aguas hipóxicas a profundidades de 100 m. Este último hallazgo es importante ya puede ser indicativo de la intrusión de una masa de agua como el AESS, del efecto biológico de consumo de oxígeno o del efecto remoto de algún proceso oceanográfico como la llegada de un remolino. Es necesario continuar explorando si la existencia de esto eventos de hipoxia son eventos recurrentes o no, debido a que podría tener un impacto importante sobre las especies bentónicas existentes en la zona dependiendo de las adaptaciones de estas a condiciones extremas de oxígeno.
- La obtención de indicadores ambientales es esencial para lograr caracterizar la variabilidad de la columna de agua alrededor de las islas, de manera de poder conectarla con los indicadores biológicos-pesqueros y modelos biofísicos.

7 REFERENCIAS

Ahumada, M., y Arana, P. (2009). Pesca artesanal de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. Latin American Journal of Aquatic Research, 37 (3): 285-296

Arana, P. (1987). Perspectiva histórica y proyecciones de la actividad pesquera realizada en el archipiélago de Juan Fernández. En: "Islas Oceánicas Chilenas: Nuestro Conocimiento y Necesidades Futuras". J.C. Castilla (ed.), Tinker Foundation, USA y P. Universidad Católica de Chile. Santiago.

Arana, P., Yañez, E., Olate, C., Silva, C., y Vega, R. (1997). Análisis y evaluación indirecta de la pesquería de la langosta en el Archipiélago de Juan Fernández. Informe Final Proyecto FIP 96-22. Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 217 pp.

Arana, P. (2000a). Pesca exploratoria con trampas alrededor de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara, archipiélago Juan Fernández, Chile. *Investigaciones Marinas*, 28: 39-52.

Arana, P. (2000b). Estimación de abundancia y biomasa del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), en el archipiélago Juan Fernández, Chile. *Investigaciones Marinas,* 28: 53-68.

Arana, P., Palma, S., Guerrero, A., Ahumada, M., y Jofré, A. (2006a). Monitoreo biológico-pesquero de la langosta y cangrejo dorado en el Archipiélago Juan Fernández. (Proyecto FIP No 2004-48). Informe Final. Estud. Doc, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 32/2006: 288 pp.

Arana, P., Ahumada, M., Guerrero, A., Espejo, V., Yáñez, E., Silva, C., Ernst, B. y Orensanz, J.M. (2006b). Evaluación de stock y distribución de la langosta y el cangrejo dorado en el Archipiélago Juan Fernández (Proyecto FIP 2005-21). Informe final. Estud. Doc., Pontificia Universidad Católica, Valparaíso, 27/2006: 257p.

Bahamonde, N. (1987). San Félix y San Ambrosio, las islas llamadas Desventuradas In: Castilla JC, editor. Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento científico y necesidades de Investigaciones. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile. 85-99 p.

Battaile, B. & T. Quinn. (2004). Catch per unit effort standardization of the Eastern Bering Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) fleet. Fisheries Research 70: 161-177 p

Cañete, J. I., Gallardo, C., Olave, C., Romero, M. S., Figueroa, T., & Haro, D. (2016). Abundance and spatial distribution of neustonic copepodites of Microsetella rosea (Harpacticoida: Ectinosomatidae) along the western coast of Magellan, southern Chile. Latin American Journal of Aquatic Research, 43, 576-587.

Censo. (2017). https://resultados.censo2017.cl/Region?R=R05

Cochran, W.G. (1977). Sampling techniques. John Wiley & Sons, New York

Dupré E., y Guisado, Ch. (1996). Identificación de los primeros estados de phyllosoma de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) mantenidos en laboratorio. *Investigaciones Marinas,* 24: 39-50.

Eddy, T.D., Gardner, J.P.A., Pérez-Matus, A. (2010). Applying fishers' ecological knowledge to construct past and future lobster stocks in the Juan Fernández Archipiélago, Chile. PLoS ONE, 5 (11): e13670. doi:10.1371/journal.pone.0013670.

Ernst, B., Manríquez, P., Orensanz, J.M., Roa, R., Chamorro, J., y Parada, C. (2010a). Strengthening of a traditional territorial tenure system through protagonism in monitoring activities by lobster fishermen from Juan Fernandez Islands (Chile). *Bulletin of Marine Science*, 86: 315-338.

Ernst, B., Parada, C., Manríquez, P., Chamorro, J., y Retamal, P. (2010b). Dinámica poblacional y pesquera de la langosta en la isla Alejandro Selkirk" (Proyecto FIP No 2008-24).

Ernst, B., Orensanz, J.M., Manriquez, P., Chamorro, J., Roman, C., y Porobic, J. (2011). Monitoreo a la pesquería de crustáceos en el archipiélago Juan Fernández, año 2011" (Proyecto FIP N°4728-49-LE11).

Ernst, B., Orensanz, J.M., Manriquez, P., Chamorro, J., Roman, C., Porobic, J., y Rivara, P. (2012). Monitoreo a la pesquería de crustáceos en el archipiélago Juan Fernández, año 2011" (Proyecto FIP N°4728-36-LP12).

Ernst, B., Chamorro, J., Manríquez, P., Orensanz, J.M., Parma, A.M., Porobic, J., y Román, C. (2013). Sustainability of the Juan Fernández lobster fishery (Chile) and the perils of generic science-based prescriptions. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions*, 23: 1381-1392.

Ernst, B., Pino, J., Chamorro, J., Manríquez, P., Rivara, P., y Porobic, J. (2015). "Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales, año 2014. Pesquerías de Crustáceos del archipiélago Juan Fernández". Instituto de Fomento Pesquero

Ernst, B., Pino, J., Chamorro, J., Manríquez, P., Rivara, P. (2016). "Monitoreo de las pesquerías de crustáceos en el archipiélago Juan Fernández, 2015. Pesquerías de Crustáceos del archipiélago Juan Fernández". Instituto de Fomento Pesquero

Ernst, B., Pino, J., Chamorro, J., Manríquez, P., Rivara, P., Tapia, B (2017). "Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales, año 2016. Pesquerías de Crustáceos del archipiélago Juan Fernández". Instituto de Fomento Pesquero

Ernst, B., Parada, C., Chamorro. J., Manriquez, P., Pino, J., Tapia, B., & Sandoval, M. 2019. Programa de seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales año 2018. Pesquerías de Crustáceos del Archipiélago Juan Fernández. Informe final. Convenio de Desempeño Subsecretaría de Economía y EMT/IFOP, Chile: 147 pág. + Anexos.

Ernst, B., Parada, C., Pino, J., Chamorro, J., Manríquez, P., Tapia, B., Sandoval, M., Cornejo, S. y Yáñez, R. (2020). Informe Final Ejecución del proyecto de seguimiento de crustáceos de Juan Fernández (2019). Instituto de Fomento Pesquero.

Ernst, B., Parada, C., Chamorro, J., Manríquez, P., Pino, J., Tapia, B., Cornejo, S y Yáñez, R. (2021). Informe Final Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales, año 2020. Pesquerías de Crustáceos del archipiélago Juan Fernández. Instituto de Fomento Pesquero.

Ernst, B., Parada, C., Chamorro, J., Manríquez, P., Pino, J., Tapia, B., Cornejo, S. (2022). Informe PreFinal Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales, año 2021. Pesquerías de Crustáceos del archipiélago Juan Fernández. FIPA 2020-35

Ernst, B., Parada, C., Chamorro. J., Pino, J., Tapia, B., Cornejo, S., Pardo, L., Hinojosa, I., & Aguilar, A. 2022. Monitoreo biológico pesquero de las pesquerías y del ecosistema asociado al archipiélago Juan Fernandez, 2021. Informe final. Fondo de investigación Pesquera y de Acuicultura-FIPA, Chile: 246 pág.

Gulland, J.A. (1964). Catch per unit effort as a measure of abundance. *Rapports et Proces-Verbaux des Reunions Conseil*, 155: 8-14.

Gutiérrez, N., Masello A., Uscudun, G., y Defeo, O. (2011). Spatial distribution patterns in biomass and population structure of the deep sea red crab *Chaceon notialis* in the Southwestern Atlantic Ocean. *Fisheries Research*., 110: 59-66.

Hernández, D.R., y Perrotta, R.G. (2006). Influencia de las interacciones con el factor año en los indices anuales de abundancia obtenidos por modelos lineales generales utilizando datos de Captura por Unidad de Esfuerzo. Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero, 18: 57-73.

Hilborn, R., y Mangel, M. (1997). The ecological detective: confronting models with data. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 315 pp.

Hinojosa, I., Green, B., Gardner, C. & Jeffs, A. (2015). Settlement and early survival of southern rock lobster, Jasus edwarsii, under climate–driven decline of kelp habitats. ICES Journal of Marine Science. 72 (Supplement 1), i59–i68. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu199.

Kruse, G. (1993). Biological perspectives on crab management in Alaska. En: G. Kruse, D.M. Eggers, R.J. Marasco, C. Pautzke, and T.J. Quinn, eds., Proceedings of the International Symposium on Management Strategies for Exploited Fish Populations. University of Alaska Sea Grant College Program Rep. 93-02 (Fairbanks). 355-384 pp.

Large, P.A. (1992). Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. *ICES. Journal of Marine Science*, 49: 253-261.

Lings, S., Johnson, C., Frusher, S. & Ridgway, K. (2009). Overfishing reduces resilience of kelp beds to climate–driven catastrophic phase shift. Proceedings of the National Academy of Science. 106 (52), 22341–22345. https://doi.org/10.1073/pnas.090752910 .

Maunder, M.M., y Punt, A.E. (2004). Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries Research*. 70:141-159.

McDonald, P.D.M., y Pitcher. T.J. (1979). Age groups form size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36: 987–1001.

McGarvey, R., Pennington, M. (2001). Designing and evaluating length-frequency surveys for trap fisheries with application to the southern rock lobster. Can. J. Fis. Aquat. Sci. 58:254-261.

Ortiz, M., Arocha, F. (2004). Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. *Fisheries Research,* 70: 275-297.

Otter Research Ltd. (2001). An introduction to AD Model Builder Version 5.0.0 for use in nonlinear modeling and statistics. Otter Research Ltd., Nanaimo, B.C.

Palma, A., I. Cáceres-Montenegro, R. Bennett, S. Magnolfi, L. Henríquez, J. Guerra, K. Manríquez & E. Palma 2011. Near-shore distribution of phyllo-somas of the two only lobster species (Decapoda, Achelata) present in Robinson Crusoe Island and endemic to the Juan Fernández Archipelago. Rev. Chil. Hist. Nat., 84: 379-390.

Pequeño, G., Sáez, S. (2000). Los peces litorales del Archipiélago Juan Fernández (Chile): endemismo y relaciones ictiogeográficas. *Investigaciones Marinas*., 28: 27-37.

Pinho, M.R., Gonçalves, J.M., Martins, H.R., Menezes, G.M. (2001). Some aspects of the biology of the deep-water crab, *Chaceon affinis* (Milne-Edwards and Bouvier, 1894) off the Azores. *Fisheries Research*, 51: 283-295.

Pladeco. (2009). Plan de desarrollo Comunal. Obtenido desde la página web http://www.munivalpo.cl/transparencia/archivos/plan_desarrollo_comunal/PLADECO.pdf

Pladeco. (2015). Actualizacion del plan de desarrollo comunal 2015-2020. Ilustre Municipalidad de Juan Fernández, año 2015.

Porobic, J., Fulton, E., Parada, C., Frusher, S., Ernst, B. & Manríquez, P. (2019). The impact of fishing on a highly vulnerable ecosystem, the case of Juan Fernandez Ridge ecosystem. PloS ONE. 14 (2), e0212485. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212485.

Punt, A.E., Walker, T.I, Taylor, B.L., y Pribac, F. (2000). Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. *Fisheries Research*, 45: 129-145.

R Development Core Team. (2011). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. Available online at http://www.R-project.org/.

Román, C., B: Ernst, M. Thiel, P. Manríquez, J. Chamorro, J. (2018). Spatio-temporal migratory dynamics of *Jasus frontalis* (Milne Edwards, 1837) in Alexander Selkirk Island, Juan Fernández archipelago, Chile. PloS one, 13(7), e0200146.

Rozbaczylo, N., Castilla, J. (1987). Invertebrados marinos del Archipiélago Juan Fernández. In: Castilla J.C. (ed) Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento Científico y Necesidades de Investigaciones. Ediciones Universidad Católica de Chile. 319-353 pp.

Ruarte, C., Perrota, R. (2007). Estimación de un índice de abundancia anual estandarizado para pescadilla de red (*Cynoscion guatucupa*), mediante la aplicación de un modelo lineal general. Período 1992-2003. INIDEP Informe Técnico 64.

Seber, G.A.F. (1982). The Estimation of Animal Abundance. 2nd edition. London: Griffin.

Steneck, R., Parma, A.M., Ernst, B., Wilson, J.A. (2017). Two lobster tales: lessons from the convergent evolution of TURFs in Maine (USA) and the Juan Fernández Islands (Chile). Bulletin of Marine Science, 93(1), 13-33.

Tascheri, R. (2009). Estandarización de la captura por unidad de esfuerzo de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la pesquería demersal chilena: un enfoque que considera la intencionalidad del esfuerzo (TESIS/0805M) [Tesis de magister en ciencias con mención en pesquerías, Universidad de Concepción].

Valeria-Macaya, V.J.V. (2023). Caracterización de la composición de la captura asociada a la pesquería de peces obtenida mediante el uso de espinel vertical en el Archipiélago Juan Fernández, Chile. Departamento de Oceanografía. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción (UdeC), Concepción. Chile. 48 pp.

Vernazi, J. (2004). Using R for Introductory Statistic. Chapman y Hall/CRC Press. Florida, United States of America. 414 pp.

Yáñez, E., Pizarro, L., Barbieri, M.A., Barra, O. (1985). Dinámica del stock de langosta (*Jasus frontalis* H. Milne Edwards, 1837) explotado en el archipiélago Juan Fernández (33°40'S-80°W). En: "Investigaciones Marinas en el Archipiélago Juan Fernández", P. Arana (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 251-271 pp.

A N E X O S

A N E X O I

Implementación del programa de seguimiento de las pesquerías de crustáceos de los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas

Programa de Monitoreo y caracterización de la actividad extractiva

ANEXO I. Implementación del programa de seguimiento de las pesquerías de crustáceos de los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas

A. Control de salidas por embarcación y recurso

La información reportada por la Capitanía de Puerto y los alcaldes de mar, a través del control de tráfico marítimo constituye un censo de las salidas de pesca en el archipiélago y permite estimar capturas totales en base al esfuerzo y las tasas de captura. Cabe destacar que la información reportada por los alcaldes de mar en los subsistemas AS e ID, aun no considera el reporte del recurso objetivo al cual se dirigen durante la salida de pesca. Esta información es integrada en el proceso de depuración de los datos, siendo complementada por el registro que realizan los muestreadores científicos que se encuentran en ambos subsistemas. El programa de seguimiento considera el levantamiento de información en el periodo octubre a febrero de la temporada de pesca 2023/24 en los subsistemas RC-SC y AS e ID.

A continuación, se reporta el registro del control de tráfico marítimo durante el periodo de ejecución del proyecto (septiembre 2023 a febrero 2024) para la pesquería de langosta Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 y pesquería de cangrejo dorado (Tabla 4). Este reporte incluye los meses de septiembre 2023 a febrero 2024. En RC-SC han participado 38 embarcaciones, en AS 16 embarcaciones y 3 embarcaciones solicitaron viajar al archipiélago de las Islas Desventuradas, de las cuales solo se ha alcanzado a obtener el esfuerzo en viajes de 2. Las condiciones climáticas cumplen un rol fundamental en el número total de salidas de pesca que se realizan por mes, dado el cierre del puerto.

En el caso del cangrejo dorado (Tabla 4), han operado un máximo de 6 embarcaciones en el periodo abordado en este reporte. El esfuerzo de esta pesquería está muy por debajo de lo reportado para la langosta, sin embargo, la flota puede estar activa durante todo el año. Estas embarcaciones también participan de la extracción de langosta ya sea durante la misma salida de pesca o en días distintos.

Tabla 1. Registro de control de tráfico marítimo por embarcación. Número de salidas mensuales de pesca de langosta en el subsistema RC-SC durante la ejecución del proyecto. * Para conservar la confidencialidad del registro por embarcación, solo se presenta un índice por bote. Cada índice corresponde a un bote que efectuó salidas.

Índice*	Temporada 2023/24				
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
1		4			
2	10	8	4	5	5
3	7	18	3	6	5
4	10	24	9	9	8
5	6	12	4	1	1
6	5	2	3	2	1
7	7	16	3	5	3
8					3
9	9	20	11	10	8
10	6	20	7	7	6
11	12	18	7	7	6
12			1		
13	8	6	5	5	3
14	8	20	9	10	
15	7	4	6	5	5
16				2	3
17	10	14	6	4	4
18	11	18	8	8	4
19	13	20	9	5	4
20	10	22	8	4	4
21		6	7	5	5
22	10	10	3	6	5
23	12	20	9	8	6
24	9	16	5	6	6
25	12	26	7	8	7
26					1
27	1		1		
28	11	18	11	8	6
29	15	18	8	6	2
30	12	20	11	5	6
31					1
32	10	14	8	6	3
33	11	22	9	8	7
34	6	16	6	4	2
35	11	16	7	3	
36					1
37	8	16	5	8	3
38	9	12	7	5	4
39	1				1
40	4	6		2	1
41					1
42					1
43					1
44	1	4	1	1	2
45	3	14	6	4	2
46		8			
47					1
48	8	10			
49	7	6	6	5	
50	9	12	5	5	4
51			1		
52	6	14	6	1	1
Total salidas	315	550	232	199	153
Total botes	38	39	38	37	43

Tabla 2. Registro de control de tráfico marítimo por embarcación. Número de salidas mensuales de pesca de langosta en el subsistema AS durante la ejecución del proyecto. * Para conservar la confidencialidad del registro por embarcación, solo se presenta un índice por bote. Cada índice corresponde a un bote que efectuó salidas.

