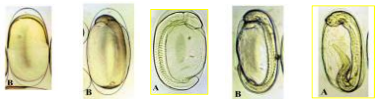
COD: 23.IN-8.12.111

REPORTE N° 111

SEGUIMIENTO MENSUAL DE LA CONDICIÓN DEL RECURSO ANCHOVETA (*Engraulis ringens*) CON ENFASIS EN LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES

Enero - 2024

REPORTE N° 111



Seguimiento Mensual de la Condición del Recurso Anchoveta (*Engraulis ringens*) con Enfasis en la Abundancia y Distribución de Huevos y Larvas de Peces

Centro de Investigación Aplicada del Mar S.A., CIAM

Director Ejecutivo: Jorge Oliva López

Autores: **Mauricio Braun Alegría**
Jeannelle Jaque Baginsky
Liliana Herrera Campos

Toma de muestras: **Mauricio Braun Alegría**
Ulises Parker Pereira

• Enero 2024 •

SEGUIMIENTO MENSUAL DE LA CONDICIÓN DEL RECURSO ANCHOVETA CON ÉNFASIS EN LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES

Reporte N° 111

RESUMEN EJECUTIVO

Metodológicamente, se realizó el muestreo bio-oceanográfico entre el 11 y el 16 de diciembre 2023, a bordo de las lanchas de servicio y PAM de Corpesca S.A. "J.C.Oviedo", "Huracan" y "Albatros" para los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones, respectivamente. Las estaciones costeras de frecuencia de observación mensual, se localizaron a 1, 3 y 5 mn de la costa frente a Mejillones, Iquique y Arica, con el fin de recabar los datos oceanográficos y biológico-pesqueros; y posteriormente, procesar y analizar la información para determinar y evaluar las condiciones bio-oceanográficas correspondientes al mes de diciembre 2023 en la zona norte del país.

Los principales resultados del monitoreo bio-oceanográfico realizado durante diciembre 2023 en la zona norte, son los siguientes:

Con respecto al mes de noviembre 2023, diciembre presentó frente a Iquique y Mejillones un incremento de la temperatura superficial de 3,1° y 3,2°C, respectivamente, con promedios iguales a 19,32° ± 1,2 y 18,83°C ± 0,6.

Respecto a diciembre de 2022, las **TSM** de los puertos de desembarque de Iquique y Mejillones, fueron 1,0° y 1,3°C más altas, exhibiendo Arica una disminución de 1,4°C.

En superficie se siguen manteniendo condiciones cálida, a lo que se debe sumar el calentamiento natural del sistema de acuerdo al ciclo anual.

La profundidad de la isoterma de 15 °C, indicadora de la profundidad de la capa de mezcla para este mes, se pudo detectar en posiciones relativamente más profundas, con la excepción de Mejillones, donde se presento en una posición más somera y cuyos promedios correspondieron a 11,1 ± 4,1; 23,2 ± 1,4 y 22,5 ± 1,7 m para Arica, Iquique y Mejillones respectivamente.

La oxilínea de 1 mL de O_2, indicadora del limite superior de la zona de mínimos de oxígeno, sólo fue registrada en Arica e Iquique donde se detectó a una profundidad de 19,6 ± 5,2 y 44,1 ± 2,2 m, mientras que en Mejillones no se detectó producto de una mayor oxigenación de la columna de agua.

Diciembre 2023, respecto al mismo mes del año anterior, presentó un aumento considerable de las temperaturas para las localidades de Arica, Iquique y Mejillones, con una tendencia hacia una condición mas cálida. En este sentido, y a pesar de esta condición, las masas de aguas estuvieron dominadas por el Agua Subantártica (**ASA**) y el Agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**), sin la participación del Agua Subtropical Superficial (**ASST**).

Por otro lado, la tendencia a largo plazo del oxígeno disuelto en la capa superficial (0 a 10 m de profundidad), es a mantenerse en los niveles detectados en los últimos meses, lo cual es notoriamente claro en las tres localidades analizadas, las que exhibieron una columna de agua bien oxigenada con rango cercanos a 5 mL O_2/L.

La serie de tiempo de la clorofila-***α***, con respecto a los meses anteriores, se mantiene en los rangos de las concentraciones detectadas para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones.

En cuanto a la evolución diaria del Indice de surgencia (**IS**), este registró valores que fueron favorables para la generacion de este proceso, en los tres puertos durante los dias de muestreos, destacando que las campañas de muestreos fueron realizadas durante el inicio de una fase activa de surgencia en los tres puertos.

Durante la campaña de Diciembre 2023, las condiciones oceanograficas se caracterizaron por presentar una columna de agua más cálida (en relacion a la serie de tiempo) con la permanencia de mayores temperaturas y una columna bien oxigenada a nivel local de cada puerto; mientras que a escala regional, en todo el Pacifico Ecuatorial, se ha destacado que las condiciones "El Niño" sigue su desarrollo para el Pacífico Oriental (Boletin Enero 2024, https://ciifen.org/wp-content/uploads/2023/12/Boletin_CIIFEN_diciembre_2023.pdf).

La biomasa zooplanctónica expresada en ml de zooplancton presentes en 1.000 m^3 de agua filtrada, fluctuó entre 264 y 941 con un promedio general para la zona de 532 (DS = 195,42), cifra 23% mayor y 6% menor, respecto a la obtenida durante noviembre 2023 y diciembre 2022, respectivamente.

Las mayores biomasas promedio se observaron frente a los puertos de Mejillones y Arica, exhibiendo Iquique un valor promedio igual a 463 ml de zooplancton/1.000 m^3, respectivamente.

Con respecto al mes de noviembre 2023, los puertos de desembarque de Iquique y Mejillones exhiben tasas de cambio en sus valores promedio de producción secundaria de -3% y +58%, respectivamente.

En relación al mes de diciembre 2022, las biomasas promedio del presente mes, muestran frente a las localidades de Arica y Mejillones una disminución de 4% y 18%, respectivamente; exhibiendo Iquique un incremento igual a 11%. Se observa en general un zooplancton constituido mayoritariamente por el grupo de los copépodos, decápodos y gelatinosos**.**

En términos comparativos y para la serie histórica analizada, meses diciembre 2001 a 2023, las biomasas estimadas durante el presente mes frente a las localidades de Arica, Iquique y Mejillones, se constituyen en el cuarto de los registros más altos de la serie analizada, apreciándose nuevamente una comunidad dominada principalmente por organismos del mesozooplancton.

El procesamiento y análisis de las 17 muestras de zooplancton recolectadas durante diciembre 2023, frente a los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones, permitió cuantificar la presencia de 233.840 huevos y 8.953 larvas de peces, cifras 159% mayor y 43% menor, con respecto a las obtenidas durante noviembre, para las respectivas fases de desarrollo.

Cabe destacar nuevamente la presencia de huevos de sardina española, frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones.

Para anchoveta se identificaron 15 estaciones positivas para huevos y larvas de anchoveta, en las cuales se recolectaron 220.333 huevos y 8.087 larvas, ambas cifras referidas a un área de superficie de mar de $10m^2$, lo que representó una frecuencia porcentual de 88% para los respectivos estadios de desarrollo; reflejando actividad reproductiva en la zona explorada, siendo ésta, en cuanto a intensidad, el segundo de los registros más altos para la fase de huevos y el décimo segundo para los estadios larvales de anchoveta, respectivamente para el período enero 2022- diciembre 2023.

Durante el presente mes, se registra una densidad de huevos y larvas de la especie, 98% mayor y 56% menor, respecto al mes de noviembre 2023.

La abundancia y distribución geográfica de huevos y larvas de anchoveta, muestra que las mayores densidades de los productos del desove y particularmente huevos, se registran frente al puerto de Arica disminuyendo hacia el sur de la zona de estudio.

Con respecto a los estadios larvales, estos exhiben la misma tendencia, es decir, mayores abundancias frente al puerto de Arica, disminuyendo hacia el sur de la zona explorada.

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en diciembre 2023, señala respecto a lo reportado el mes pasado, que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones positivas y totales, muestra un alza de 98% y 75% para el estadio de huevos y una disminución de 56% y 64% para las fases larvarias, respectivamente.

Las densidades expresadas en la serie de abundancia de huevos y larvas de anchoveta para el periodo octubre 2014 – diciembre 2023, reflejan nuevamente, que la postura ha sido permanente a través del tiempo, con alzas importantes en las épocas de pick primario y secundario de desove. Durante el presente mes, se registra un alza de 171% en la abundancia de huevos y una disminución de 39% en las fases larvarias de anchoveta.

El resultado de lo anterior, se vio reflejado en la abundancia de huevos de anchoveta estimada en diciembre 2023, la cual fue 56%, 3028%, 675%, 203%, 1150%, 1036%, 273%, 1357% y 21% mayor respecto a las obtenidas en diciembre de los años 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015 y 2014. Por su parte las larvas exhiben un incremento en sus niveles de abundancia de 101%, 155%, 3096%, 616%, 385%, 182% y 229%, respecto a los meses de diciembre de 2022, 2021, 2018, 2017, 2016, 2015 y 2014 y 22% y 57% menor respecto a los años 2020 y 2019.

Para sardina española, se aprecia una alta frecuencia de ocurrencia de huevos de esta especie frente a punta Angamos, siendo habitual su presencia desde abril a la fecha en las tres localidades de estudio.

INTRODUCCIÓN

El presente reporte contiene los resultados obtenidos de la realización del monitoreo mensual de la condición del recurso Anchoveta con énfasis en la abundancia y distribución de huevos y larvas de peces, efectuado entre el 11 y el 16 de diciembre 2023, frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones.

OBJETIVO GENERAL

Conocer las variaciones mensuales en la zona costera de la abundancia y distribución espacial de los estadios tempranos de peces.

METODOLOGÍA

Zona de estudio

El monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas correspondiente al mes de diciembre 2023, abarcó la zona marítima de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, comprendida entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°04'S), donde se establecieron para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones, dos transectas perpendiculares a la costa equidistantes cada 2 mn con estaciones programadas a 1, 3 y 5 mn (**Figs. 1, 2 y 3**).

Plataforma de trabajo y programación de estaciones in situ

Para el desarrollo de esta actividad, se utilizó como plataforma de trabajo las lanchas de servicio y PAM de Corpesca S.A. “J.C. Oviedo”, “Huracan” y “Albatros” para los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones. En el **Cuadro 1**, se consigna el número total de transectas y estaciones realizadas, el rango latitudinal y las fechas de inicio y término de esta actividad.

Cuadro 1

Programación de estaciones *in situ* realizadas durante diciembre 2023.

Número de Transectas	N° Estaciones	Duración en días	Rango latitudinal	Fecha Inicio y Término
6	17	6	18°25’ – 23°04’ LS	11 al 16 diciembre 2023

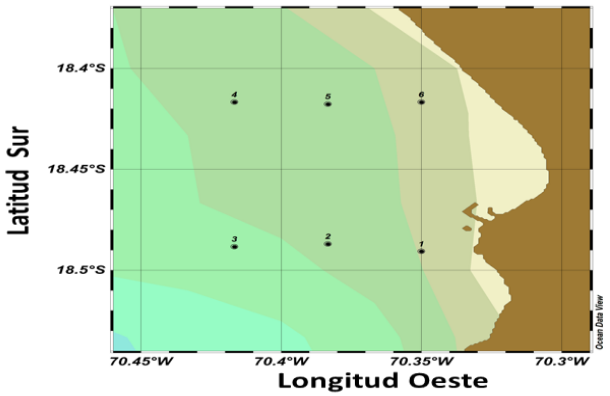


Figura 1. **Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en Arica.**

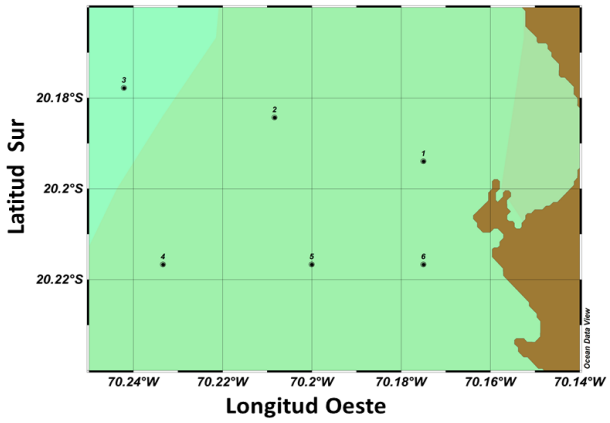


Figura 2. **Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en Iquique.**

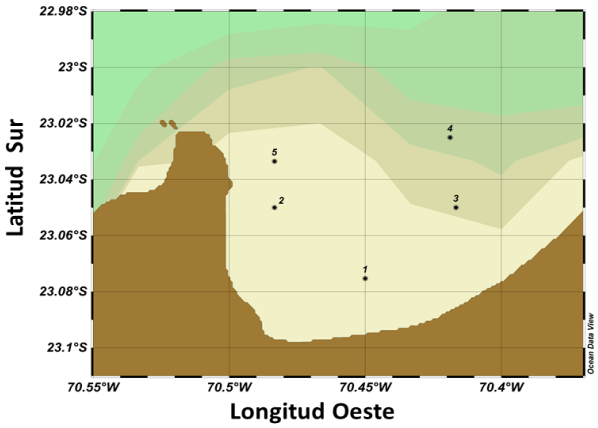


Figura 3. **Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en Mejillones.**

RESULTADOS

CONDICIÓN OCEANOGRÁFICA FRENTE A LA COSTA NORTE DE CHILE DICIEMBRE 2023

Durante diciembre 2023, en la franja comprendida entre la costa y las 5 mn, la temperatura superficial del mar (**TSM**), fluctuó entre 16,93°C registrado a 5 mn al norte de Arica y 20,87°C medido a 5 mn al sur de Iquique, con un promedio general para la zona de 18,71°C ± 1,034, temperatura promedio 2,7°C más alta, respecto a la reportada durante el mes de noviembre; observándose las menores temperaturas frente al puerto de Arica. Las **TSM** de los puertos de desembarque de Iquique y Mejillones, fueron 3,1°C y 3,2°C más altas, respecto a las reportadas en el mes de noviembre (**Fig. 4**).