Índice*	Temporada 2023/24				
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
1	3	11	6	11	9
2	1	10	7	9	7
3					1
4	2	8	6	9	7
5	2	11	6	8	10
6	2	10	5		
7	2	13	5	6	
8	4	10	7	11	7
9	3	12	9	11	9
10	4	10	8	11	8
11	2	11	6	9	4
12	1	11	8	11	10
13	4	10	6	11	6
14	1	10	8	10	8
15	2	9	7	10	10
16	2	10	7	9	8
17	3	10	7	9	8
Total salidas	38	166	108	145	112
Total botes	16	16	16	15	15

Tabla 3. Registro de control de tráfico marítimo por embarcación. Número de salidas mensuales de pesca de langosta en el subsistema ID durante la temporada 2023/24. * Para conservar la confidencialidad del registro por embarcación, solo se presenta un índice por bote. Cada índice corresponde a un bote que efectuó salidas.

Índice*	Temporada 2023/24				
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
1	8	7	10	9	8
2			11	9	9
3	11	16	13	9	8
Total salidas	19	23	34	27	26
Total botes	3	3	3	3	3

Tabla 4. Registro de control de tráfico marítimo por embarcación. Número de salidas mensuales de pesca de cangrejo dorado durante la ejecución del proyecto. * Para conservar la confidencialidad del registro por embarcación, solo se presenta un índice por bote. Cada índice corresponde a un bote que efectuó salidas.

Índice*	Año 2023				Año 2024	
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
1					1	1
2			1	2		
3					1	
4						2
5				1	2	
6					3	4
7		2			1	6
8		1		1		
9	3	2	7	9	16	9
Total salidas	3	5	8	13	24	22
Total botes	1	3	2	4	6	5

B. Programa de Monitoreo: Bitácoras de pesca

El programa de bitácoras de pesca a bordo de las embarcaciones ha contado con una menor cobertura en términos de número de embarcaciones participantes y número de salidas de pesca en el subsistema RC-SC. La cobertura en el subsistema AS ha ido en aumento, planteando continuamente el desafío de reactivar el compromiso con el que se ha contado desde hace varios años y mejorar los canales de comunicación con la comunidad. Por su parte en el caso de la ejecución del programa de monitoreo pesquero en ID, ha sido notable el compromiso de los pescadores que se desempeñan en este subsistema, quienes desde octubre de 2023 envían los registros de sus bitácoras a través de fotografías.

El registro por parte de los pescadores sobre la actividad extractiva de cangrejo dorado y especies ícticas es muy variable en el tiempo y requiere mantener impulsando el compromiso para contar con dicha información de parte de toda o por lo menos gran parte de la flota. Las especies ícticas suelen ser reportadas como carnada durante la pesquería de la langosta y se cuenta con una persona que realiza el levantamiento de información desde el muelle a la llegada de las embarcaciones. Estos datos están siendo revisados y cruzados para tener la mejor información disponible. El esfuerzo en la pesquería del cangrejo es inferior al de la langosta, tanto en número de trampas como en salidas a su captura, por lo que también el tiempo de reposo de las trampas es superior, así el muestreo biológico que se realiza permite incorporar bastante información de la pesquería. Algunos pescadores continúan entregando información sobre capturas de especies ícticas y cangrejo dorado para el DA durante todo el año.

C. Programa de Monitoreo biológico con muestreadores científicos

El programa de monitoreo biológico se desarrolla en los tres subsistemas. En RC-SC trabajan alrededor de 5 personas para alcanzar una deseable cobertura de muestreo. Durante la temporada 2023/24 se contó con un muestreador científico en el archipiélago Islas Desventuradas desde el 27 de noviembre de 2023, permitiendo alcanzar una mejor cobertura de muestreo y un reporte en detalle del esfuerzo en número de salidas de cada embarcación. En el caso del cangrejo dorado, dado el escaso número de salidas que se realizan, los muestreadores tienen contacto directo con los patrones que acceden a embarcarlos durante la jornada de pesca.

D. Caracterización cadena productiva local

Desde octubre de 2023 se implementó el seguimiento de los precios de primera venta de los recursos pesqueros de AJF e ID. El levantamiento de información se realiza cada quincena y conlleva solicitar información desde distintas fuentes (pescadores, cooperativas, intermediarios, etc.). Los datos son sistematizados en un formulario.

A N E X O II

Identificación de especies marinas consideradas fauna acompañante de las pesquerías de crustáceos y especies ETP que se distribuyen en los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas.

ANEXO II. Identificación de especies marinas consideradas fauna acompañante de las pesquerías de crustáceos y especies ETP que se distribuyen en los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas

Tabla 1. Listado actualizado de fauna acompañante de las pesquerías de crustáceos y especies ícticas identificada en los archipiélagos Juan Fernández e Islas Desventuradas registrados por muestreadores científicos (periodo 2014 – febrero 2024). *No se ha establecido la identificación hasta el nivel básico de especie.

	PECES	
ID	Nombre común	*Nombre científico*
1	Albacora/ pez espada/ swordfish	*Xiphias gladius*
2	Alfonsino	*Beryx splendens*
3	Anguila	*Gymnotorax porphyreus*
4	Atún aleta amarilla	*Thunnus albacares.*
5	Atún aleta larga/ atún blanco/ albacore/ bonito del norte/ albacora	*Thunnus alalunga*
6	Atún listado/ Skipjack tuna	*Katsuwonus pelamis*
7	Atún ojo grande/ bigeye tuna/ patudo	*Thunnus obesus*
8	Azulejo	*Prionace glauca*
9	Bacalao de Juan Fernández /salmon de roca, mero/ guata blanca	*Polyprion oxigeneios*
10	Blanquillo	*Parapersis dockinsi*
11	Breca	*Nemadactylus gayi*
12	Cabrilla	*Chironemus delfini*
13	Calantias/ pez arcoíris	*Callanthias platei*
14	Chalaco/ Cachudito/ Torito de Juan Fernández	*Scartichthys variolatus*
15	Chancharro	*Helicolenus lengerichi*
16	Cojinova del norte	*Seriolella violacea*
17	Colorado/ Salmon/ Ojudo	*Plagiogeneion* sp.
18	Congrio	*Lotella fernandeziana*
19	Corvina de JF	*Umbrina reedi*
20	Graniento	*Caprodon longimanus*
21	Jerguilla de Juan Fernández/ vieja negra	*Girella albostriata*
22	Jurel	*Trachurus murphyi*
23	Jurel – Jurelillo de Juan Fernández	*Pseudocaranx chilensis*
24	Lenguado 1	*Arnoglossus coeruleosticta*
25	Lenguado 2 (Islas Desventuradas)	*Aseraggodes bahamondei*
26	Lenguado de Juan Fernández	*Paralichthys fernandezianus*
27	Pampanito	*Scorpis chilensis*
28	Pejerrey	*Odontesthes gracilis*
29	Piloto Juan Fernández	*Hypoplectrodes semicinctum*
30	Pez Escorpión / Chascabria/ Venenoso	*Scorpaena fernandeziana / Scorpaena thomsoni*
31	Pez Luna	*Mola mola*
32	Pez Mariposa	*Pterygotrigla picta*
33	Pez payaso	*Plectranthias exsul/ Plectranthias lamillai*
34	Pez Sol	*Lampris guttatus*
35	Pez soldado	*Paratrachichthys fernandezianus*
36	Pez Volador	*Exocoetus volitans/ Fodiator acutus*

Tabla 1. Continuación

	PECES	
ID	Nombre común	*Nombre científico*
37	Punto fijo/ agujilla/ pejerrey	*Scomberesox saurus*
38	Sierra	*Thyrsites atun*
39	Tiburón Mako	*Isurus oxyrinchus*
40	Tollo/ dogfishes	*Mustelus mento/ Squalus mitsukurii*
41	Vidriola/ palometa/ yellowtail/ yellowtail kingfish/ yellowtail amberjack	*Seriola lalandi*
42	Vieja	*Malapterus reticulatus, Pseudolabrus gayi/, Suezichthys sp.*
43	Remora	*Remora remora*
	INVERTEBRADOS MARINOS	
	Nombre comun	*Nombre científico*
44	Agua mala	*Physalia physalis*
45	Cangrejo dorado	*Chaceon chilensis*
46	Caracol Blanco	*Fusitriton magellanicum*
47	Centolla	*Paramola rathbuni*
48	Cigala	*Scyllarus delfini*
49	Coral blanco	*Acanella chilensis*
50	Coral negro	*Parantipahes fernandenzii, Antipathes, Leiopathes*
51	Erizos de mar*	*Aspirodiadema microtuberculatum/ Centrostephanus silviae.*
52	Esponja	*Clase Demospongiae*
53	Estrellas de mar*	*Clase Asteroidea*
54	Jaiba remadora	*Ovalipes trumaculatus*
55	Langosta enana	*Projasus bahamondei*
56	Loco	*Concholepas concholepas fernandezianus*
57	Medusa*	*Clase Medusozoa*
58	Ofiuro	*Gorgonocephalus chilensis*
59	Pateador	*Hemisquilla ensigera*
60	Pepino de mar	*Clase Holothuroidea*
61	Picorocos	*Infraclase Cirripedia*
62	Poto de mar*	*Clase Anthozoa*
63	Pulpo	*Octopus crusoe*
64	Crustaceo 1	*Acantharctus delfini*
65	Cangrejos*	*Orden Decapoda*
66	Tulas de mar	*Holothuria platei*

Tabla 2. Listado de fauna marina de los grupos de aves, mamíferos y reptiles cuyo rango de distribución comprende las aguas cercanas a AJF e ID, incluye estado de conservación según IUCN[4] i) En Peligro Crítico (CR), ii) En Peligro (EN), iii) Vulnerable (VU) iv) Casi Amenazado (NT), v) Preocupación menor (LC), vi) Datos insuficientes (DD) y vi) Sin registros (NA) (actualización 2024).

AVES			
Nombre común	Nombre científico	Referencia	Estado de conservación IUCN
Albatros ceja negra	*Thalassarche melanophrys*	Flores et al., 2014[5]	LC
Albatros de Salvin	*Thalassarche salvini*	Flores et al., 2014 (en ID)	VU
Albatros de Bullero gris	*Thalassarche bulleri*	Aves de Chile[6]; IUCN	NT
Albatros errante	*Diomedea exulans*	IUCN	VU
Fardela Blanca de Juan Fernández	*Pterodroma externa*	Flores et al., 2014; Aves de Chile	VU
Fardela blanca de Más a Tierra	*Pterodroma defilippiana*	Flores et al., 2014; Jaramillo, 2014[7]; Aves de Chile	VU
Fardela blanca/ Pardela patirosa	*Ardenna creatopus*	Aves de Chile, IUCN	VU
Fardela negra de Juan Fernández	*Pterodroma neglecta*	Flores et al., 2014; IUCN; Aves de Chile	LC
Fardela de Mas Afuera	*Pterodroma longirostris*	Jaramillo, 2014; IUCN	VU
Fardela sombría/negra	*Ardenna grisea*	IUCN; Aves de Chile	NT
Fardela de buller	*Ardenna bulleri*	Flores et al., 2014; IUCN	VU
Gaviota cola de golondrina	*Creagrus furcatus*	Flores et al., 2014 (en ID)	LC
Gaviota oscura	*Onychoprion fuscatus*	Flores et al., 2014	LC
Gaviotín de San Félix	*Anous stolidus*	Flores et al., 2014; IUCN	LC
Golondrina de mar de vientre blanco	*Fregetta grallaria*	Flores et al., 2014; IUCN	LC
Grey noddy	*Procelsterma albivitta*	Flores et al., 2014 (en ID); IUCN	NA
Petrel de mentón blanco	*Procellaria aequinoctialis*	IUCN	VU
Petrel gigante	*Macronectes giganteus*	Flores et al., 2014	LC
Petrel gris/ Fardela gris	*Procellaria cinerea*	IUCN; Aves de Chile	NT
Petrel moteado	*Daption capense*	Flores et al., 2014, IUCN	LC
Pingüino de Humboldt	*Spheniscus humboldti*	**	VU
Piquero de patas azules	*Sula nebouxii*	Flores et al., 2014	LC
Piquero o alcatraz enmascarado	*Sula dactylatra*	Flores et al., 2014	LC
Read-tailed tropicbird	*Phaethon rubbricauda*	Flores et al., 2014 (en ID)	NA
White-tailed tropicbird	*Phaethon lepturus*	Flores et al., 2014 (en ID)	LC
MAMÍFEROS MARINOS			
Nombre común	*Nombre científico*	Referencia	Estado de conservación
Ballena Azul	*Balaenoptera musculus*	IUCN	EN
Ballena de Bryde o Rorcual de Eden	*Balaenoptera edeni*	IUCN	LC
Ballena fin/ Ballena de aleta	*Balaenoptera physalus*	Cardenas et al., 1991[8]; IUCN	VU
Ballena jorobada	*Megaptera novaeangliae*	IUCN	LC
Ballena Minke	*Balaenoptera acutorostrata*	IUCN	LC
Ballena picuda de Cuvier	*Ziphius cavirostris*	Cardenas et al., 1991; IUCN	LC
Ballena picuda de De Blainville	*Mesoplodon densirostris*	IUCN	LC
Ballena picuda de Shepherd	*Tasmacetus shepherdi*	Cardenas et al., 1991; IUCN	DD
Ballena picuda de Travers	*Mesoplodon traversii*	Cardenas et al., 1991; IUCN	DD
Ballena piloto	*Globicephala macrorhynchus*	Cardenas et al., 1991 (en AS)	LC
Ballena sei o Rorcual boreal	*Balaenoptera borealis*	Cardenas et al., 1991; IUCN	EN
Cachalote	*Physeter macrocephalus*	Cardenas et al., 1991; IUCN	VU
Cachalote enano de cabeza corta	*Kogia breviceps*	IUCN	LC
Cachalote enano dentado	*Kogia sima*	IUCN	LC
Delfín común	*Delphinus delphis*	Cardenas et al., 1991	LC

4 IUCN https://www.iucnredlist.org/species
5 Flores, M., Schlatter, R. & Huke-Gaete, R. (2014) Seabirds of Easter Island, Salas y Gómez Island and Desventuradas Islands, southeastern Pacific Ocean. Latin american journal of aquatic research, 42(4), 752-759. https://dx.doi.org/10.3856/vol42-issue4-fulltext-6
6 Aves de Chile: https://www.avesdechile.cl/
7 Jaramillo, A., Burke, P. Y Beadle, D. (2014) . Aves de Chile. Lynx edicions, Barcelona, España
8 Cardenas, J. C. ., Yáñez, J. ., Reyes, J. C. ., & Van Waerebeek, K. (1991). Nuevos registros de cetáceos para el archipiélago de Juan Fernández, Chile. Boletín Museo Nacional De Historia Natural, 42, 113–120. Recuperado a partir de https://boletinmnhn.cl/index.php/ojs/article/view/414

Tabla 2. Continuación

	MAMÍFEROS MARINOS			
	Nombre común	*Nombre científico*	Referencia	Estado de conservación
27	Ballena Azul	*Balaenoptera musculus*	IUCN	EN
28	Ballena de Bryde o Rorcual de Eden	*Balaenoptera edeni*	IUCN	LC
29	Ballena fin/ Ballena de aleta	*Balaenoptera physalus*	Cardenas et al., 1991; IUCN	VU
30	Ballena jorobada	*Megaptera novaeangliae*	IUCN	LC
31	Ballena Minke	*Balaenoptera acutorostrata*	IUCN	LC
32	Ballena picuda de Cuvier	*Ziphius cavirostris*	Cardenas et al., 1991; IUCN	LC
33	Ballena picuda de De Blainville	*Mesoplodon densirostris*	IUCN	LC
34	Ballena picuda de Shepherd	*Tasmacetus shepherdi*	Cardenas et al., 1991; IUCN	DD
35	Ballena picuda de Travers	*Mesoplodon traversii*	Cardenas et al., 1991; IUCN	DD
36	Ballena piloto	*Globicephala macrorhynchus*	Cardenas et al., 1991 (en AS)	LC
37	Ballena sei o Rorcual boreal	*Balaenoptera borealis*	Cardenas et al., 1991; IUCN	EN
38	Cachalote	*Physeter macrocephalus*	Cardenas et al., 1991; IUCN	VU
39	Cachalote enano de cabeza corta	*Kogia breviceps*	IUCN	LC
40	Cachalote enano dentado	*Kogia sima*	IUCN	LC
41	Delfín común	*Delphinus delphis*	Cardenas et al., 1991	LC
42	Delfín de riso/ Falso calderón	*Grampus griseus*	IUCN	LC
43	Delfín listado	*Stenella coeruleoalba*	Cardenas et al., 1991, IUCN	LC
44	Delfín nariz de botella	*Tursiops truncatus*	Cardenas et al., 1991, IUCN	LC
45	Falsa orca	*Pseudorca crassidens*	IUCN	NT
46	Lobo fino de Juan Fernández	*Arctocephalus philippii*	IUCN	LC
47	Orca	*Orcinus orca*	Cardenas et al., 1991; IUCN	DD
	REPTILES MARINOS			
	Nombre comun	Nombre científico	Referencia	Estado de conservación
48	Tortuga boba/ cabezona	*Caretta caretta*	IUCN	VU
49	Tortuga verde	*Chelonia mydas*	IUCN	EN
50	Tortuga laúd	*Dermochelys coriacea*	IUCN	VU
51	Tortuga carey	*Eretmochelys imbricata*	IUCN	CR

** Ocasionalmente han varado en el archipiélago Juan Fernández

Las especies identificadas para AJF e ID han sido clasificadas considerando criterios internacionales y nacionales como especies ETP (Endangered, Threatened, Protected - Especies en peligro, amenazadas y protegidas). La "fauna emblemática" es compuesta por el único mamífero marino endémico de AJF – ID, el lobo fino de Juan Fernández.