Entre Iquique y punta Angamos se observaron salinidades superficiales comprendidas entre 34,611 y 34,745 ups con un promedio para la zona de estudio de 34,695 ± 0,035 ups. Este rango de salinidades, se presentan asociadas a un rango térmico de 17,77°C a 20,50°C y densidades comprendidas entre 24,439 y 25,035 Kg/m^3(**Fig. 5, Tabla 1**).

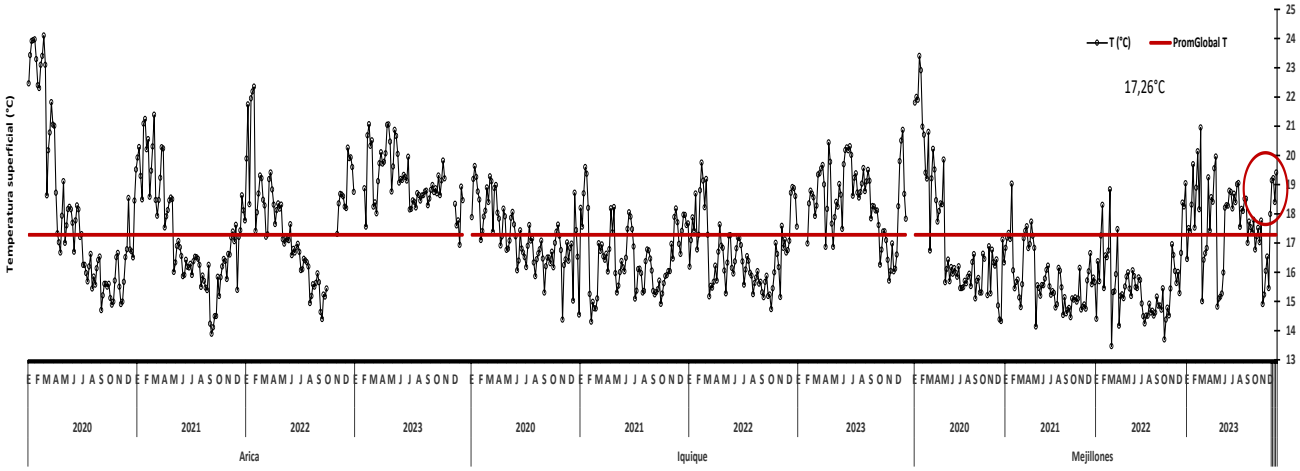


Figura 4. **Temperatura superficial del mar (TSM -°C) para los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones. Enero 2020 – diciembre 2023.**

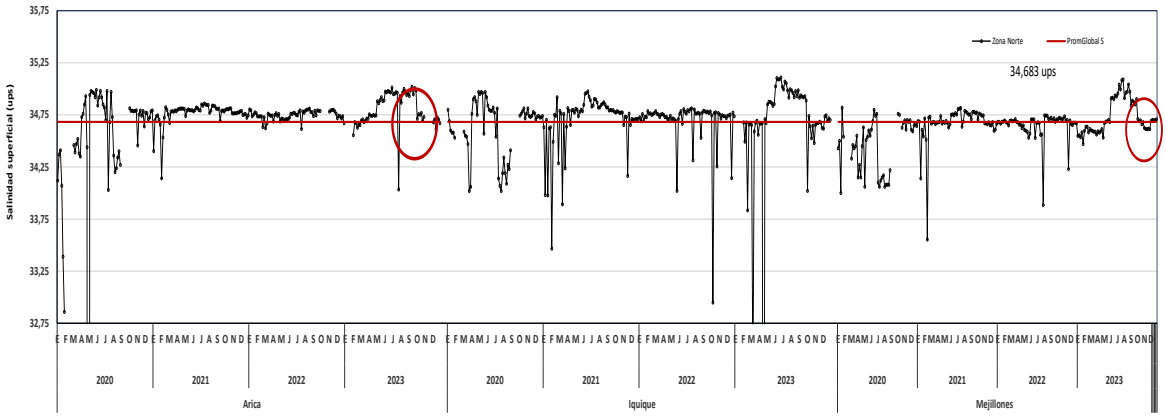
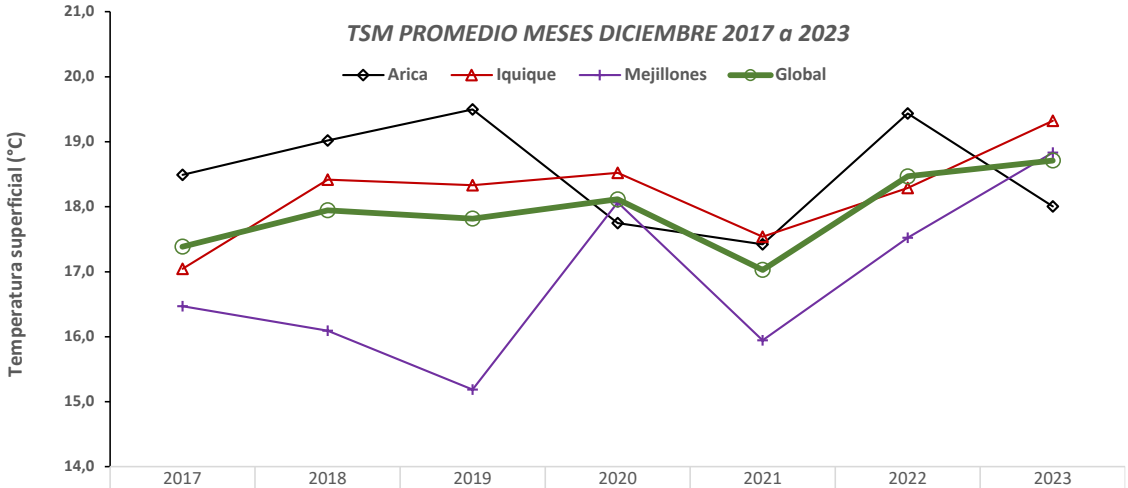


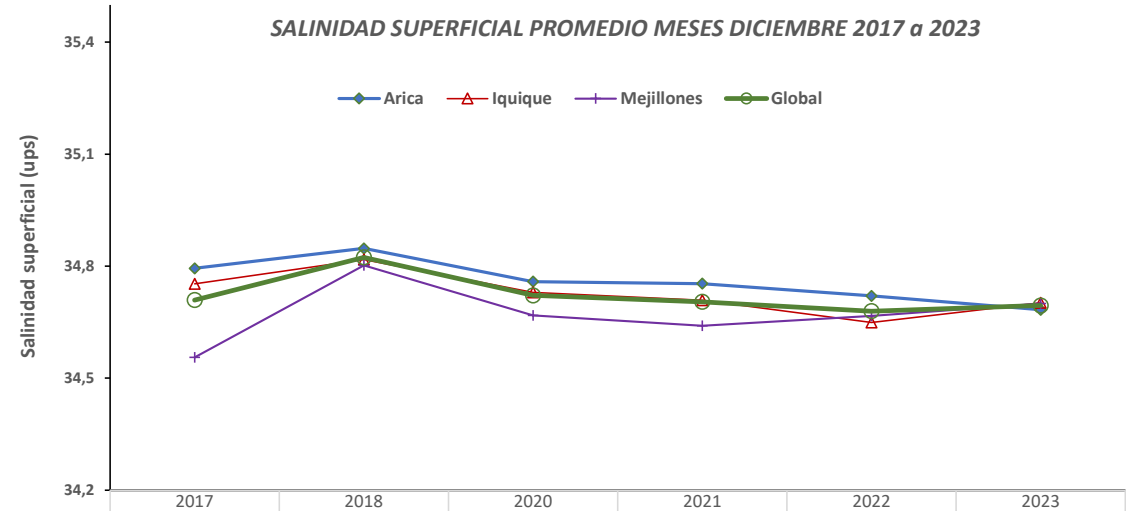
Figura 5. **Salinidad superficial promedio (ups) para los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones. Enero 2020 – diciembre 2023.**

Tabla 1. Estadígrafos de la temperatura (°C), salinidad (ups) y densidad (Kg/m^3) superficial (1m) frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones durante diciembre 2023.

1 m	T (°C)	S (ups)	D (Kg/m^3)
Global			
Promedio	18,712	34,695	24,646
Min	16,930	34,611	21,256
Max	20,870	34,745	25,325
DS	1,034	0,035	0,903
Arica			
Promedio	18,003	34,683	25,031
Min	16,930	34,611	24,819
Max	18,924	34,725	25,325
DS	0,713	0,041	0,183
Iquique			
Promedio	19,321	34,702	24,100
Min	17,828	34,619	21,256
Max	20,870	34,745	24,921
DS	1,249	0,045	1,408
Mejillones			
Promedio	18,832	34,700	24,838
Min	17,993	34,693	24,698
Max	19,409	34,708	25,043
DS	0,606	0,005	0,150



	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Arica	18,490	19,020	19,497	17,749	17,422	19,437	18,003
Iquique	17,045	18,418	18,332	18,523	17,539	18,290	19,321
Mejillones	16,469	16,092	15,186	18,068	15,944	17,521	18,832
Global	17,386	17,946	17,818	18,116	17,029	18,468	18,712



	2017	2018	2020	2021	2022	2023
Arica	34,794	34,848	34,759	34,753	34,720	34,683
Iquique	34,753	34,818	34,730	34,709	34,649	34,702
Mejillones	34,555	34,802	34,668	34,640	34,667	34,700
Global	34,709	34,824	34,722	34,704	34,679	34,695

Figura 6. **Temperatura y salinidad superficial del mar promedio (°C y ups) para los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones. Meses de diciembre 2017 a 2023.**

Cabe señalar que las TSM del presente mes, fueron 1,4°C más bajas frente al puerto de Arica, respecto a las registradas durante diciembre 2022; y 1,0° y 1,3°C más altas, al oeste de los puertos de Iquique y Mejillones, respectivamente, con promedios iguales a **18,00° ± 0,7, 19,32 ± 1,2 y 18,83 ± 0,6,** para Arica, Iquique y Mejillones (**Fig.6 y Tablas 1 y 2**)

En superficie se siguen manteniendo condiciones cálida, a lo que se debe sumar el calentamiento natural del sistema de acuerdo al ciclo anual.

La profundidad de la isoterma de 15 °C, indicadora de la profundidad de la capa de mezcla para este mes, se pudo detectar en posiciones relativamente más profundas, con la excepción de Mejillones, donde se presento en una posición más somera y cuyos promedios correspondieron a 11,1 ± 4,1; 23,2 ± 1,4 y 22,5 ± 1,7 m para Arica, Iquique y Mejillones respectivamente (**Figs. 7, 8 y 9**).

La oxilínea de 1 mL de O_2, indicadora del limite superior de la zona de mínimos de oxígeno, sólo fue registrada en Arica e Iquique donde se detectó a una profundidad de 19,6 ± 5,2 y 44,1 ± 2,2 m, mientras que en Mejillones no se detectó producto de una mayor oxigenación de la columna de agua.

Diciembre 2023, respecto al mismo mes del año anterior, presentó un aumento considerable de las temperaturas para las localidades de Arica, Iquique y Mejillones, con una tendencia hacia una condición mas cálida. En este sentido, y a pesar de esta condición, las masas de aguas estuvieron dominadas por el Agua Subantártica (**ASA**) y el Agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**), sin la participación del Agua Subtropical Superficial (**ASST**).

Por otro lado, la tendencia a largo plazo del oxígeno disuelto en la capa superficial (0 a 10 m de profundidad), es a mantenerse en los niveles detectados en los últimos meses, lo cual es notoriamente claro en las tres localidades analizadas, las que exhibieron una columna de agua bien oxigenada con rango cercanos a 5 mL O_2/L (**Fig. 10**).

La serie de tiempo de la clorofila-***α***, con respecto a los meses anteriores, se mantiene en los rangos de las concentraciones detectadas para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones (**Fig. 11**).

En cuanto a la evolución diaria del Indice de surgencia (**IS**), este registró valores que fueron favorables para la generacion de este proceso, en los tres puertos durante los dias de muestreos, destacando que las campañas de muestreos fueron realizadas durante el inicio de una fase activa de surgencia en los tres puertos (**Fig. 12**).

Durante la campaña de Diciembre 2023, las condiciones oceanograficas se caracterizaron por presentar una columna de agua más cálida (en relacion a la serie de tiempo) con la permanencia de mayores temperaturas y una columna bien oxigenada a nivel local de cada puerto; mientras que a escala regional, en todo el Pacifico Ecuatorial, se ha destacado que las condiciones "El Niño" sigue su desarrollo para el Pacífico Oriental (Boletin Enero 2024, https://ciifen.org/wp-content/uploads/2023/12/Boletin_CIIFEN_diciembre_2023.pdf).

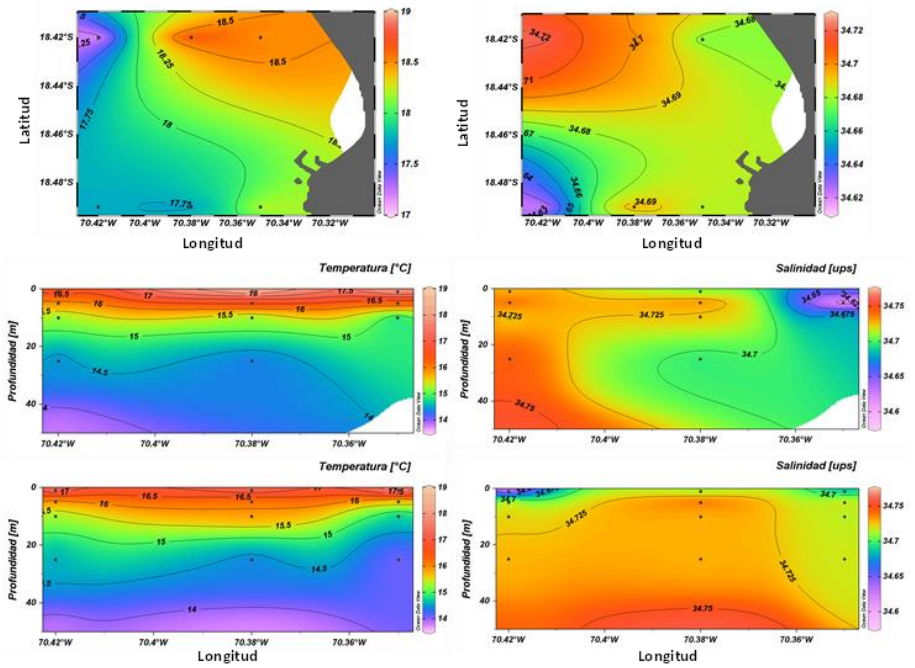


Figura 7. **Distribución superficial y vertical de temperatura (°C) (panel izquierdo) y salinidad (ups) (panel derecho) en Arica durante diciembre 2023.**