Cabe destacar además que Chile suscribe desde 1979 a la CBI (Comisión Ballenera Internacional-IWC International Whaling Commission), promoviendo la conservación de los cetáceos y la defensa de su uso no letal (desde 1982 rige la moratoria de prohibición de cacería comercial de ballenas). http://www.minrel.gov.cl/comision-ballenera-internacional-cbi/minrel/2008-09-10/172049.html*.*

Las especies protegidas por CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) se agrupan en tres apéndices de acuerdo a los principios fundamentales de cada uno de ellos. Chile está suscrito a CITES desde 1974. https://cites.org/esp/app/appendices.php*. Respecto a las especies protegidas por CITES, integradas en el apéndice II se encuentra el coral negro (*Orden Antipatharia*).*

A N E X O III

Estimadores en el muestreo biológico - pesquero

ANEXO III. Estimadores en el muestreo biológico - pesquero

1. Estratos de estudio

Las estimaciones de los indicadores biológico-pesqueros para cada especie de estudio se asocian a un dominio espacial (Subsistema) y temporal (mes). Estos pueden ser integrados para obtener valores totales y promedios según se requiera.

2. Índices

i Viaje
j Lance (trampa o espinel)
h Dominio (subsistema – mes)
s Sexo
l Longitud

3. Indicadores

N	Número de viajes
n	Número de viajes muestreados
y	Captura (en número o peso) en la muestra
$\hat{\bar{y}}$	Estimador de la captura promedio en la muestra
$\hat{Y}$	Estimador de la captura en número o peso
m	Número de lances en la muestra
n^*	Número de ejemplares en la muestra
$\widehat{p_l}$	Estimador de la proporción a la talla en la captura
$\widehat{p_s}$	Estimador de la proporción sexual en la captura
$\hat{\bar{l}}$	Estimador de la longitud promedio en la captura
$\hat{E}$	Estimador del esfuerzo de pesca
$\widehat{CPUE}$	Estimador de rendimiento de pesca
$\hat{\bar{E}}$	Estimador del esfuerzo promedio

A. Esfuerzo de pesca

El esfuerzo se cuantifica en función del número total de viajes o del número de lances (trampas/espineles) realizados. El número de viajes es información censal que proviene del monitoreo de la flota en cada subsistema. El diseño de muestreo para estimar el esfuerzo en lances por subsistema y mes corresponde a un diseño de muestreo estratificado aleatorio simple de viajes. El estimador del número total de lances se representa a través de la siguiente ecuación:

$$\hat{E}_h = N_h \, \hat{\bar{E}}_h$$

$$\hat{\bar{E}}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} E_{hi}}{n_h}$$

La varianza del estimador queda expresada a través de:

$$\hat{V}\left(\hat{E}_h\right) = {N_h}^2\, \hat{V}\left(\hat{\bar{E}}_h\right)$$

$$\hat{V}\left(\hat{\bar{E}}_h\right) = \left(1 - \frac{n_h}{N_h}\right) \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (E_{hi} - \hat{\bar{E}}_h)^2}{n_h(n_h - 1)}$$

B. Captura

El diseño de muestreo para estimar la captura en número por subsistema y mes corresponde a un diseño de muestreo estratificado aleatorio simple de viajes.

$$\hat{Y}_h = N_h\, \widehat{\bar{y}_h}$$

$$\widehat{\bar{y}_h} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}}{n_h}$$

La varianza del estimador queda expresada a través de:

$$\hat{V}\left(\hat{Y}_h\right) = {N_h}^2\, \hat{V}\left(\hat{\bar{y}}_h\right)$$

$$\hat{V}\left(\hat{\bar{y}}_h\right) = \left(1 - \frac{n_h}{N_h}\right) \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (y_{hi} - \hat{\bar{y}}_h)^2}{n_h(n_h - 1)}$$

Para expresar captura total en unidades de biomasa usamos el siguiente estimador:

$$\hat{C} = \sum \hat{Y}_h\, \widehat{\bar{w}_h}$$

$$\hat{V}(\hat{C}) = \sum \hat{V}\left(\hat{Y}_h\, \widehat{\bar{w}_h}\right)$$

Donde $\widehat{\bar{w}_h}$ es el peso promedio estimado de los ejemplares de la captura retenida. La varianza de la captura total retenida en peso se aproxima mediante el método Delta (Seber 1982) a través de la siguiente ecuación:

$$\hat{V}\left(\hat{C}\right) = \sum \hat{V}\left(\hat{Y}_h\right) \widehat{\bar{w}_h^2} + \hat{Y}_h^{\,2}\, \hat{V}\left(\widehat{\bar{w}_h}\right)$$

C. Rendimiento de pesca

El diseño de muestreo correspondió a un muestreo estratificado aleatorio simple de viajes, donde el dominio de estudio representó el subsistema y el mes. Se utilizó un estimador de razón entre las variables captura y esfuerzo obtenidas a través del programa de monitoreo de bitácoras de pesca, dado por la siguiente expresión:

$$\widehat{CPUE}_h = \frac{\sum_i^{n_h} y_{hi}}{\sum_i^{n_h} E_{hi}}$$

El estimar de varianza del rendimiento de pesca queda expresado como:

$$\hat{V}\left(\widehat{CPUE}_h\right) = \left(1 - \frac{n_h}{N_h}\right) \frac{1}{\widehat{\bar{E}_h^2}} \ \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (y_{hi} - \widehat{CPUE}_h \, E_{hi})^2}{n_h(n_h - 1)}$$

Donde:

$$\widehat{\bar{E}_h} = \frac{\sum_i^{n_h} E_{hi}}{n_h}$$

D. Composición de tallas en la captura

El diseño de muestreo para estimar la estructura de tallas de las capturas (proporciones a la talla) correspondió a un muestreo estratificado aleatorio multi-etápico, donde la unidad de la primera etapa corresponde al viaje de pesca y la de segunda al lance de pesca (trampa o espinel). El dominio de estudio representa al subsistema y el mes.

$$\hat{p}_{hl} = \sum_i^{n_h} \frac{y_{hi}}{\sum_i^{n_h} y_{hi}} \sum_j^{m_{hi}} \frac{y_{hij}}{\sum_j^{m_{hi}} y_{hij}} \left[\frac{n^*_{hijl}}{n^*_{hij}}\right]$$

Su varianza queda expresada por:

$$\widehat{\mathrm{V}}(\hat{p}_{hl}) = \left[1 - \frac{n_h}{N_h}\right] \frac{1}{n_h} \sum_i^{n_h} \left[\frac{Y_{hi}^2}{Y_h^2} \ \frac{[\hat{p}_{hil} - \hat{p}_{hl}]^2}{n-1} \ \right] +$$

$$\frac{1}{n_h N} \sum_i^{n_h} \left[\frac{Y_{hi}^2}{\bar{Y}_h^2} \left[1 - \frac{m_{hi}}{M_{hi}}\right] \frac{1}{m_{hi}} \sum_j^{m_{hi}} \frac{y_{hij}^2}{\bar{y}_{hi}^2} \frac{[\hat{p}_{hijl} - \hat{p}_{hil}]^2}{m_{hi}-1}\right] +$$

$$\frac{1}{n_h N_h} \sum_i^{n} \left[\frac{Y_{hi}}{\bar{Y}_h^2} \frac{1}{m_{hi}} \sum_j^{m_{hi}} \frac{y_{hij}^2}{\bar{y}_{hi}^2} \left[1 - \frac{n^*_{hij}}{N^*_{hij}}\right] \frac{\hat{p}_{hijl}\left[1 - \hat{p}_{hijl}\right]^2}{n_{hij} - 1}\right]$$

E. Talla media en la captura

Para estimar la talla media de los ejemplares en la captura se utiliza una estimación de la esperanza de la longitud, utilizando la estructura de talla obtenida en el diseño multi-etápico:

$$E(l) = \widehat{\bar{l}_h} = \sum_k^K l_{hk} \, \hat{p}_{hk}$$

Su varianza se estima a través de:

$$\mathrm{V}\left(\widehat{\bar{l}_h}\right) = \sum_{k}^{K} l_{hk}^2 \hat{V}(\hat{p}_{hk})$$

F. Proporción sexual de la captura

$$\hat{p}_{hs} = \sum_{i}^{n_h} \frac{y_{hi}}{\sum_i^{n_h} y_{hi}} \sum_{j}^{m_{hi}} \frac{y_{hij}}{\sum_j^{m_{hi}} y_{hij}} \left[\frac{n^*_{hijs}}{n^*_{hij}}\right]$$

La varianza se calcula en forma equivalente a la varianza de la proporción a la talla, pero en este caso hay solo 2 categorías.

G. Estimador de la proporción de lances con presencia de una especie como fauna acompañante

Para cuantificar la fauna acompañante asociada a las pesquerías con trampas y espineles verticales se utilizó un muestreo aleatorio simple de los lances, considerando un dominio espacio-temporal de subsistema y mes. La proporción de lances con presencia de la especie "e" como fauna acompañante es:

$$\hat{p}_{he} = \frac{m_{he}}{m_h}$$

Donde m_{he} corresponde al número de lances con la especie "e" de fauna acompañante y m_h al número de lances totales observados en "h".

Su varianza se estima a través del siguiente estimador:

$$\hat{V}(\hat{p}_{he}) = \left[1 - \frac{m_h}{M_h}\right] \frac{\hat{p}_{he}\,(1 - \hat{p}_{he})}{m_h - 1}$$

El número total de lances en el estrato "h" es estimado del número promedio de lances por viaje y el número de viajes, magnitud que es censal.

A N E X O IV

PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

ANEXO IV. Personal participante por actividad

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Actividad 1 **Coordinación administrativa y logística**																
1.1 Firma de Contrato y desarrollo de actividades administrativas	5			5												
1.2 Reuniones de Coordinación de Inicio del Proyecto	5	5	20	10	5	5										
1.3 Taller de difusión de resultados	5			5												
Actividad 2 **Ejecución Programa de monitoreo pesquero**																
2.1 Reuniones de coordinación con patrones de las pesquerías objetivo			20													
2.2 Transcripción formulario DA y entrega Sernapesca														550		
2.3 Digitación bitácoras pescadores															200	
2.4 Depuracion bases de datos			50	100												
Actividad 3 **Ejecución Programa de monitoreo con muestreador científico**																
3.1 Actividades de inducción y coordinación			500													
3.2 Toma de datos - Pesquería de cangrejo dorado								40	40	40						
3.3 Toma de datos - Pesquería de langosta							200	350	200	200	250	150	150			
3.4 Toma de datos - Pesquerías de peces							65	64	32	32	100	32	32			
3.5 Digitación base de datos muestreo biológico					100										500	
3.6 Depuracion bases de datos			150	55												
3.7 Muestreo talla-peso langosta en viveros																50
3.8 Coordinación muestreo de oportunidad talla-peso cangrejo dorado			50													
3.9 Control de salidas muestreadores			50													
Actividad 4 **Control de tráfico marítimo**																
4.1 Obtención base de datos de control de tráfico marítimo por subsistema			10				5				5					
4.2 Depuración de información					25											
Actividad 5 **Gestión y asesoría**																
5.1 Permiso de traslado muestreador científico a ID (temporada 2019/20)																
5.2 Solicitud de uso de casa de investigadores (AS) Conaf			5													
5.3 Reunión con muestreadores científicos sobre actividades realizadas			20	5												
5.4 Reunión con pescadores			100													
5.5 Reunión de trabajo con IFOP y SUBPESCA	5			10												
5.6 Coordinación y participación en reunión del comité de manejo.	5		15	10												
5.7 Apoyo técnico a Subpesca en temas relacionados con las pesquerías objetivo	10		5	10												
5.8 Apoyo logístico a Subpesca en temas relacionados el comité de manejo				10	5											
5.9 Plan Comunicacional															100	
Actividad 6 **OBJETIVO 1**																
6.1 Estimación de CPUE nominal para cangrejo dorado	5			20	20											
6.2 Estimación de CPUE nominal para langosta de Juan Fernández	5			20	20											
6.3 Estandarización de CPUE para langosta de Juan Fernández	5															
6.4 Estimación de esfuerzo total para cangrejo dorado, langosta y peces	5			20	20											
6.5 Estimación de captura total para cangrejo dorado, langosta y peces	5			15	20											
6.6 Estimación de CPUE para cangrejo dorado, langosta y peces	5			15	20											
6.7 Análisis del comportamiento de indicadores pesqueros de cangrejo dorado				10												
6.8 Análisis del comportamiento de indicadores pesqueros de langosta				10												
6.9 Análisis del comportamiento de indicadores pesqueros de peces	5															
6.10 Obtención de características técnicas de las embarcaciones - Capitania de Puerto			5													
6.11 Encuestas a los patrones de las embarcaciones			80													
6.12 Recolección rutinaria precios de primera venta de las especies objetivo																10
6.12 Contrastación estimación de desembarques versus datos oficiales de Sernapesca	10			10	10											
Actividad 7 **OBJETIVO 2**																
7.1 Análisis de datos del muestreo biológico de cangrejo dorado	10			15	15											
7.2 Análisis de datos del muestreo biológico de langosta de Juan Fernández	10			15	15											
7.3 Análisis de datos del muestreo talla-peso de crustáceos desembarcados	10			5	5											
7.4 Análisis de datos del muestreo biológico de peces de Juan Fernández				10												
Actividad 8 **OBJETIVO 3**																
8.1 Recopilación de información de terreno sobre fauna acompañante			20				10	30	20	20	20	10	10			
8.2 Mejoramiento Guía de identificación de especies			5	20												
8.3 Caracterización de la fauna acompañante de las especies objetivo				20	30											
8.4 Análisis de frecuencia de aparición de fauna acompañante por pesquería				20												
Actividad 9 **OBJETIVO 4**																
9.1 Recopilación de información de terreno							10	30	20	20	20	10	10			
9.2 Estimación y análisis de captura incidental por pesquería objetivo	5			50												
Actividad 10 **Contra Oferta**																
10.1 Revisión de anclaje			20													
10.2 Monitoreo Biogeoquímico	10		10													
10.4 Análisis de datos						100										
INFORMES																
Informe de Avance	50	10	10	200	50	25										
Pre Informe Final	50	150		200	50	70										
Informe Final	30	10	10	30	10	5										
Total Horas	**255**	**175**	**1155**	**925**	**420**	**205**	**290**	**514**	**312**	**312**	**395**	**202**	**202**	**550**	**800**	**60**

1. B. Ernst/ 2. C. Parada/ 3. J. Chamorro / 4. J. Pino / 5. B. Tapia / 6. C. Amaya

7. V. Donoso/ 8. A. Contreras/ 9. P. Tobar/ 10. J. Chamorro/ 11. J. López/ 12. G. Calderon/13. J. González/14. G. Recabarren/ 15. J.Santander/ 16. G. Gonzalez

PRESENTACIÓN DE AUTORES POR FUNCIÓN EN EL PROYECTO

Profesionales		
Nombre	**Título Académico**	**Descripción**
Billy Ernst	PhD. in Fisheries	Jefe de Proyecto, coordinación general, análisis de datos, modelación y redacción de informes. Participación Talleres.
Carolina Parada	PhD en Oceanografía	Análisis de variables ambientales y redacción de informes.
Julio Chamorro	Doctorado en Gestión de Empresa (c)	Coordinación en terreno del proyecto en el archipiélago Juan Fernández. Coordinación general entre el continente y las islas, logística y otros. Muestreos biológicos y monitoreo pesquero para la pesquería de langosta y cangrejo dorado en las islas Alejandro Selkirk y Robinson/Santa Clara. Participación Talleres.
Josefa Pino Aguilera	Bióloga Marina	Coordinación general entre el continente y las islas, logística y otros. Digitación de datos, manejo y depuración de bases de datos. Análisis, interpretación y discusión de resultados, redacción de informes.
Braulio Tapia	M.Sc. Pesquerías	Actividades de terreno, análisis de datos y apoyo logístico.
Constanza Amaya	Geofísica	Análisis de series de tiempo de datos *in situ*. Protocolos de implementación de equipos.

Técnicos		
Nombre	Título /Labor	Descripción
Gricel Recabarren	Digitadora	Digitación de datos del monitoreo biológico y pesquero. Transcripción de DA.
Alessandra Contreras	Muestreadora Científica	Muestreo biológico y monitoreo pesquero para las pesquerías de langosta, peces y cangrejo dorado en el subsistema RC-SC.
José López Contreras	Muestreador Científico	Muestreo biológico y monitoreo pesquero para la pesquería de langosta en AS y cangrejo dorado en RC-SC.
Gary Calderon	Muestreador Científico	Muestreo biológico y monitoreo pesquero para las pesquerías de langosta, peces y cangrejo dorado en el subsistema RC-SC.
José Gonzalez Ewert	Muestreador Científico	Muestreo biológico y monitoreo pesquero para las pesquerías de langosta, peces y cangrejo dorado en el subsistema RC-SC.
Vicente Donoso	Muestreador Científico	Muestreo biológico y monitoreo pesquero para las pesquerías de langosta y cangrejo dorado en el subsistema ID.
Juan Chamorro	Muestreador Científico	Muestreo biológico y monitoreo pesquero para las pesquerías de langosta y cangrejo dorado en el subsistema RC-SC.
Pedro Tobar	Muestreador Científico	Muestreo biológico y monitoreo pesquero para las pesquerías de langosta y cangrejo dorado en el subsistema RC-SC.
Gabriela González	Levantamiento de información	Obtención de datos de rendimientos por salida de pesca.
Jhoseline Santander	Digitación de datos	Digitación de datos del monitoreo biológico y pesquero

A N E X O V

Acta reunión de coordinación inicial.

ANEXO V. Acta reunión de coordinación inicial.