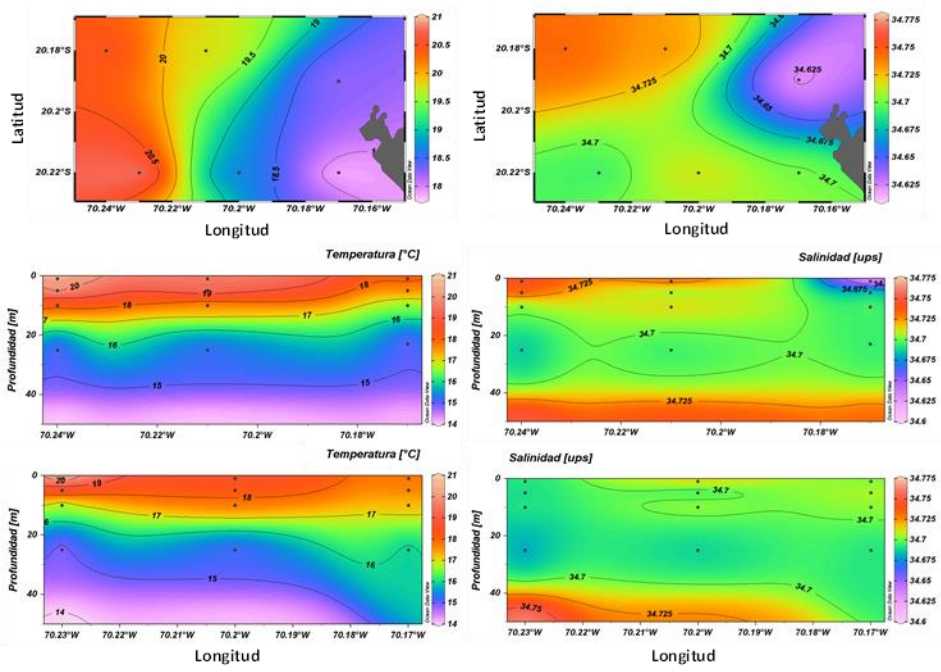


Figura 8. **Distribución superficial y vertical de temperatura (°C) (panel izquierdo) y salinidad (ups) (panel derecho) en Iquique durante diciembre 2023.**

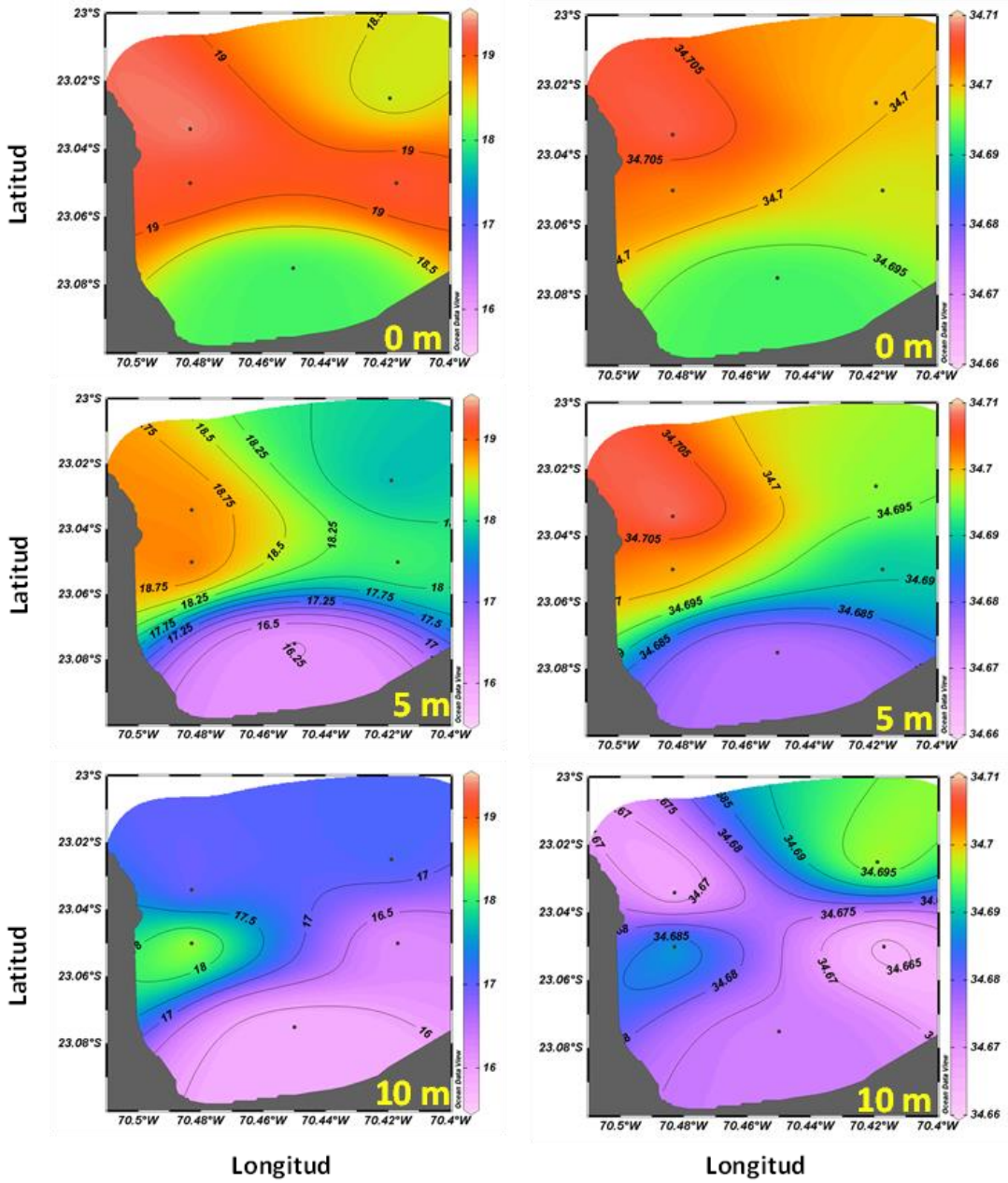


Figura 9. **Distribución de temperatura (°C) (panel izquierdo) y salinidad (ups) (panel derecho) a 0, 5 y 10 m de profundidad en Mejillones durante diciembre 2023.**