Proyecto FIPA 2023-22 "Monitoreo biológico pesquero de las pesquerías y del ecosistema asociado al archipiélago de Juan Fernández, tercera etapa"		
Acta de reunión de trabajo No: 01	Fecha: 30 de agosto de 2023	Modalidad: Virtual

Asistentes de forma remota:

- Malu Zavando (FIPA)
- Billy Ernst (Jefe de Proyecto FIPA 2023-22)
- Guisella Muñoz (SSPA)
- Marcos Troncoso (SSPA)
- Josefa Pino (Equipo Monitoreo JF)

Objetivo: Coordinación inicio de proyecto

Desarrollo de la reunión:

1. Contexto general

Siendo las 10:00 am se inicia la reunión a través de la plataforma Teams. Se presenta Marcos Troncoso, coordinador de la unidad de crustáceos de la SSPA a la reunión.

Malu da la bienvenida y el contexto inicial de la ejecución de la tercera etapa del monitoreo por parte de la Universidad de Concepción. El proyecto tiene como fecha de inicio el 18 de agosto de 2023.

Hace hincapié en el cumplimiento de los plazos previstos para informes e indica la posibilidad de avisar a tiempo en caso de retrasos para solicitar la prórroga con antelación.

Comenta las fechas de entrega de informe:

- Informe de avance: 20 de noviembre 2023
- Informe pre final: 18 de abril 2024
- Informe final: 18 de junio 2024

Las fechas se pueden modificar si se avisa con anticipación y se acuerda con SSPA de acuerdo a los requerimientos de información.

2. Revisión de Carta Gantt:

Se plantea la revisión de la coherencia de la carta Gantt propuesta respecto al inicio del proyecto de acuerdo a los plazos administrativos en que se ejecutará la tercera fase del monitoreo.

La ejecución de la tercera fase del monitoreo considera 6 meses de cobertura y levantamiento de información en terreno. La carta Gantt propuesta consideraba el inicio de proyecto en el mes de julio, abarcando 3 meses con dedicación exclusiva a la obtención en terreno de la información precisada para las especies ícticas objetivo, a saber, vidriola, breca de Juan Fernández y bacalao de Juan Fernández. En este sentido, el levantamiento de datos comenzará el 01 de septiembre y se extenderá hasta el 28 de febrero de 2024. Esta modificación también implica cambios presupuestarios pues se cubrirán más salidas de pesca de langosta (dos meses más) que tienen un costo mayor que las salidas de peces.

Se comenta la posibilidad de no realización del monitoreo bilógico en Islas Desventuradas según lo previsto, pues a la fecha aún no existe claridad si hay interés de parte del grupo de pescadores de solicitar autorización para viajar. Al respecto, Marcos pregunta si se reemplazaría con otra actividad. Billy responde lo complejo logísticamente que es el desfase entre la ida de los pescadores y la llegada del investigador y hacer que esto calce con las fechas comprometidas en el proyecto, agrega que evaluará el presupuesto del proyecto dados estos cambios para revisar posibilidades

El jefe de proyecto comenta que en esta ocasión no fue posible ampliar el monitoreo y cubrir meses que no estaban contemplados para mantener la continuidad de los datos, pues durante el desarrollo de la segunda fase esto significó un costo económico importante.

Sobre el funcionamiento del proyecto para las especies ícticas objetivo, Billy explica la configuración histórica de la pesquería de peces resaltando que desde 2015 aproximadamente han estado ingresando cohortes sucesivas de bacalao de Juan Fernández (o guata blanca) y que con los años la extracción de peces ha ido tomando relevancia en la comunidad pesquera, llegando a la fecha a operar entre 8 a 10 embarcaciones durante el invierno (veda de langosta), dedicadas solo a la captura de peces. Así mismo indica que a partir del monitoreo se ha observado la disminución en el reclutamiento de langosta y el incremento en la captura de pulpo. Esto último inicialmente se presentó como problema dado que venía en las trampas de langostas, sin embargo se ha ido transformando y conformando otra actividad extractiva. En ese sentido y considerando la transformación de la actividad, desde el monitoreo se ha incorporado el levantamiento de información sobre pulpo a partir de las salidas de peces y/o crustáceos, consiguiendo datos de estructura de tallas de los individuos capturados.

Marcos comenta la importancia de sostener el levantamiento de información de los cambios operacionales de la flota y lo significativo de contar con algo de información sobre pulpo.

Comenta Guisella la importancia que ha tomado y el interés que tiene la comunidad sobre la captura de pulpo en Juan Fernández y la eventual gestión de su formalización como pesquería, además de ver la forma de incorporarlo al monitoreo. Indica que se está trabajando con la unidad de recursos bentónicos, más los antecedentes que se han ido reuniendo, para evaluar esta eventualidad.

Billy solicita a Guisella una reunión para revisar los proyectos de seguimiento y la continuidad de los programas de monitoreo.

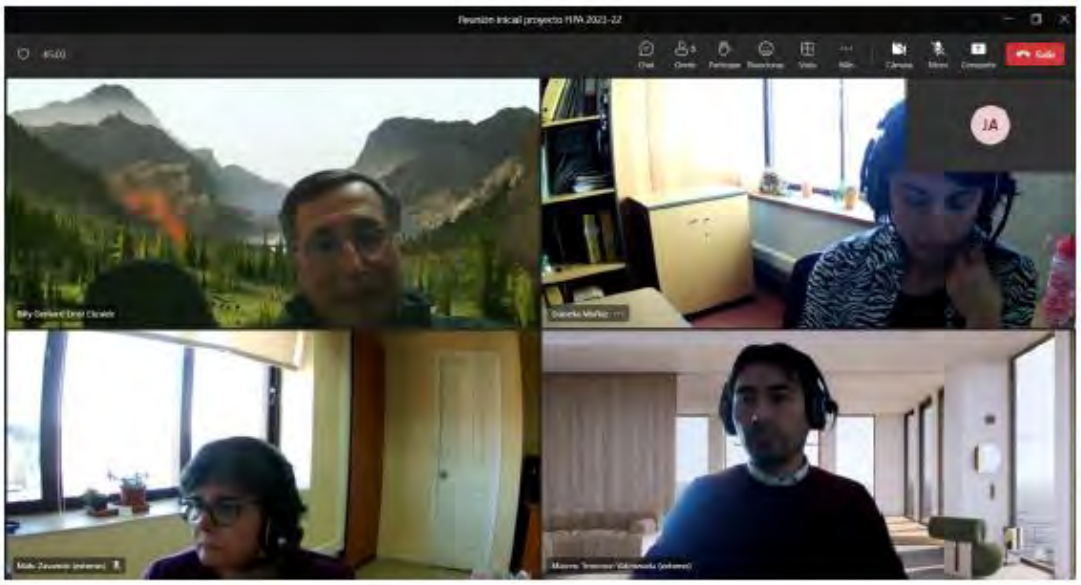
Malú sugiere ordenarse respecto a los plazos para evitar multas, señala por ejemplo pensar en un plazo extra para la entrega del informe de avance según como se desarrolle el proyecto. Todas las partes acuerdan estar en comunicación y decidir de aquí al 20 de octubre si se requiere prorrogar la entrega del informe de avance, considerando los datos que se puedan obtener y los requerimientos de SSPA.

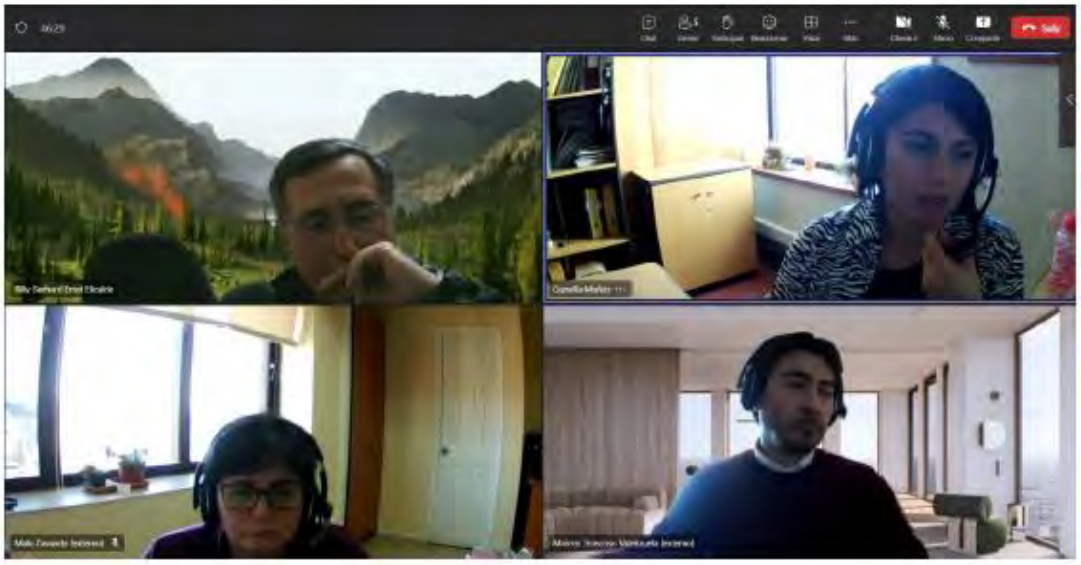
Acuerdos/Acciones:

- Enviar acta de reunión.
- Revisión de presupuesto según cambio en las actividades.
- Acuerda reunión entre jefe de proyecto y Guisella.

- Se acuerda evaluar el 20 de octubre la solicitud de extensión de plazo para entrega de informe de avance y la información que se incluiría.
- Se incluye carta Gantt modificada.

Registros de la reunión





Carta Gantt modificada

Actividades	Resultado esperado asociado	Mes									
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Actividad 1 **Coordinación administrativa y logística**											
1.1 Firma de Contrato y desarrollo de actividades administrativas	Firma del contrato	x									
1.2 Reuniones de Coordinación de Inicio del Proyecto	Presentación del plan de trabajo, metodologías y procedimientos	x									
1.3 Taller de difusión de resultados	Difusión de resultados									x	
Actividad 2 **Ejecución Programa de monitoreo pesquero**											
2.1 Reuniones de coordinación con patrones de las pesquerías objetivo	Coordinación con pescadores y difusión del proyecto y resultados	x				x				x	
2.2 Transcripción formulario DA y entrega Sernapesca	Transcripción actualizada de la Declaración artesanal	x	x	x	x	x	x				
2.3 Digitación bitácoras pescadores	Digitación de información entregada por los pescadores	x	x	x	x	x	x				
2.4 Depuracion bases de datos	Revisión de datos e incorporación de zonas de pesca	x	x	x	x	x	x				
Actividad 3 **Ejecución Programa de monitoreo con muestreador científico**											
3.1 Actividades de inducción y coordinación	Revisión de protocolos y coordinación en terreno	x	x	x	x	x	x				
3.2 Toma de datos - Pesquería de cangrejo dorado	Obtención de datos	x	x	x	x	x	x				
3.3 Toma de datos - Pesquería de langosta	Obtención de datos		x	x	x	x	x				
3.4 Toma de datos - Peces	Obtención de datos	x	x	x	x	x	x				
3.5 Digitación base de datos muestreo biológico	Traspaso a base de datos digital	x	x	x	x	x	x				
3.6 Depuracion bases de datos	Revisión de datos e incorporación de zonas de pesca	x	x	x	x	x	x				
3.7 Muestreo talla-peso langosta en viveros	Obtención de datos			x	x	x	x				
3.8 Coordinación muestreo de oportunidad talla-peso cangrejo dorado	Obtención de datos	x	x	x	x	x	x				
3.9 Control de salidas muestreadores	Control actualizado y coordinado de las actividades de los muestreadores científicos	x	x	x	x	x	x				
Actividad 4 **Control de tráfico marítimo**											
4.1 Obtención base de datos de control de tráfico marítimo por subsistema	Número de salidas censal	x	x	x	x	x	x				
4.2 Depuración de información	Consolidación base de datos	x	x	x	x	x	x				
Actividad 5 **Gestión y asesoría**											
5.1 Permiso de traslado muestreador científico a ID (temporada 2022/23) - Sept 2022		x		x							
5.2 Solicitud de uso de casa de investigadores (AS) Conaf (Septiembre 2022)		x		x							
5.3 Reunión con muestreadores científicos sobre actividades		x		x							
5.4 Reunión con pescadores		x		x							
5.5 Reunión de trabajo con SUBPESCA		x	x	x							
5.6 Coordinación y participación en reunión del comité de manejo.		x	x	x	x	x					
5.7 Apoyo técnico a Subpesca en temas relacionados con las pesquerías objetivo		x	x	x	x	x	x				
5.8 Apoyo logístico a Subpesca en temas relacionados el comité de manejo		x		x							
5.9 Plan Comunicacional		x	x	x	x	x	x	x			

Actividades		Resultado esperado asociado	Mes									
			Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Actividad 6	**OBJETIVO 1**											
6.1	Estimación de CPUE nominal para cangrejo dorado	Captura por unidad de esfuerzo nominal				x	x	x	x			
6.2	Estimación de CPUE nominal para langosta de Juan Fernández	Captura por unidad de esfuerzo nominal por subsistema				x	x	x	x			
6.3	Estandarización de CPUE para langosta de Juan Fernández	Captura por unidad de esfuerzo estandarizada				x	x	x	x			
6.4	Estimación de esfuerzo total para cangrejo dorado, langosta y peces	Esfuerzo de pesca dirigido a la captura de langosta y cangrejo dorado.				x	x	x	x			
6.5	Estimación de captura total para cangrejo dorado, langosta y peces	Estimación de capturas				x	x	x	x			
6.6	Estimación de CPUE para cangrejo dorado, langosta y peces	Captura por unidad de esfuerzo por pesquería				x	x	x	x			
6.7	Análisis del comportamiento de indicadores pesqueros de cangrejo dorado	Resultados esperados asociados				x	x	x	x			
6.8	Análisis del comportamiento de indicadores pesqueros de langosta	Resultados esperados asociados				x	x	x	x			
6.9	Análisis del comportamiento de indicadores pesqueros de peces	Resultados esperados asociados				x	x	x	x			
6.10	Obtención de características técnicas de las embarcaciones - Capitania de Puerto	Caracterización de las unidades extractivas	x									
6.11	Encuestas a los patrones de las embarcaciones	Caracterización de la operación de pesca y unidades extractivas		x	x							
6.12	Recolección rutinaria precios de primera venta de las especies objetivo	Precios de primera venta	x	x	x	x	x	x				
6.13	Contrastación estimación de desembarques versus datos oficiales de Sernapesca	Registro de desembarques actualizado							x			
Actividad 7	**OBJETIVO 2**											
7.1	Análisis de datos del muestreo biológico de cangrejo dorado	Composición de tallas por sexo y proporció sexual en las capturas y desembarques					x	x	x			
7.2	Análisis de datos del muestreo biológico de langosta de Juan Fernández	Composición de tallas por sexo, talla media y proporción sexual en las capturas y desembarques, función de portaciín y función de madurez secual					x	x	x			
7.3	Análisis de datos del muestreo talla-peso de crustáceos desembarcados	Resultados esperados asociados					x	x	x			
7.4	Análisis de datos del muestreo biológico de peces de Juan Fernández	Talla media de la captura y estructura de tallas					x	x	x			
Actividad 8	**OBJETIVO 3**											
8.1	Recopilación de información de terreno sobre fauna acompañante	Obtención de datos.	x	x	x	x	x	x				
8.2	Mejoramiento Guía de identificación de especies	Actualización guía de terreno	x	x	x	x	x	x				
8.3	Caracterización de la fauna acompañante de las especies objetivo	Listado de las especies que constituyen la fauna acompañante						x	x			
8.4	Análisis de frecuencia de aparición de fauna acompañante en ambas pesquerías	Determinación de la importancia relativa de las especies fauna acompañante						x	x			
Actividad 9	**OBJETIVO 4**											
9.1	Recopilación de información de terreno	Obtención de datos	x	x	x	x	x	x				
9.2	Estimación y análisis de captura incidental por pesquería objetivo	Listado de especies que conforman la captura incidental					x	x	x			
Actividad 10	**Contra oferta**											
10.1	Revisión de anclaje	Obtención de datos		x		x		x				
10.2	Monitoreo Biogeoquímico	Obtención de datos	x	x	x	x	x	x				
10.3	Análisis de datos	Continuidad análisis ambientales					x	x	x			
	INFORMES											
	Informe de Avance	Archivo electrónico con avances por objetivo y acta de reunión inicial				x						
	Pre Informe Final	Base de datos, informe por objetivo, documento anexo "personal participante por								x		
	Informe Final	Entrega informe final con observaciones realizadas en el pre informe, base de datos, medios de verificación, material audiovisual y/o fotográfico, anexo participantes										x

A N E X O VI

Apoyo técnico y participación en reuniones.

ANEXO VI. Apoyo técnico y participación en reuniones.

Participación en Comité de Manejo
Pesquerías artesanales del Archipiélago de Juan Fernández e Islas Desventuradas
Fecha: 25 de agosto de 2024
Modalidad: Presencial. Auditorio CONAF, isla Robinson Crusoe
3era sesión año 2024

En agenda del comité se consideró la presentación "Monitoreo Biológico de las Pesquerías, distribución espacial de la fauna acompañante y estimación del estatus de langosta" (Universidad de Concepción).
El profesor Billy Ernst, de la Universidad de Concepción, presentó los antecedentes del monitoreo biológico de las pesquerías artesanales de Juan Fernández, abordando tres temas principales:

1. Seguimiento biológico de las pesquerías artesanales de Juan Fernández, donde se destacó el desempeño de los indicadores de la pesquería de langosta.
2. Fauna acompañante asociada a la pesquería de langosta, con un enfoque dirigido presencia de erizo en las capturas.
3. Modelos de evaluación de stock para establecer el estatus de la pesquería de langosta (Proyecto FIPA 2021-15).

Durante la presentación, se generó un espacio de diálogo donde se realizaron consultas y observaciones, descritas a continuación:
Manuel Chamorro destacó la importancia de los indicadores de rendimiento pesquero, tanto de langostas retenidas como no retenidas en los subsistemas RC-SC y AS. Señaló que en algunas ocasiones los bajos rendimientos no necesariamente indican una escasez de langostas, sino que podrían deberse otros factores, que impiden el ingreso de las langostas a las trampas, por ejemplo, menciona cuando se captura erizo no entran langostas a las trampas.