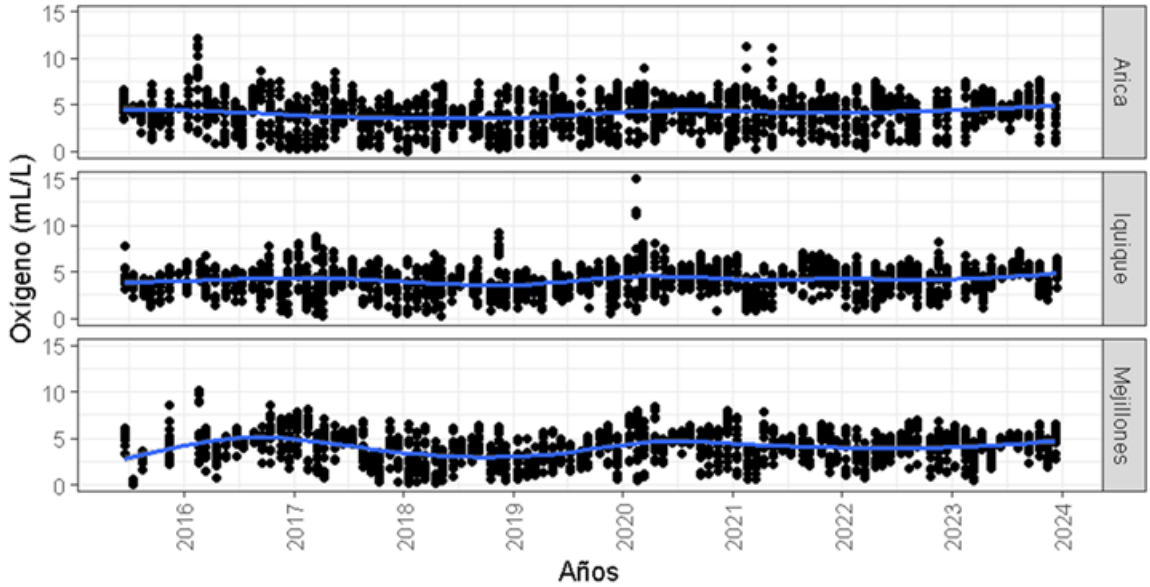


Figura 10. **Variabilidad del promedio mensual de oxígeno disuelto (mL/L) en Arica, Iquique y Mejillones entre agosto 2015 y diciembre 2023.**

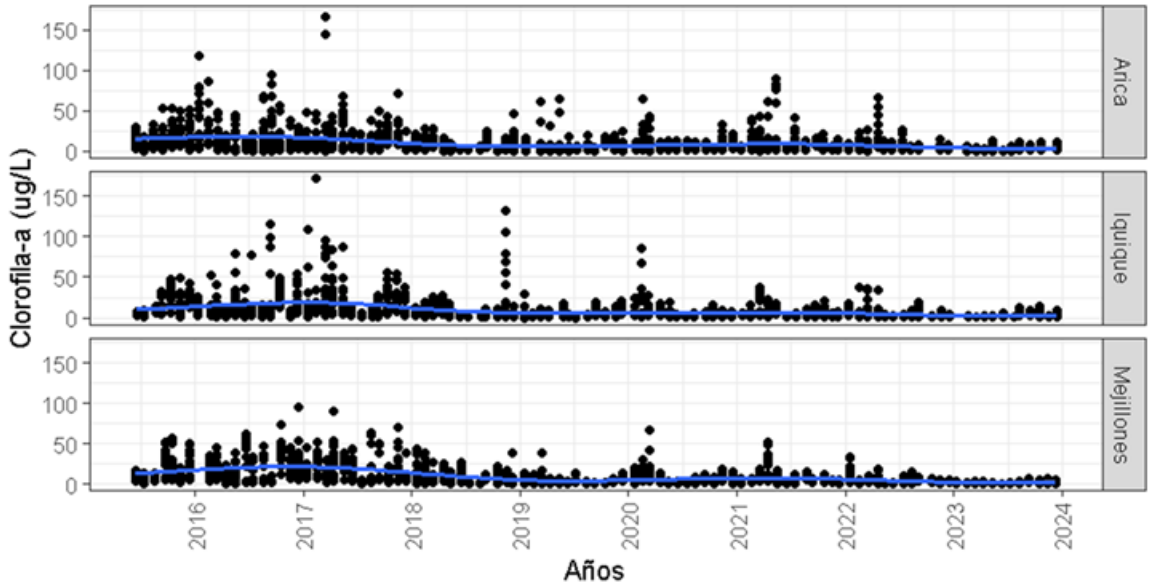


Figura 11. **Variabilidad del promedio mensual de biomasa fitoplanctónica (µgCl-*a*/L) en Arica, Iquique y Mejillones entre agosto 2015 y diciembre 2023.**

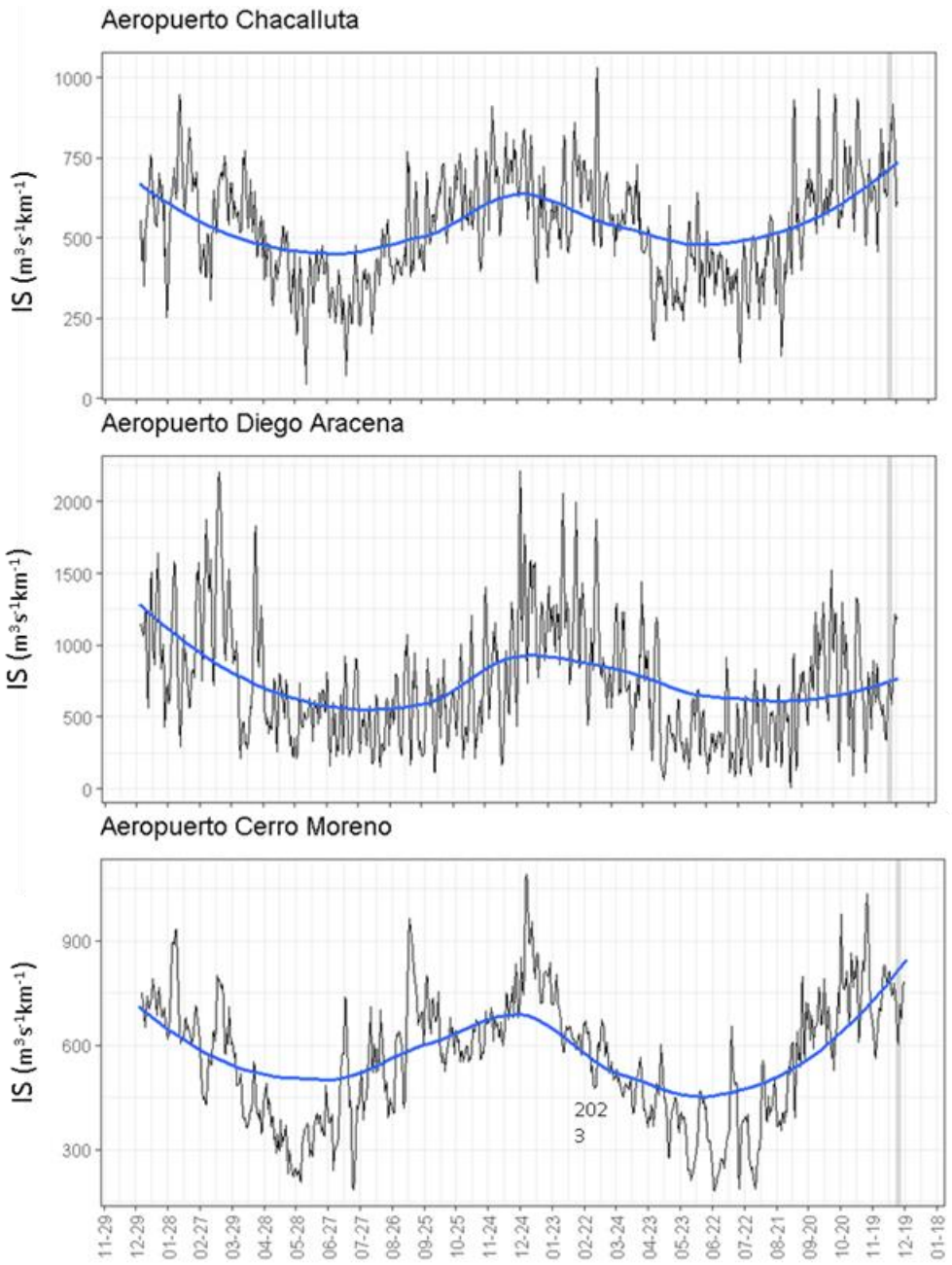


Figura 12. **Variabilidad diaria del Indice de surgencia (IS) entre Diciembre 2022 y diciembre 2023: (A) Arica, (B) Iquique y (C) Mejillones. Línea continua: promedio móvil de siete días. Zona achurada: semana en que se realizaron los muestreos.**

Tabla 2. Estadígrafos de la temperatura (°C), salinidad (ups) y densidad (Kg/m^3) de la columna de agua frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones durante diciembre 2023.

Global	T (°C)	S(ups)	D kg/m^3
Mínimo	13,107	34,489	24,256
Máximo	20,870	34,781	26,450
Promedio	15,008	34,695	25,862
Desvest	1,533	0,053	0,427
Arica	T (°C)	S(ups)	D kg/m^3
Mínimo	13,555	34,489	24,819
Máximo	18,924	34,775	26,406
Promedio	14,676	34,727	25,941
Desvest	1,098	0,036	0,329
Iquique	T (°C)	S(ups)	D kg/m^3
Mínimo	13,299	34,619	24,256
Máximo	20,870	34,781	26,450
Promedio	15,193	34,720	25,849
Desvest	1,692	0,027	0,483
Mejillones	T (°C)	S(ups)	D kg/m^3
Mínimo	13,107	34,542	24,698
Máximo	19,415	34,747	26,342
Promedio	15,044	34,639	25,814
Desvest	1,588	0,043	0,417

1.1 Arica

El contenido de oxígeno disuelto fluctuó entre 0,4 y 5,9 mL O_2/L. Se detectaron mayores concentraciones de este gas a nivel superficial al norte de área de estudio, en la estación 5, a 3 mn de la costa. Esta variable, en la capa superficial se presentó bien oxigenada y se caracterizó por un leve gradiente de descenso desde la costa al sector más oceánico de la grilla de muestreo, destacándose la presencia de un núcleo de mayores valores (> 5 mL O_2/L) en el sector costero al norte del área (**Fig. 13, Tabla 3 y Fig. 14**). La sección norte, mostró la presencia de un estrato superficial bien oxigenado que abarco hasta los 5 m de profundidad (> 4 mL O_2/L). Bajo la capa superficial, la columna de agua mostró concentraciones inferiores a 3 mL O_2/L, registrando concentraciones menores a 1 mL O_2/L en la capa más profunda, bajo los 30 m. Al igual que la transecta anterior, la sección sur también evidenció una capa superficial bien oxigenada (> 4 mL O_2/L) que abarcó hasta 10 m de profundidad, sobrepasando esta profundidad en el sector central de la transecta. A mayor profundidad, y en toda la columna de agua de la sección, se destacó la presencia de niveles de oxígeno disuelto inferiores a 1 mL O_2/L (**Fig. 15**).

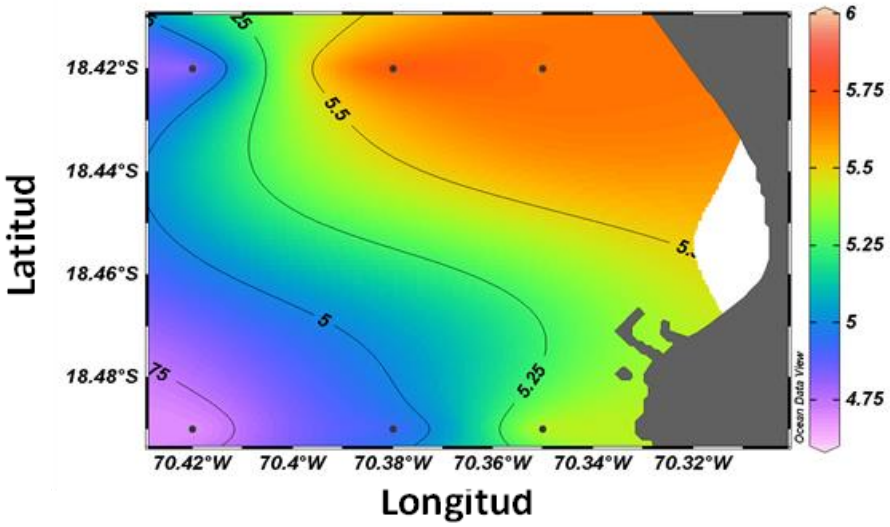
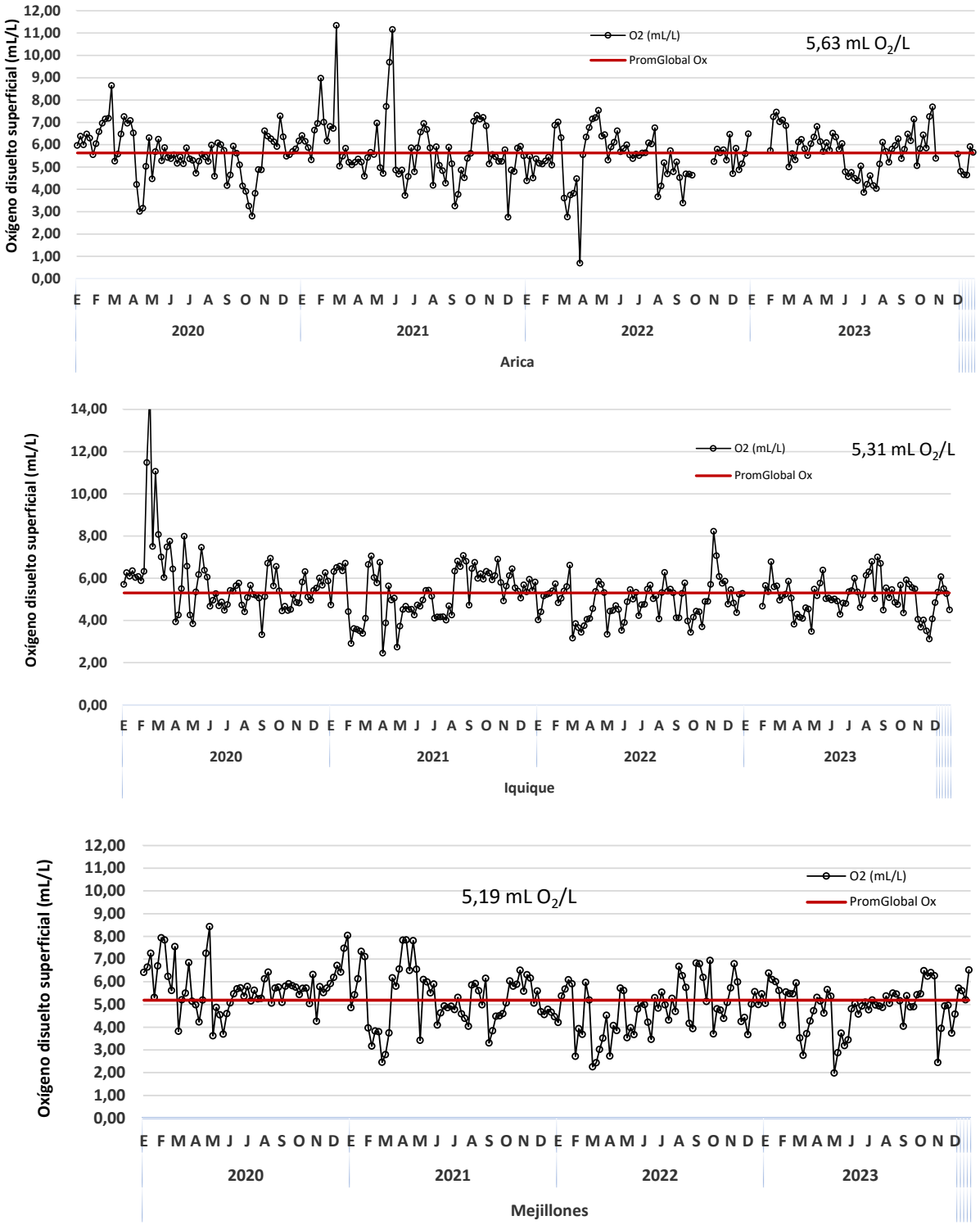