Billy Ernst respondió que los indicadores presentados muestran una tendencia constante de disminución en los rendimientos de pesca en los subsistemas de RC-SC y AS durante varios años. Indicó que, aunque la capturabilidad de las trampas podría variar, la tendencia observada en los indicadores es clara. Las causas de esta tendencia aún no han sido determinadas, puede ser por factores naturales o la presión de pesca.

Manuel Chamorro también mencionó que el monitoreo en las Islas Desventuradas no cubre toda la temporada, ya que generalmente se realiza durante tres meses. A pesar de que los resultados actuales indican que el recurso estaría en buen estado, es necesario considerar la falta de un monitoreo completo.

Billy Ernst explicó que, debido a diversas razones, no ha sido posible monitorear toda la temporada en Islas Desventuradas. Entre los desafíos se encuentran la dificultad para encontrar monitores

adecuados y en ocasiones el inicio desfasado de algunos proyectos tampoco juega a favor. Aun así, afirmó que se busca lograr la mejor cobertura posible en ID.

Manuel Chamorro agregó que es crucial contar con el apoyo del equipo de monitoreo para disponer de materiales que permitan conservar muestras de especies, incluyendo aquellas con características específicas de interés para estudios más profundos. Resaltó el interés de varios pescadores en contribuir a la investigación de especies presentes en las islas, tanto marinas como aves.

Billy Ernst señaló que el proyecto de monitoreo biológico de las pesquerías podría apoyar con elementos para complementar el trabajo del monitoreo biológico de las pesquerías. Sin embargo, aclaró que el monitoreo de otras especies, como las aves, está fuera del alcance del proyecto.

Manuel Chamorro mencionó la aparición de langostas albinas y el hallazgo de muchas langostas muertas en la última temporada, sugiriendo la importancia de tomar muestras para investigar las causas.

Ambrosio Araya coincidió con Manuel, señalando que en ID se ha observado un problema con langostas muertas en las trampas, sin conocerse las causas. Recordó que situaciones similares se observaron en 1986 y que parecen repetirse cada 10 años.

Gonzalo Gómez consultó sobre la posibilidad de utilizar sensores oceanográficos para analizar la relación entre estos fenómenos y el ambiente. Billy Ernst mencionó que ya se cuenta con una boya oceanográfica en Robinson, aunque destacó que su instalación requiere condiciones específicas y que son costosas.

Guillermo González sugirió la implementación de termistores, como se hizo anteriormente en las trampas. En este sentido Billy Ernst indicó que los resultados que se obtengan del uso de termistores dependen de a que profundidad calen las trampas y por lo tanto no es tan práctico para obtener información de los cambios de las condiciones oceanográficas.

Billy Ernst también presentó información sobre la fauna acompañante en las trampas de langosta, subrayando el incremento de la presencia de erizo en los subsistemas RC-SC y AS desde el año 2017, especialmente en RC-SC. Indicó que los erizos capturados corresponden a *Centrostephanus sylviae*, aunque se proyecta realizar una identificación más precisa en colaboración con David Véliz, quien ha trabajado en estudios genéticos de esta especie y eventualmente podría identificarse que hay otras especies involucradas en las capturas.

Marcelo Mieres añadió que existen al menos dos especies más de erizos, como el erizo negro del continente, aunque aparecen en menor cantidad.

Billy Ernst indico que, si bien se han identificado otras especies, el más abundante es el erizo *Centrostephanus sylviae* que de acuerdo a la información de la fauna acompañante se distribuye de manera abundante entre 0 y 100 metros de profundidad.

En este contexto, Manuel Chamorro plantea que en función de estos antecedentes la extracción mediante buceo solo cubriría una pequeña parte de la población. Si se considera avanzar hacia una actividad extractiva, sería necesario implementar sistemas que permitan la captura a mayores profundidades, como el uso de trampas que es característico de los pescadores de Juan Fernández.

Billy Ernst menciona que eso es efectivo y que si se quiere realizar una actividad extractiva sobre toda la población deben considerarse métodos que permitan extraerlo de mayores profundidades de lo que se cubriría mediante buceo.

Registros fotográficos:

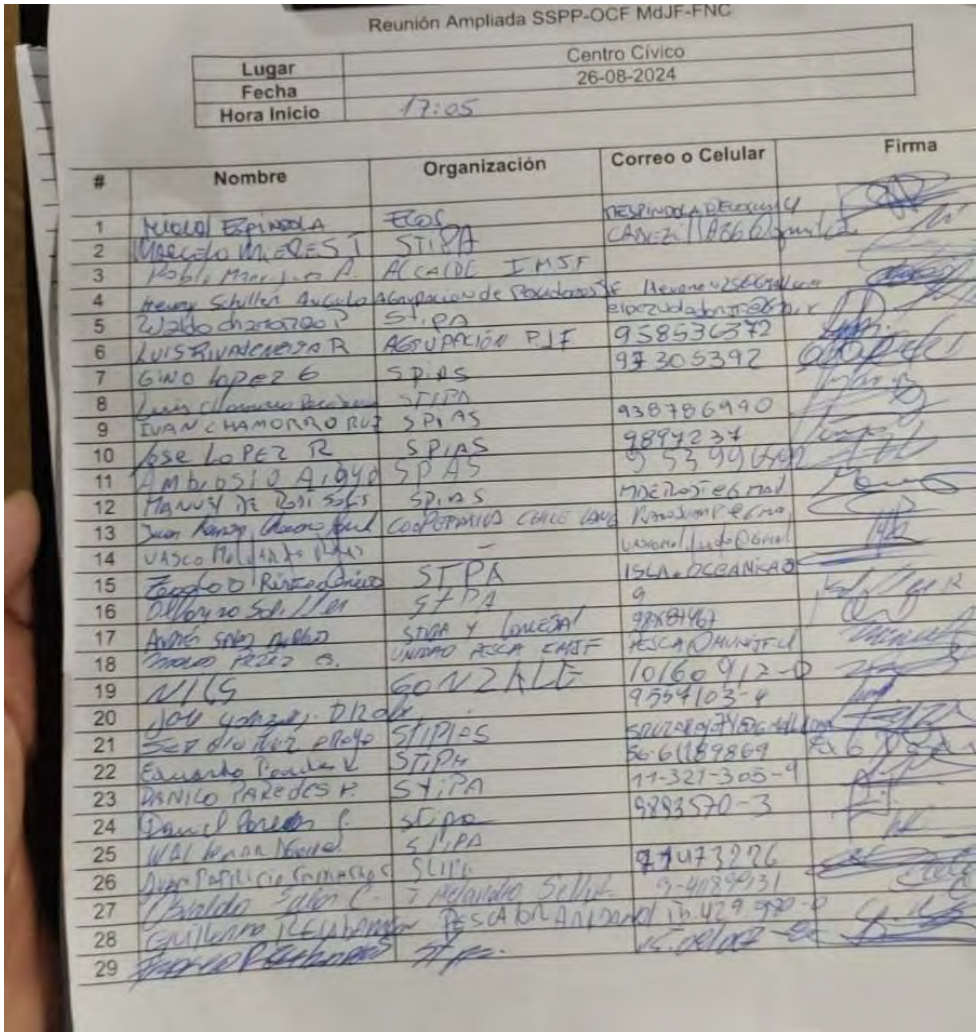
Participación en Reunión ampliada
Comunidad de Juan Fernández

Fecha: 26 de agosto de 2024
Modalidad: Presencial. Auditorio CONAF, isla Robinson Crusoe
3era sesión año 2024

En la agenda del comité de manejo desarrollado en la isla Robinson Crusoe se consideró finalizar con la exposición del trabajo realizado en una reunión ampliada a la comunidad fernandeziana. En la instancia se consideró la participación del monitoreo a través de la presentación de “Indicadores biológicos y pesqueros de las pesquerías de crustáceos del archipiélago Juan Fernández e Islas Desventuradas” (Universidad de Concepción). El jefe de proyecto Dr. Billy Ernst expuso los resultados de la temporada de langosta 2023-24 (FIPA 2023-22) incluyendo la descripción del programa de levantamiento de información y series de tiempo de indicadores biológico-pesqueros.

Registros fotográficos:

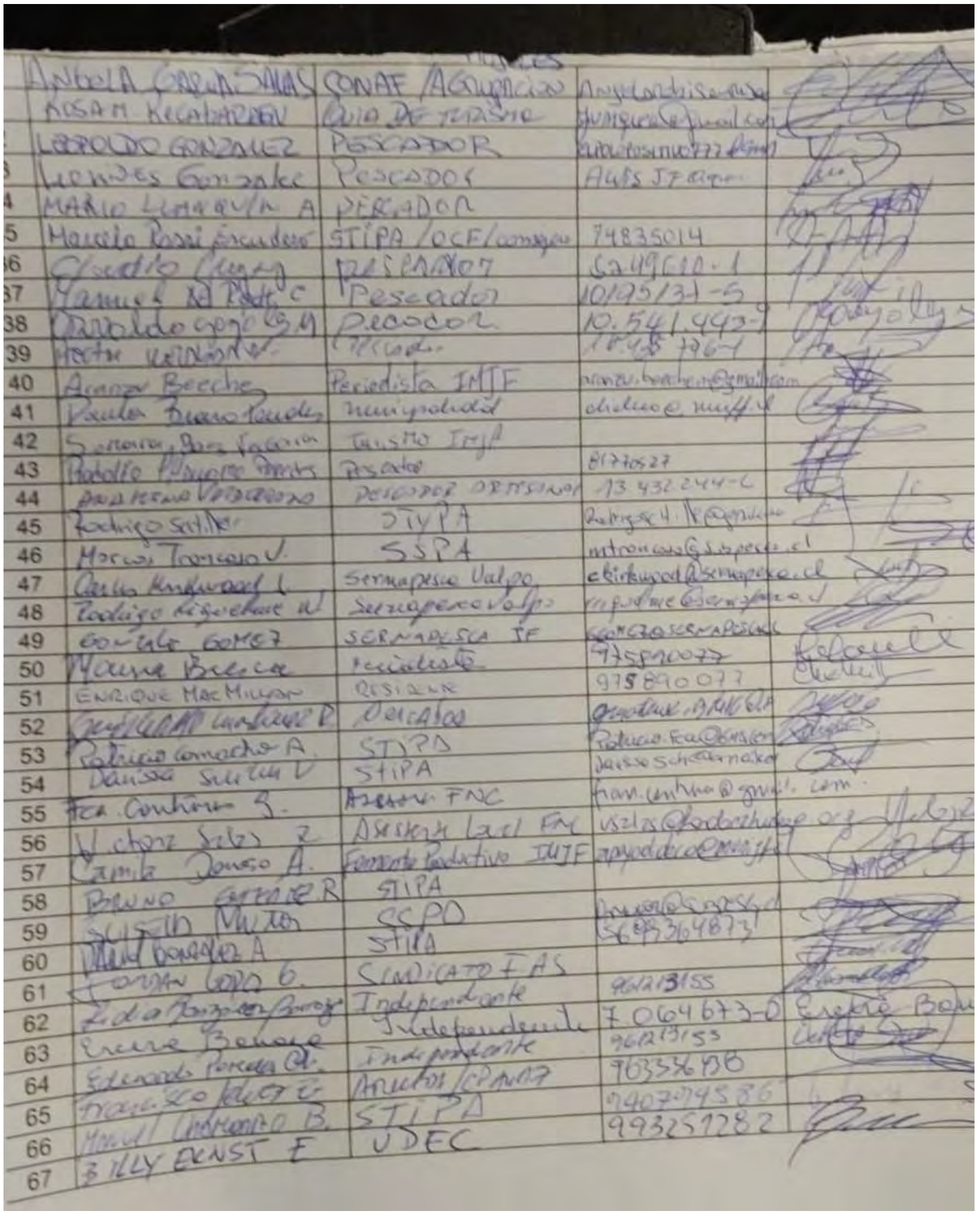
Registros de participantes:



Reunión Ampliada SSPP-OCF MdJF-FNC

Lugar	Centro Cívico
Fecha	26-08-2024
Hora Inicio	17:05

#	Nombre	Organización	Correo o Celular	Firma
1	Nicolai Espíndola	ECOS	nespindola@ecos.cl	
2	Marcelo Mieres T	STIPA	[illegible]	
3	Pablo Marcelino A.	Alcalde IMJF		
4	Henry Schiller Angulo	Agrupación de Pescadores JF	[illegible]	
5	Waldo Chamorro P	STIPA	[illegible]	
6	Luis Rivadeneira R	Agrupación PJF	958536372	
7	Gino Lopez G	SPIAS	97305392	
8	Luis Chamorro [illegible]	STIPA		
9	Ivan Chamorro Ruiz	SPIAS	938786990	
10	Jose Lopez R	SPIAS	9897237	
11	Ambrosio Aiguo	SPIAS	953996[illegible]	
12	Manuel de Rosi Soto	SPIAS	[illegible]	
13	Juan [illegible]	Cooperativa Chile Lang	[illegible]	
14	Vasco [illegible]	—	[illegible]	
15	[illegible]	STIPA	ISLA OCEANICA	
16	Alberto Schiller	STIPA	9	
17	Andrés [illegible]	STIPA y Concejal	98[illegible]467	
18	[illegible] Perez G.	Unidad Pesca CMJF	Pesca@MUNIJF.cl	
19	NILS	GONZALE	10160912-0	
20	[illegible]		9554103-4	
21	[illegible]	STIPIAS	[illegible]	
22	Eduardo [illegible]	STIPA	56-61189869	
23	Danilo Paredes P.	STIPA	11-321-305-9	
24	Daniel Paredes P.	STIPA	9893570-3	
25	[illegible]	STIPA		
26	[illegible]	STIPA	71473226	
27	Osvaldo Salas C.	Y Alejandro Schiller	9-4089931	
28	Guillermo [illegible]	Pescador Andando	16.429.990-0	
29	[illegible]	STIPA	[illegible]	



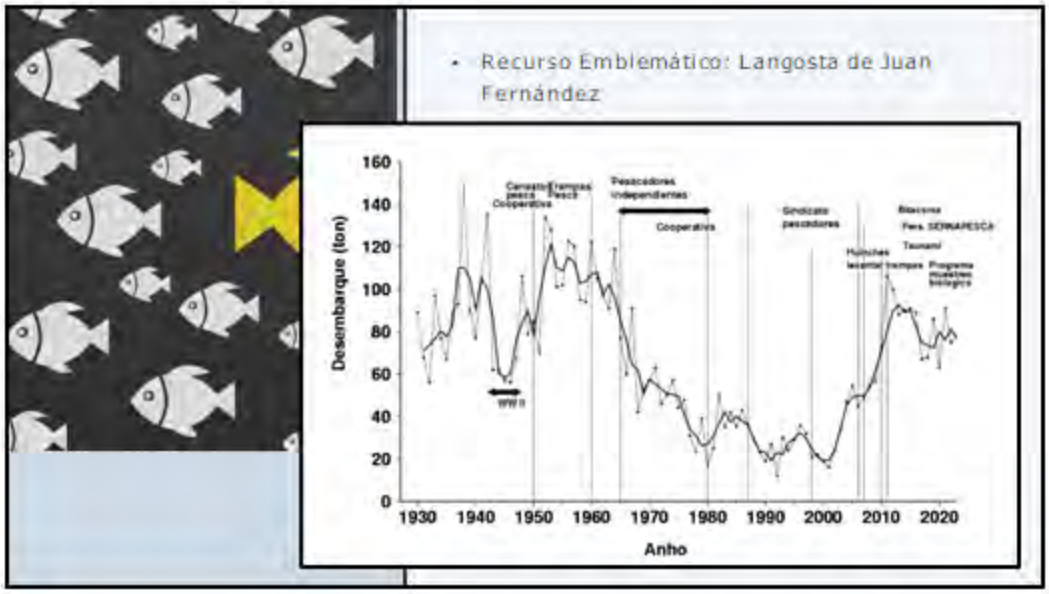
	Angela García Salas	CONAF Aguacarion	[illegible]	
	Hosam Kecahardan	Guía de Turismo	[illegible]	
	Leopoldo González	PESCADOR	[illegible]	
3	Leandes González	Pescador	Aws JF [illegible]	
4	Mario Lunaquila A	PESCADOR		
5	Marcelo Rossi Escudero	STIPA / OCF / [illegible]	74835014	
36	Claudio Chang	PESCADOR	6249610-1	
37	Manuel [illegible] C	Pescador	10195131-5	
38	Osvaldo Gonzalez G M	Pescador	10.541.443-9	
39	Hector Valdovinos	Pescador	10.43 796-1	
40	Aranza Beeche	Periodista IMJF	[illegible]@gmail.com	
41	Paula Bueno Paredes	Municipalidad	[illegible]	
42	Susana [illegible]	Turismo IMJF		
43	Rodolfo [illegible]	Pescador	81770527	
44	[illegible]	PESCADOR ARTESANAL	13 432 244-6	
45	Rodrigo Sotillo	STIPA	[illegible]	
46	Marcos Troncoso J.	SSPA	[illegible]	
47	Carlos Kirkwood L	Sernapesca Valpo	ckirkwood@sernapesca.cl	
48	Rodrigo Figueroa W	Sernapesca Valpo	[illegible]@sernapesca.cl	
49	Gonzalo Gomez	SERNAPESCA JF	[illegible]@sernapesca.cl	
50	Maura Becerra	Periodista	975890077	
51	ENRIQUE MacMillan	RESIDENTE	975890077	
52	[illegible]	Pescador	[illegible]	
53	Patricio Camacho A.	STIPA	Patricio.[illegible]	
54	Danissa Schulm V	STIPA	[illegible]	
55	Fca. Contreras Z.	Asesora FNC	fran.contreras@gmail.com	
56	V. [illegible] Z	Asesora Local FNC	[illegible].org	
57	Camila Donoso A.	Fomento Productivo IMJF	[illegible]	
58	BRUNO [illegible] R	STIPA	[illegible]	
59	[illegible]	SSPD	56983648731	
60	[illegible] González A	STIPA		
61	[illegible] López G.	SINDICATO F AS	96213155	
62	[illegible]	Independiente	7.064673-0	
63	Erene Bonora	Independiente	96213155	
64	Eduardo [illegible]	Armador / CPAMP	963356436	
65	Francisco [illegible]	STIPA	940799586	
66	Manuel [illegible] B.	UDEC	993251282	
67	BILLY ERNST E			

1

CONTENIDO

- Introducción
- Descripción del Programa de monitoreo
- Presentación de Indicadores

2



3

Compromisos

La explotación responsable de recursos naturales conlleva:

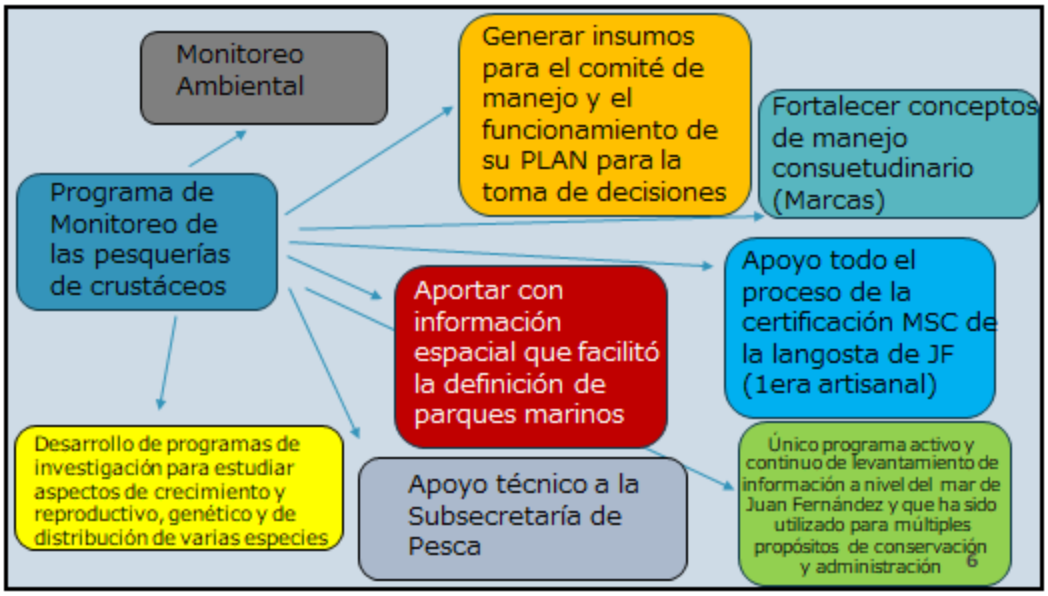
- Respetar las medidas de conservación establecidas para los recursos
- Monitorear la actividad de la Pesca
- Investigar los cambios experimentados por los recursos, el ambiente y el ecosistema es de alta prioridad

4

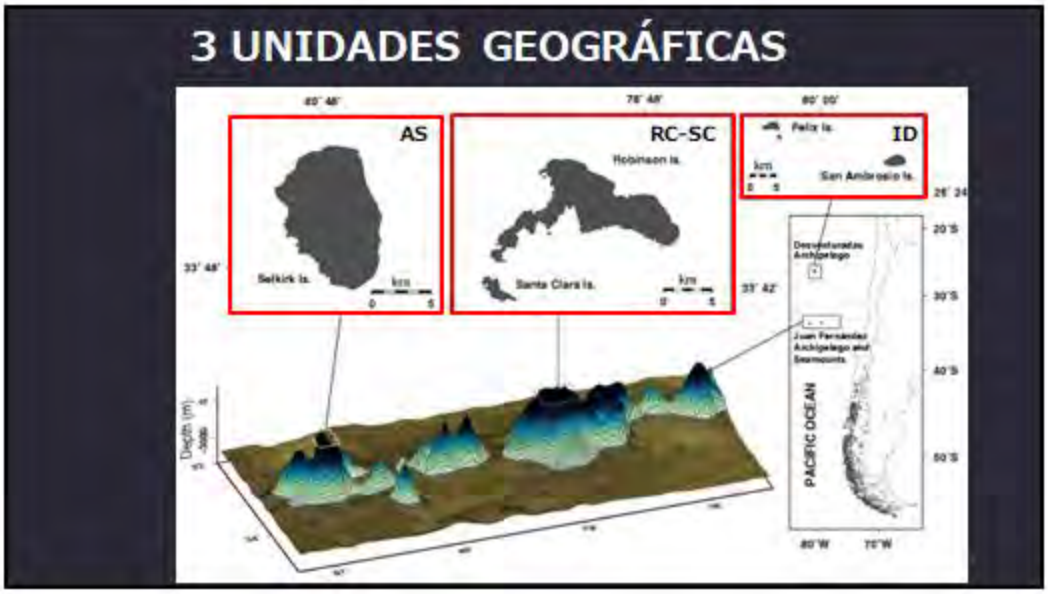
4

Investigación
1984/85
IFOP
1996/97
FIPA/UCV
2004/05
FIPA/UCV
2006-2015
UdeC
2014-2020
UdeC
Feb 2024
UdeC
ONG
FIPA
SUBPESCA
IFOP
FIPA
18 TEMPORADAS TRABAJANDO CON LA COMUNIDAD, PARA FORTALECER Y MANTENER UN PROGRAMA MONITOREO JF
El proyecto FIPA 2005 señaló
• La información era muy esporádica para apoyar la toma de decisiones
• Necesidad de construir indicadores continuos para todas las temporadas
• Información específica para cada subsistema

5


Monitoreo Ambiental
Generar insumos para el comité de manejo y el funcionamiento de su PLAN para la toma de decisiones
Fortalecer conceptos de manejo consuetudinario (Marcas)
Programa de Monitoreo de las pesquerías de crustáceos
Apoyo todo el proceso de la certificación MSC de la langosta de JF (1era artisanal)
Aportar con información espacial que facilitó la definición de parques marinos
Desarrollo de programas de investigación para estudiar aspectos de crecimiento y reproductivo, genético y de distribución de varias especies
Apoyo técnico a la Subsecretaría de Pesca
Único programa activo y continuo de levantamiento de información a nivel del mar de Juan Fernández y que ha sido utilizado para múltiples propósitos de conservación y administración
6

6


3 UNIDADES GEOGRÁFICAS
AS
RC-SC
ID
Selkirk Is.
Robinson Is.
Santa Clara Is.
Felix Is.
San Ambrosio Is.
PACIFIC OCEAN

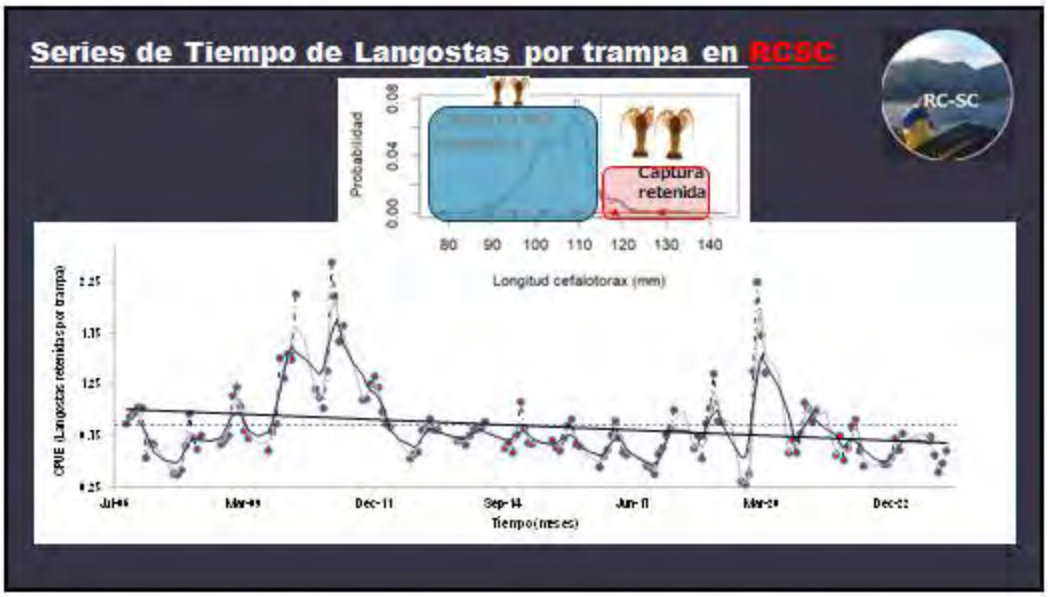
7

Información levantada desde el programa de monitoreo
RC-SC
AS
ID
Programas de Monitoreo Biológico y Pesquero Langosta de JF
Monitoreo Biológico Pesquero Cangrejo Dorado
Monitoreo especies ícticas y fauna acompañante
Parámetros ambientales
Investigaciones ecosistema marino
Colección de lugares de pesca

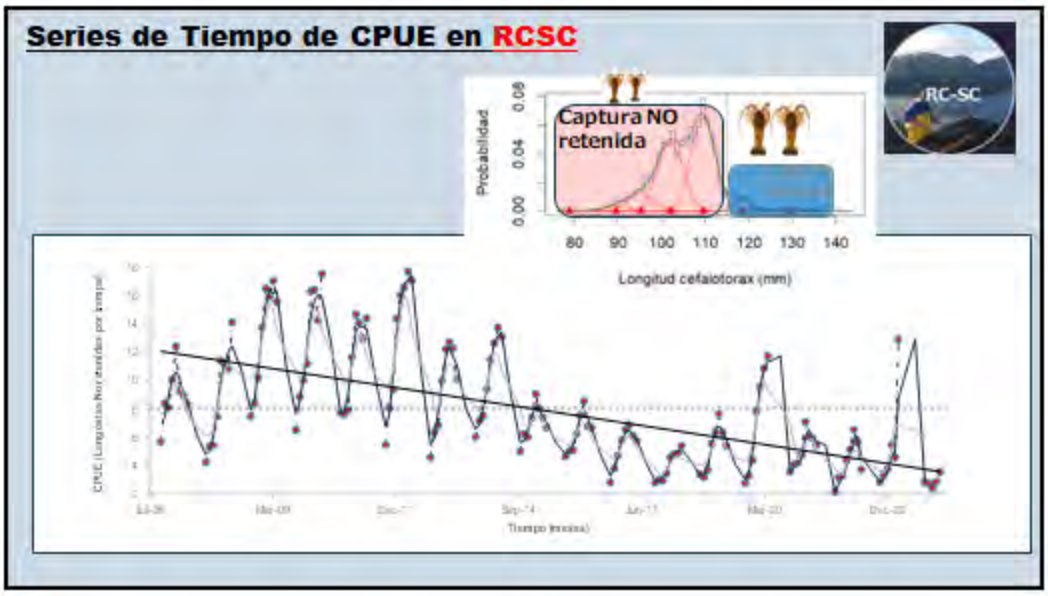
8

FUENTES DE DATOS
Bases de datos

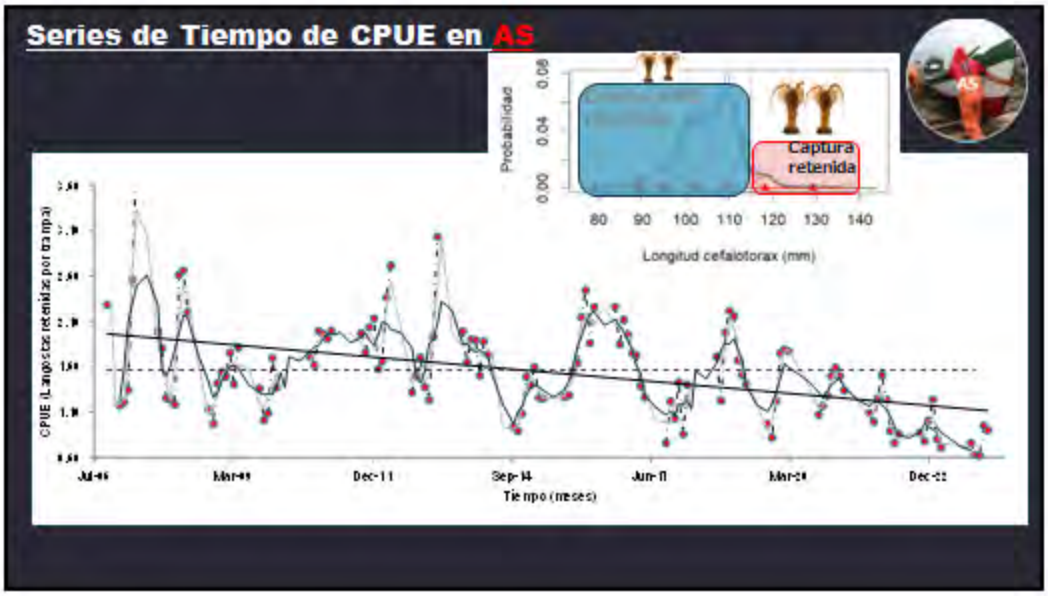
9


Series de Tiempo de Langostas por trampa en RCSC
RC-SC
Probabilidad
Captura retenida
Longitud cefalotorax (mm)
CPUE (Langostas retenidas por trampa)
Tiempo(meses)

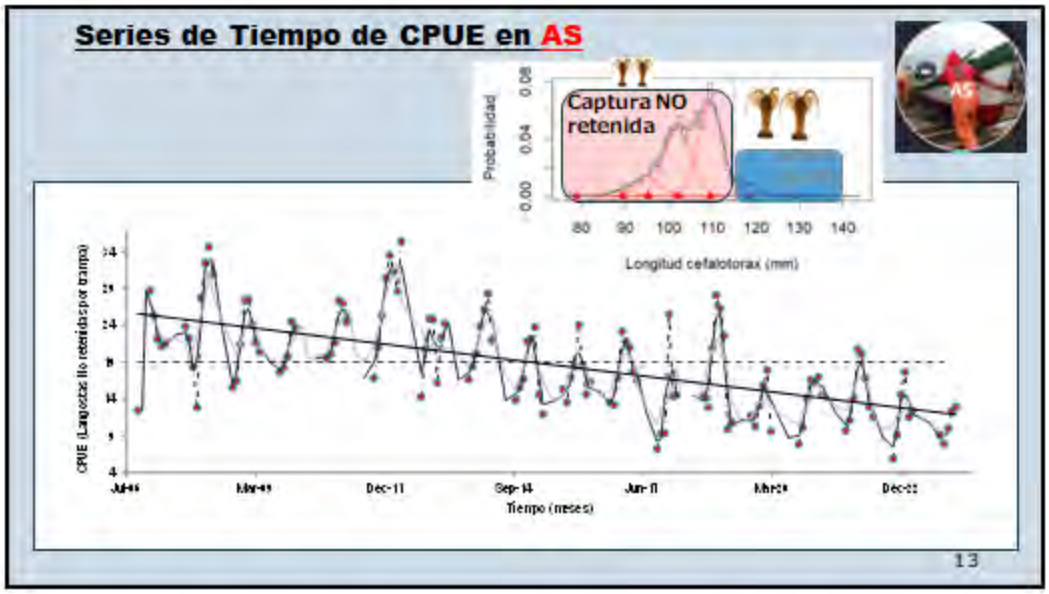
10


Series de Tiempo de CPUE en RCSC
RC-SC
Captura NO retenida
Probabilidad
0.00
0.04
0.08
80
90
100
110
120
130
140
Longitud cefalotorax (mm)

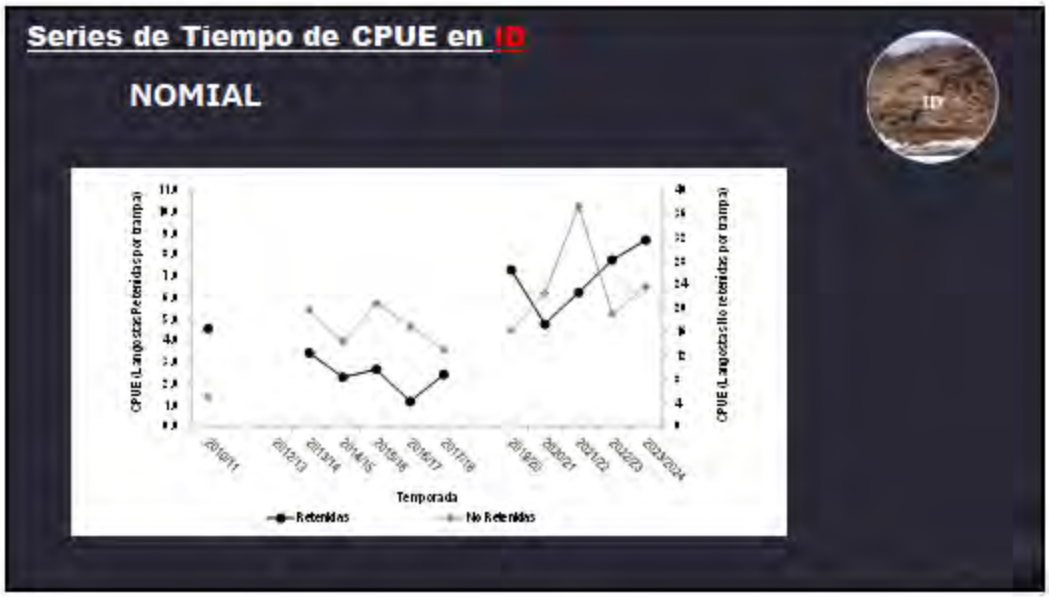
11


Series de Tiempo de CPUE en AS
AS
Captura retenida
Probabilidad
0.00
0.04
0.08
80
90
100
110
120
130
140
Longitud cefalotorax (mm)
CPUE (Langostas retenidas por trampa)
Jul-96
Mar-99
Dec-11
Sep-14
Jun-17
Mar-20
Dec-22
Tiempo (meses)

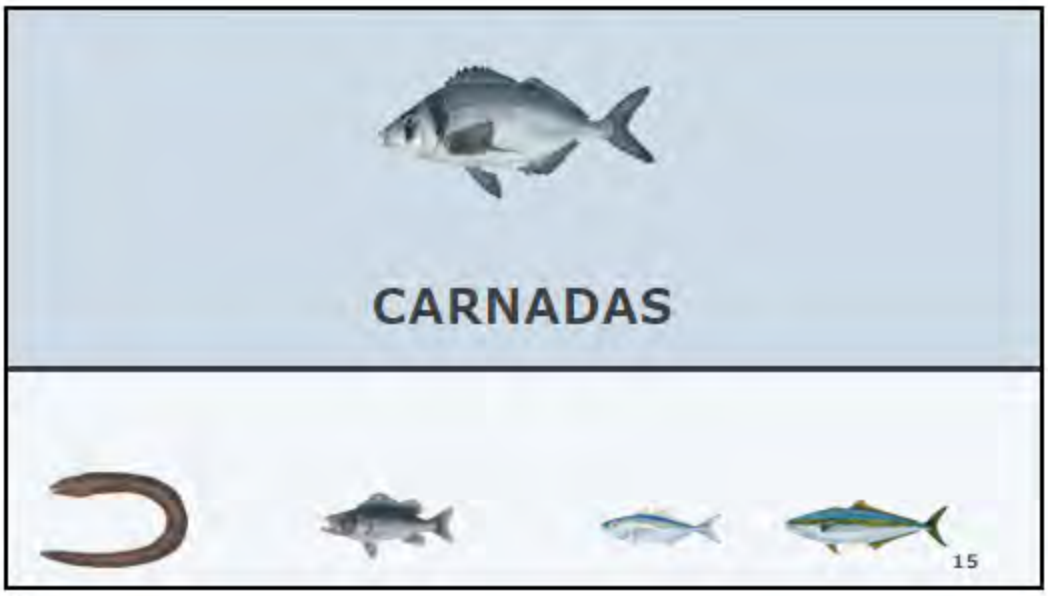
12


Series de Tiempo de CPUE en AS
Captura NO retenida
Probabilidad
0.00
0.04
0.08
80
90
100
110
120
130
140
Longitud cefalotorax (mm)
CPUE (Langostas No retenidas por trampa)
Dec-11
Sep-14
Jun-17
Tiempo (meses)
13

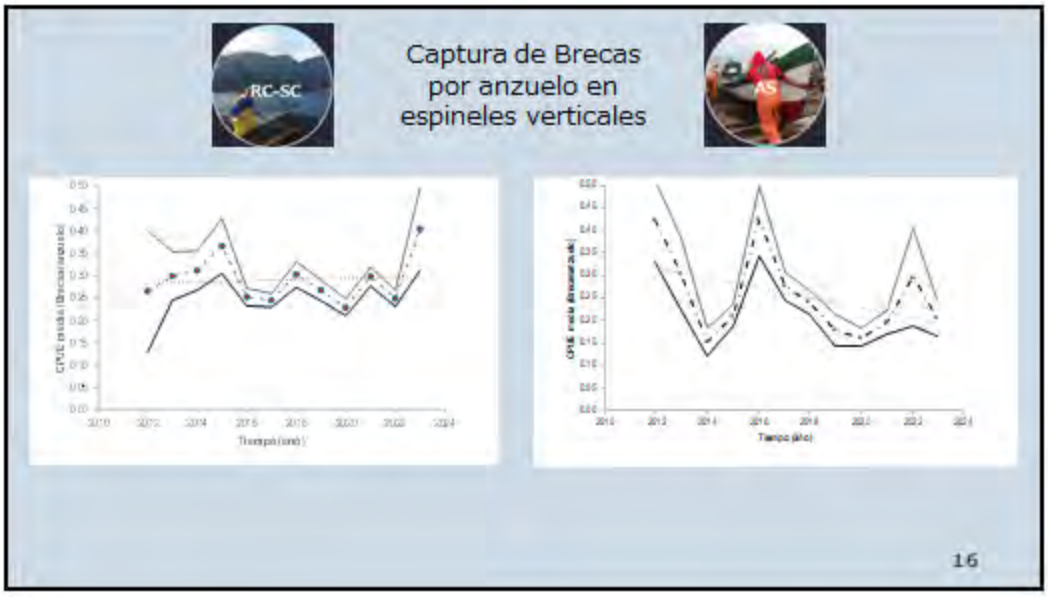
13


Series de Tiempo de CPUE en ID
NOMIAL
CPUE (Langostas Retenidas por trampa)
CPUE (Langostas No retenidas por trampa)
2010/11
2012/13
2013/14
2014/15
2015/16
2016/17
2017/18
2018/20
2020/21
2021/22
2022/23
2023/2024
Temporada
Retenidas
No Retenidas

14


CARNADAS
15

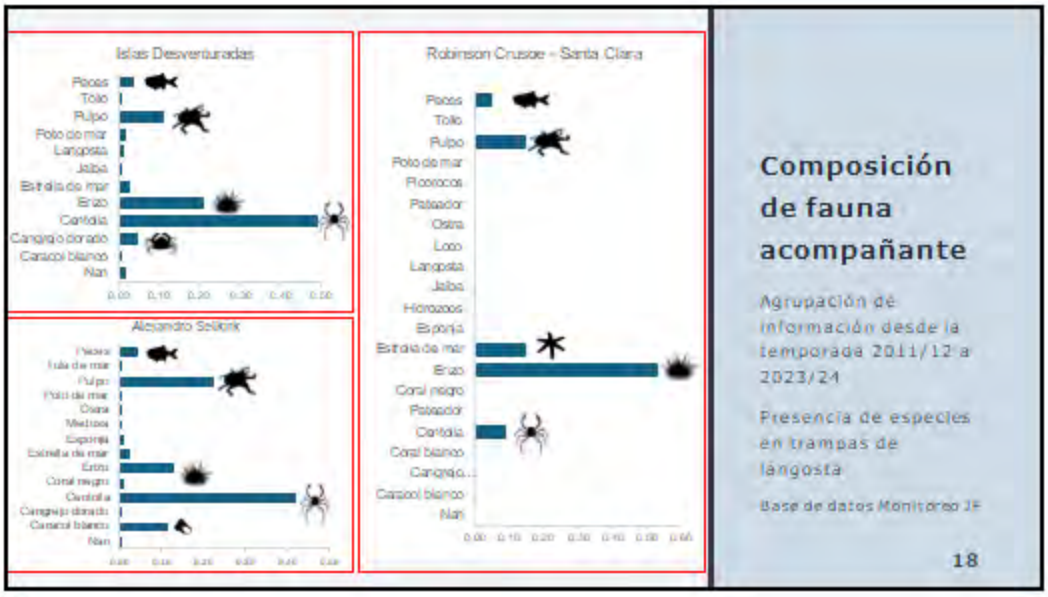
15


RC-SC
Captura de Brecas
por anzuelo en
espineles verticales
AS
16

16

FAUNA ACOMPAÑANTE EN TRAMPAS DE LANGOSTAS
17

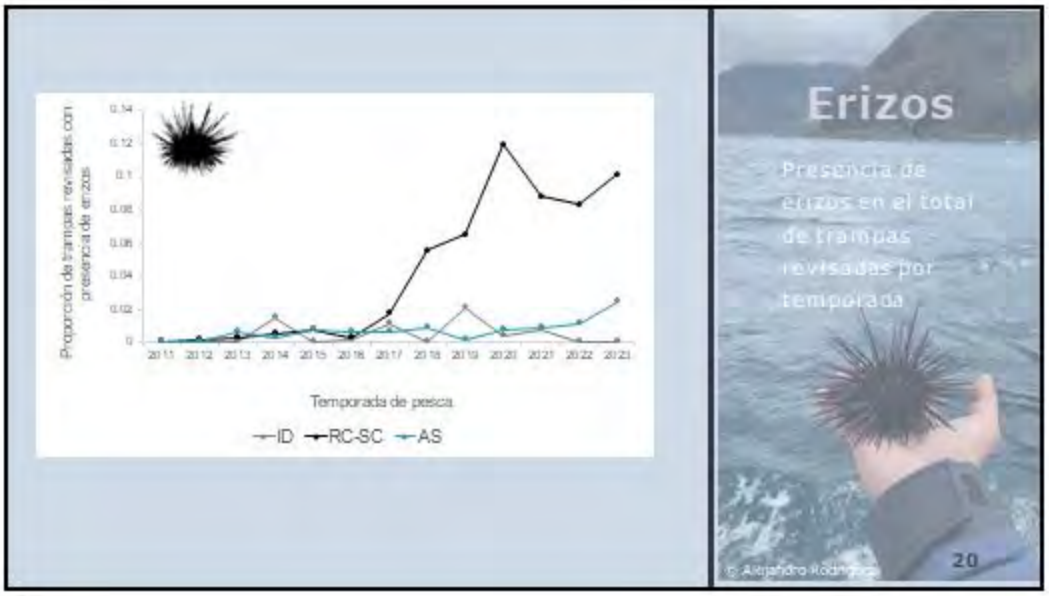
17


Islas Desventuradas
Peces
Tollo
Pulpo
Pato de mar
Langosta
Jaiba
Estrella de mar
Erizo
Centolla
Cangrejo dorado
Caracol blanco
Nan
Alejandro Selkirk
Robinson Crusoe - Santa Clara
Peces
Tollo
Pulpo
Pato de mar
Picorocos
Pateador
Ostra
Loco
Langosta
Jaiba
Hidrozoos
Esponja
Estrella de mar
Erizo
Coral negro
Pateador
Centolla
Coral blanco
Cangrejo...
Caracol blanco
Nan
Composición de fauna acompañante
Agrupación de información desde la temporada 2011/12 a 2023/24
Presencia de especies en trampas de langosta
Base de datos Monitoreo JF
18

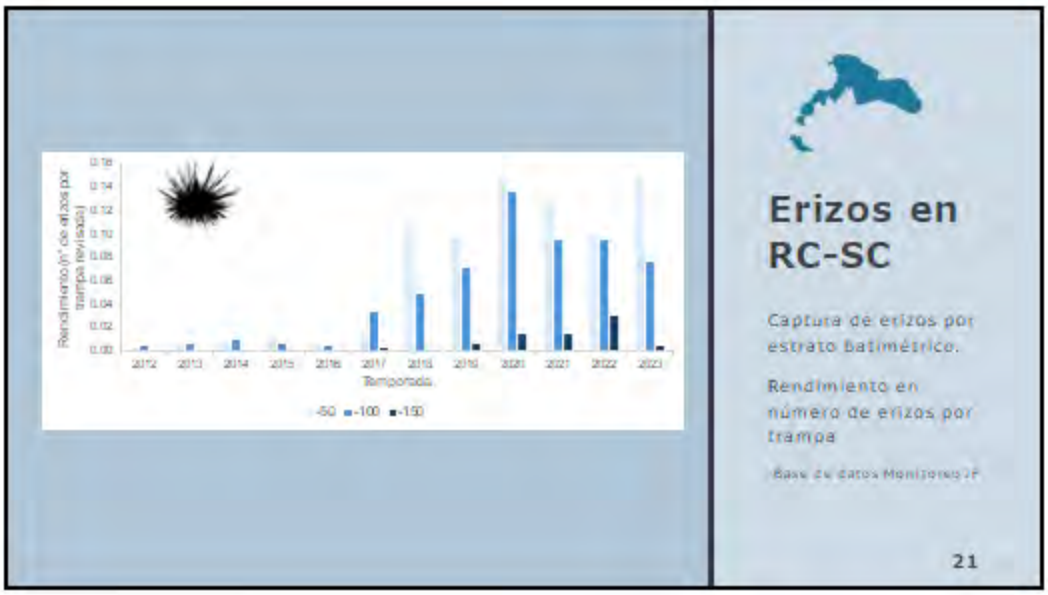
18

© Alejandro Rodriguez
19

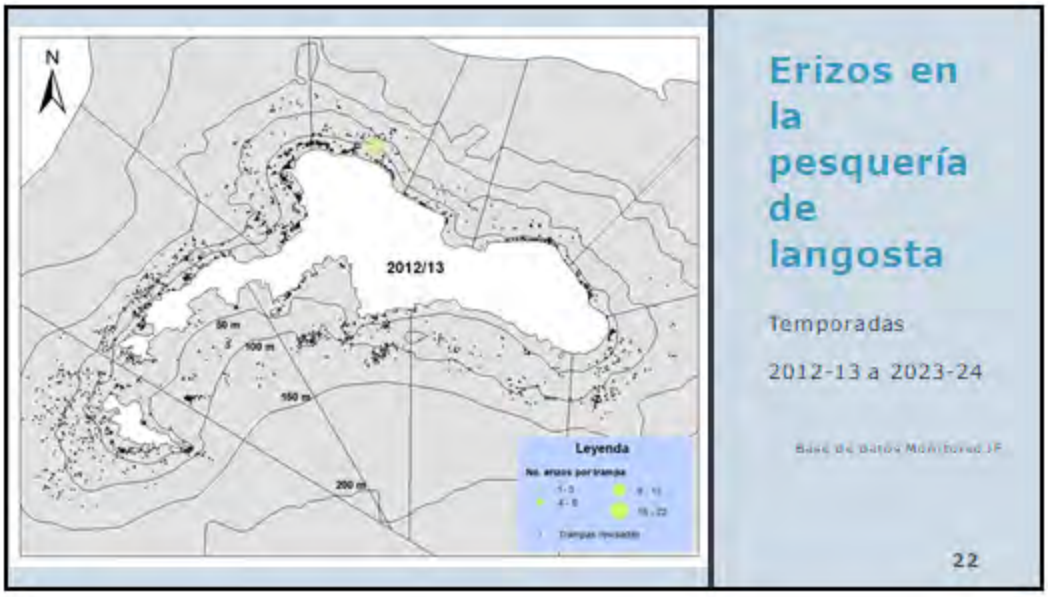
19


Proporción de trampas revisadas con presencia de erizos
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023
Temporada de pesca
ID
RC-SC
AS
Erizos
Presencia de erizos en el total de trampas revisadas por temporada
© Alejandro Rodriguez
20

20


Rendimiento (n° de erizos por trampa revisada)
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2021
2022
2023
Temporada
-50
-100
-150
Erizos en RC-SC
Captura de erizos por estrato batimétrico.
Rendimiento en número de erizos por trampa
Base de datos Monitoreo JF
21

21


N
2012/13
50 m
100 m
150 m
200 m
Leyenda
No. erizos por trampa
1 - 3
4 - 9
10 - 22
Trampas revisadas
Erizos en la pesquería de langosta
Temporadas
2012-13 a 2023-24
Base de Datos Monitoreo JF
22

22

OBSERVACIONES

- Series de CPUE sugieren una depleción importante tanto en la fracción retenida como la no retenida de la captura en RCSC y AS, pero NO en ID (aumento).
- Las series de tiempo generadas permite el uso de modelos de evaluación de diverso grado de complejidad para el subsistema RCSC y otros también.
- Resultados de modelación sugieren que en la actualidad el recurso se encontraría con signos de sobrepesca y sobreexplotación en RCSC y AS, pero no es ID
- Se recomienda seguir estudiando con modelos el impacto de la pesquería y ambiente sobre el recurso langosta.
- Monitorear cambios que están ocurriendo en el ecosistema
- ES VITAL MANTENER ACTIVOS LOS PROGRAMAS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN BIOLÓGICA-PESQUERA EN TODAS LAS UNIDADES DE PESQUERÍA

23

23

Pescadores de Juan Fernández, Sindicatos, Comité de Manejo

SERNAPESCA (JF, Valparaíso, Rodrigo Riquelme)

SUBPESCA (Guisella Muñoz, Marcos Troncoso , y en el pasado A. Karstegl)

FIPA

CONAF

ARMADA DE CHILE, JF.

Rubén Roa

Carolina Parada – DGEO/UDEC

Julio Chamorro y Pablo Manríquez

Josefa Pino, Braulio Tapia exalumnos de la UDEC

Todos los investigadores isleños que han participado activamente en el programa de monitoreo

24

24

A N E X O VII

Taller de difusión de resultados

ANEXO VII. Taller de difusión de resultados

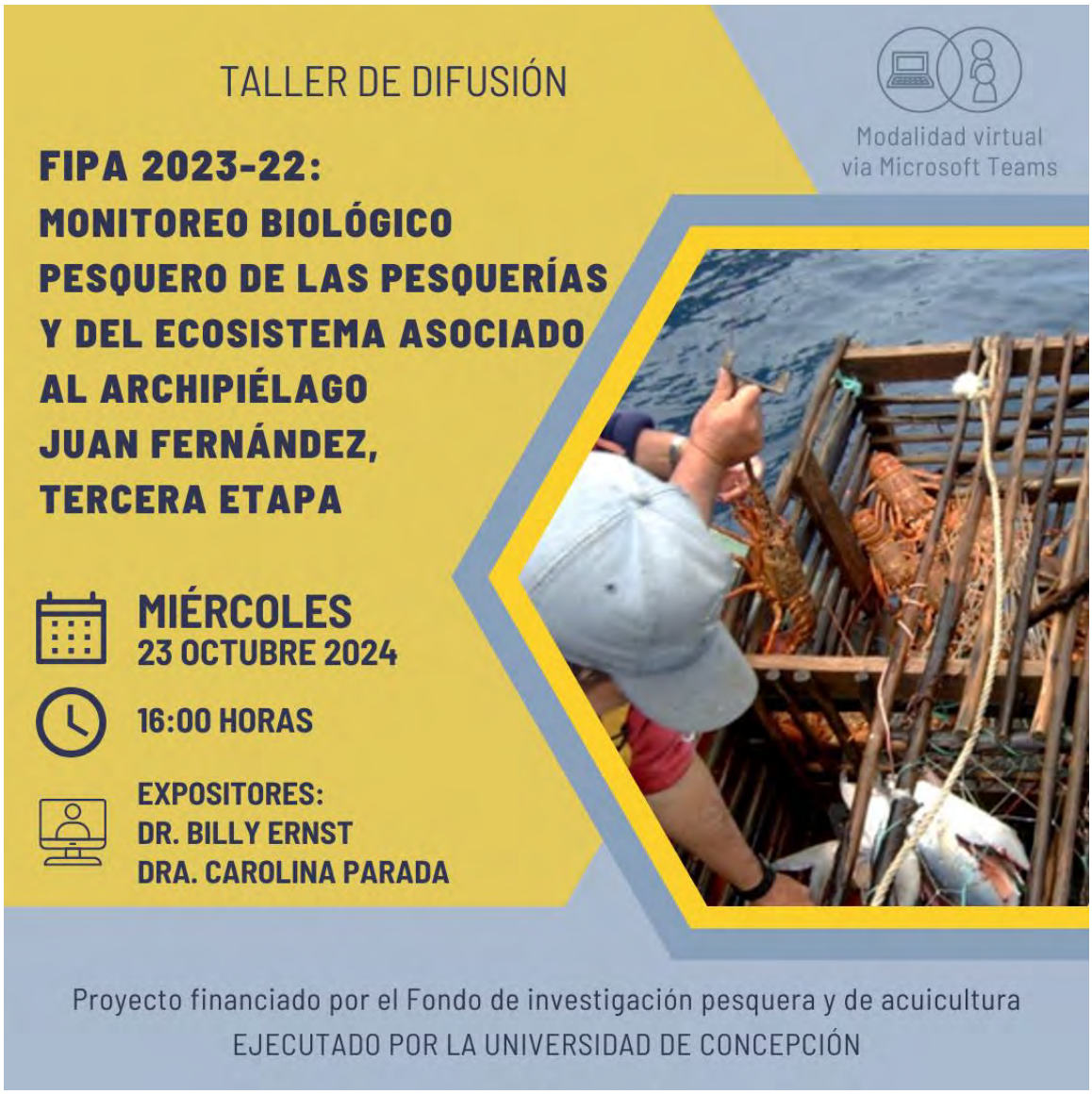


Figura 1. Afiche de convocatoria al taller de difusión.

En conjunto con Guisella Muñoz y Marcos Troncoso de la Subsecretaría de pesca y acuicultura, se programó el taller de difusión en modalidad virtual que se desarrolló el miércoles 23 de octubre desde las 16:00 horas (Figura 1). Se extendió la invitación a través de correo electrónico y WhatsApp a otros actores que participan o tienen interés en el desarrollo pesquero de la comunidad, entre ellos, el sindicato de pescadores, el gremio de turismo, el encargado de pesca del municipio, la encargada de medio ambiente del municipio, equipo de trabajo del monitoreo, subpesca y sernapesca.

El taller fue propuesto como una instancia acotada, dado que durante la ejecución del proyecto se sostuvieron varias reuniones en las que se dieron a conocer gran parte de los resultados. Se dio especial énfasis a la presentación de los resultados ambientales, puesto que son pocas las instancias donde se exponen.

Según el programa (Figura 2.a), el Dr. Ernst dio la bienvenida a quienes estaban presentes y describió de forma general el proyecto, los objetivos, alcances temporales y por subsistema de islas, el funcionamiento durante su ejecución, incluyendo el equipo de trabajo conformado principalmente por isleños e isleñas y el uso de los resultados de años de seguimiento de la pesquería de langosta en ejercicios de modelación que han incluido el uso de modelos complejos como el ATLANTIS, con el cual se espera realizar una nueva versión.

Marcos Troncoso abordó en este primer segmento el problema del peso e identificación de especies que podrían monitorear los pescadores, consultando cómo podría ser abordado. Billy Ernst aclaró que la diversidad de especies de las capturas sí se registra y que el problema es el levantamiento de información talla-peso de las especies durante el embarque dado que las condiciones de mar hacen compleja la lectura con balanzas digitales. Mencionó que se utilizaron balanzas japonesas en su momento, pero que ya no están disponibles y que los resultados de las balanzas digitales han arrojado mucha variabilidad, pero que los investigadores toman información de todas las especies cuando se embarcan, pero no se puede contar con el peso de los individuos ya sean langostas, cangrejos o peces.

Posteriormente la Dra. Carolina Parada expuso sobre el monitoreo ambiental (Figura 3), parte de la contraoferta del proyecto, cuyo objeto es abordar la caracterización de variables ambientales en la zona pelágica a través de dos fuentes de información, i) un anclaje localizado cerca de la bahía Cumberland a tres profundidades diferentes con 6 sensores en total (3 oxígeno y 3 CTD) (Figura 3a) y ii) campañas de levantamiento de información con CTD que consideran 32 a 33 estaciones alrededor de las islas Robinson Crusoe y Santa Clara (Figura 3b) que componen 6 zonas. Advierte que el anclaje aún no se ha recuperado, despues de algunos intentos, lo que deja incierta la recuperación de datos desde febrero de 2024 en adelante.

En relación al anclaje, la Dra. Parada explicó que si bien tiene una baja resolución espacial por ser un punto fijo, tiene alta resolución temporal (registros continuos) y ha permitido caracterizar las masas de agua entre el año 2022 y principios del 2024. Con los resultados del anclaje se ha observado que en superficie hay mezcla con agua subtropical y en el fondo con agua ecuatorial subsuperficial , lo que es interesante porque los organismos que habitan el fondo estarían enfrentando un ambiente de hipoxia o muy bajo oxígeno, condiciones a las que se han adaptado. Además, a través de los diagramas Hovmöller 2022 aguas más cálidas en superficie con periodos

de entradas de agua más fría desde el fondo la salinidad es bastante alta pero tambien hay periodos donde baja el oxígeno muestra periodos en que se reduce la concentración y hay periodos donde esto se observa en superficie 2023: intrusión de agua más fría desde la profundidad caracterizada por salinidades altas y menos oxigenada potencialmente está asociada a agua subtropical subsuperficial. El anclaje permite ver la intrusión de aguas frías y frente a los datos preguntarse ¿si son capaces los organismos bentónicos de adaptarse a esas condiciones?

El monitoreo con CTD por su parte permite observar procesos. Se cuenta con 32 a 33 estaciones con menor resolución temporal, pero mayor resolución espacial. El ideal sería tener un anclaje en cada cuadrante para analizar los procesos oceanográficos (NW, SW, NE, SE), pero el presupuesto no es suficiente.

Se observó que durante el año 2023 se profundiza alrededor de 20 m la termoclina (punto de quiebre) respecto al 2024. Marcos Troncoso pregunta por la metodologia utilizada, si corresponde a un punto o a la integración. Carolina responde que fue agrupada toda la información alrededor de la isla en un punto.

La Dra. Parada comenta que la superficie se va desoxigenando y el fondo tambien tiene menos oxígeno. Hay procesos oceanográficos que revisar y que estarían generando estos eventos de desoxigenación. En general se observaron tendencias por grupo, salinidad conservativa y el oxígeno presentó los mayores cambios estacionales.

Finalmente indica que entre los puntos más complejos del monitoreo ambiental es mantener la continuidad porque hay muchos factores que intervienen (por ejemplo logistica de combustible, continuidad de financiamiento) en el levantamiento de esta valiosa información que nos permite entender lo que sucede alrededor de las islas e ir evaluando que sucede con los organismos que son expuestos a las diferentes condiciones. Se considera necesario observar si las señales de bajo oxígeno son eventos o tendencias, y su relación frente a escenarios de cambio climático que también permiten calibrar los modelos. Por otra parte, otro punto a fortalecer es evitar los gaps en la data del anclaje, en este sentido una solución es contar con el equipamiento necesario (backup), es decir contar con un anclaje que se instala y los sensores para renovar, sin perder la continuidad de la información durante la remoción, limpieza, descarga de datos y reinstalación. Otro punto para destacar es que los satélites Swot permitirían llenar algunos vacíos de la serie de datos y eso estpa en revisión.

Comentarios:
Gonzalo (Sernapesca) pregunta si se conoce el rango de tolerancia de oxígeno de la langosta y si existe alguna correlación entre estas variables ambientales y los rendimientos de los caladeros de pesca. Responde la Dra. Parada que no se han cruzado rendimientos de langosta con información ambiental, aunque se podría realizar una correlación con los datos del anclaje, más comenta que el primer paso es rellenar los GAPS del anclaje e incluir modelos geoquímicos. Además, los caladeros de pesca tienen una resolución espacial más alta que la grilla de 33 estaciones que probablemente está más alejada de los caladeros (más alejados de la isla). Sobre langosta, se requiere generar curvas de tolerancia a las concentraciones de oxígeno y requiere tambien ser conversado con la comunidad por las implicancias del experimento

Marco Pérez indica que sería ideal compartir esta informacion con la comunidad pues es información relevante y agradece la buena explicación. Comenta sobre especies indicadoras de cambios en el ecosistema como el seguimiento de los cambios de la fauna acompañante de la langosta y pregunta por la relación de factores externos con eventos como El Niño en los datos observados del anclaje. Adicionalmente consulta sobre épocas idóneas-críticas de la langosta. Carolina indica hay especies que son indicadoras de estos cambios y explica que al inicio del monitoreo ambiental hace varios años, se intentaron relacionar estos indicadores con algunos de escala mayor como ENSO, Oscilación del Pacífico, etc., pero estos no permiten asociar la dinámica local para averiguar las respuestas de la señal a distinta escala y que no se observan directamente en cambios en las especies del ecosistema porque hay fenómenos locales que se podrían sobreponer a los efectos tales como El niño. Agrega que si bien es importante hacer esas conexiones con indicadores de mayor escala y más largo plazo, por ahora se realiza a nivel local y que se proyecta hacer relaciones con indicadores globales, pero indicadores para islas oceánicas. Sobre el último punto consultado, la Dra. Parada indica los distintos puntos críticos de los distintos estadíos de los organismos durante su desarrollo: por ejemplo, la portación parental frente a bajas de oxígeno puede generar que las larvas sean inviables, despues primera fase de las larvas y disponibilidad de alimento (primera alimentación), temperatura critica para el crecimiento, luego con la posibilidad de mayor movimiento en la columna de agua hay otros factores como la capacidad visual, el alimento disponible y quizás se desacoplan de las características ambientales que les afectaban en los primeros estadíos y luego con el asentamiento, las condiciones del bentos son relevantes. Comenta que se requiere estudiar el ciclo de vida y evaluar cuales variables son las que afectan cada uno de los estadíos más críticos según las variables que más les afectan y los cambios durante el año, es decir se necesitan estudios fisiológicos, estudios de condiciones de alimentos, etc., y con ello, mayor financiamiento para realizarlos.

Marcos Troncoso comenta que no cree que haya problemas con la realización de estudios fisiológicos experimentales, cree que se contaría con el apoyo e interés de la comunidad. Comenta sobre las observaciones de langostas blancas en el fondo y las relaciones que pudieran existir con los cambios en las condiciones ambientales que se presentaron en esta presentación. Agradece y felicita la incorporación del monitoreo ambiental al proyecto, porque es un plus importante. Agrega que el financiamiento es un punto importante para tener la información que se requiere e invita a postular en la medida que se puedan ir abriendo caminos en el presupuesto para nuevos estudios. Considera que estudios de los procesos fisiológicos de la langosta pueden ser incorporados al financiamiento de la cartera más adelante. Manifiesta que los resultados aportados son de interés de la pesquería y que están relacionados con comentarios que han realizado los pescadores respecto a lo que observan en su operación pesquera. Agrega que sería una gran contribución avanzar en la relacion de los datos ambientales y los pesqueros.

Carolina Parada agrega como opinión personal que la experimentación fisiológica requiere de la visión de la comunidad y abriría posibilidad de investigar el acoplamiento ambiental y pesquero. Indica que si se tuviera más financiamiento, se podrían tener sensores en las trampas para revisar los cambios en el oxígeno, pero además es muy relevante contar con un sistema de backup del anclaje porque entrega datos importantes sobre el oxígeno y que tambien sería relevante tener información de pH, para evaluar acidificación del agua y efecto en la calcificación y debilitamiento de estructuras calcáreas de algunos individuos con énfasis en los intereses de la comunidad y las tendencias globales observadas.

Para finalizar el taller, se presenta la información general de fauna acompañante en la pesquería de langosta, cangrejo y peces obtenida a partir de las salidas con investigador científico. Particularmente y por el interés que denota para la comunidad, para langosta se presentan las variaciones en la presencia de erizos en trampas en RC-SC. Se comenta sobre el subreporte de las capturas, en relacion a las declaraciones. Marcos Troncoso hace un punto sobre las langostas retenidas y no retenidas, observando que se han identificado diferencias entre las capturas declaradas y las reales y que tienen que ver con mortalidades posteriores a la declaración, consultando sobre si hay estimaciones al respecto. Billy responde que se han analizado las estimaciones del monitoreo y de sernapesca para evaluar diferencias y en este sentido, indica que se ha solicitado al servicio en el marco del comité de manejo, que la información de los DA sea por viaje de pesca, para que no se agrupen semanalmente y se cuente con la información completa. Gonzalo comenta que se ha instado a los pescadores a declarar las langostas muertas como merma para contar con esa información, sobre todo cuando las declaraciones se realizan una vez que van venden las langostas. Además indica que el cambio en el ingreso diario de los DA ahora recae en el pescador y la realizan cuando venden, antes el funcionario de sernapesca estaba obligado a hacerla a diario. El Dr. Ernst comenta que se requiere que la resolución de los datos del servicio sea de buena procedencia para su utilidad en modelación y toma de decisiones, reconociendo que el servicio realiza su trabajo para que la información sea ingresada correctamente, tambien señala la necesidad de que esa información, que es muy relevante, tenga buena resolución, dado el uso que puede tener esa información.

Gonzalo Gómez indica que la calidad de la información se podría mejorar y se está de acuerdo en el marco del comité, pero el sistema de trazabilidad tiene condiciones que no están permitiendo el registro diario según los tiempos que manejan los pescadores para la exportación). Billy pregunta si se instruyó para diferenciar caleta Desventuradas en los registros de Sernapesca. Gonzalo indica que los que declaran en Desventuradas registran como “lancha transportadora”, no quedan asociados a caleta de desembarque y aparecen agregados a un campo vacío y queda agregado en otra columna, lo de Desventuradas asociados a RC-SC es porque se declara como venta a terceros o declarados para sí mismos (venta congelados) y aunque no es idóneo, se puede identificar la procedencia de Desventuradas, además se hizo nuevamente la solicitud para incluir la caleta San Ambrosio.

El Dr. Ernst muestra las estimaciones en reconstrucción de desembarques de langostas para responder a las observaciones de M. Troncoso, observando que el proyecto muestra tendencias parecidas al anuario de Sernapesca y que esas diferencias observadas podrían estar explicadas (en parte) por la diferencia con los registros no informado de merma de langostas. Billy indica que como no se tiene un efecto de rotación de áreas (no hay hiper-estabilidad de CPUE por ejemplo), no existe un sesgo grande en los indicadores, aunque haya bajado la cobertura del monitoreo a través de las bitácoras. Agrega la importancia de contar con buena resolución de datos del servicio.

Agrega que los datos del monitoreo ambiental son muy importante pero ha sido dificil, tanto por la logistica como por el financiamiento. Además, aun no se encuentra el anclaje, se han perdido CTDs durante los muestreos, dificultando la construcción de estas series, aunque se siguen haciendo esfuerzos para tener esta información sobre todo porque el foco es mantener el levantamiento de información permanente del ambiente en Juan Fernández.

Marcos comparte y agradece el esfuerzo de sostener un monitoreo en Juan Fernández e indica la proyección de mantener el monitoreo en formato anual. Respecto a las necesidades de equipamiento para mantener el monitoreo ambiental, estará considerado para más adelante en la gestión de proyectos.

En honor al tiempo, se da por finalizado el taller, agradeciendo a quienes pudieron participar de la instancia y a quienes colaboran y hacen posible el monitoreo.

Figura 2. Presentación general del programa de monitoreo (Dr. Billy Ernst)

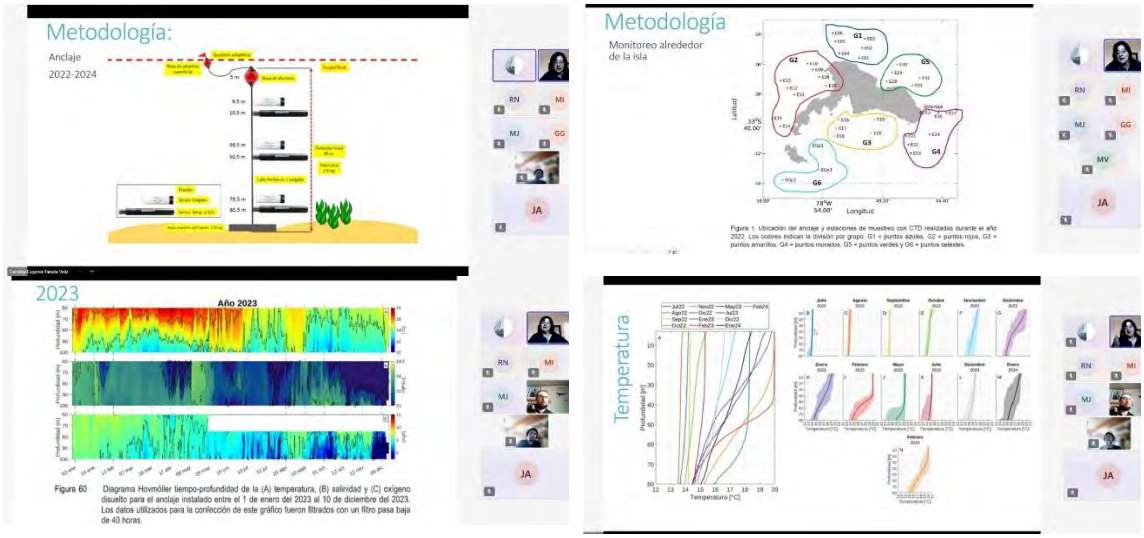


Figura 3. Presentación Monitoreo ambiental por la Dra. Carolina Parada.