Figura 13. **Distribución superficial de oxígeno disuelto (mL/L) en Arica durante diciembre 2023.**

Tabla 3. **Estadígrafos de la concentración de clorofila a (µg/L), feopigmentos (µg/L) y contenido de oxígeno disuelto (mL/L) de la columna de agua frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones, diciembre 2023.**

Global	Cloa (µg/L)	Feop (µg/L)	O_2(mL/L)
Mínimo	0,12	0,06	0,39
Máximo	11,36	1,95	6,52
Promedio	2,28	0,74	3,37
Desvest	2,78	0,47	1,87
Arica			
Mínimo	0,18	0,34	0,39
Máximo	11,36	1,93	5,92
Promedio	3,90	1,06	2,74
Desvest	3,66	0,42	1,94
Iquique			
Mínimo	0,16	0,06	0,62
Máximo	8,53	1,17	6,45
Promedio	1,02	0,38	3,57
Desvest	1,72	0,24	1,89
Mejillones			
Mínimo	0,12	0,14	1,22
Máximo	4,79	1,95	6,52
Promedio	2,05	0,82	3,82
Desvest	1,72	0,46	1,67



Figuras 14. **Variabilidad mensual del contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en Arica, Iquique y Mejillones entre enero 2020 y diciembre 2023. (línea roja promedio).**

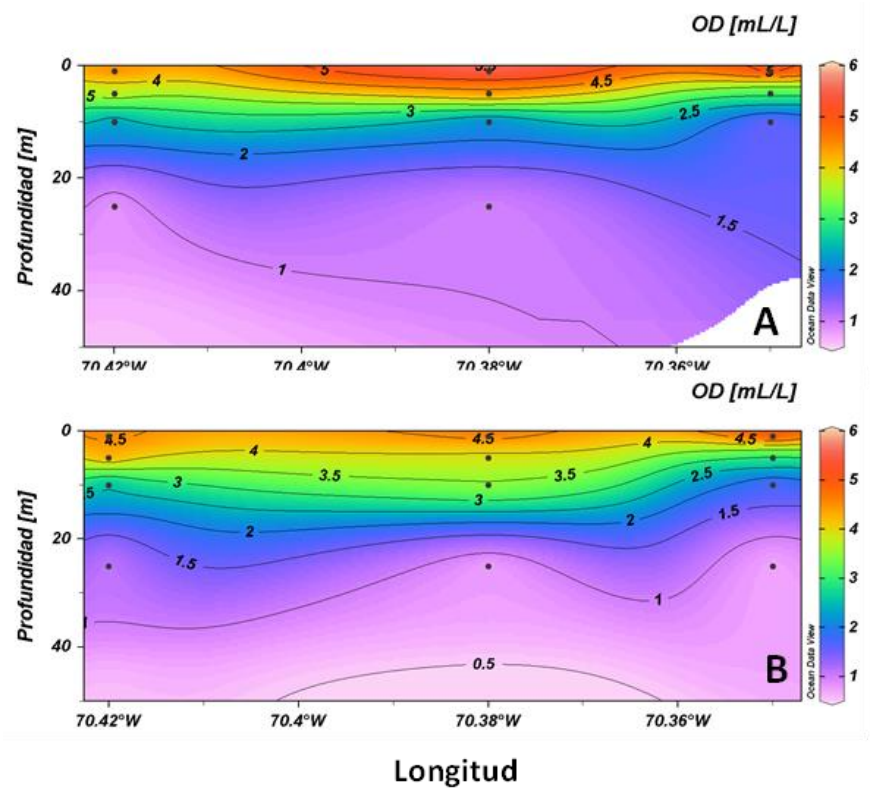


Figura 15. **Secciones verticales de oxígeno disuelto (mL/L) en Arica durante diciembre 2023. A: transecta norte, B: transecta sur.**

La concentración de clorofila-***a*** fluctuó entre 0,2 y 11,4 µg Cl-a/L. La máxima concentración de este pigmento se detectó en el estrato de los 5 m de profundidad de la estación 5, ubicada a 3 mn de la costa. La biomasa fitoplanctónica, se caracterizó por presentar una capa superficial con concentraciones relativamente homogéneas, con un núcleo de mayores concentraciones al noroeste de la grilla de estudio, con valores mayores a 8 µg Cl-a/L (**Fig. 16; Tabla 3**). En el plano vertical, la sección norte destacó por registrar una capa superficial con concentraciones de este pigmento mayores a 6 µg Cl-a/L, las que se extendieron a través de toda la transecta, destacando que en la estación central se detectaron las mayores concentraciones de clorofila-***a***. Bajo los 20 m de profundidad, dominaron concentraciones de clorofila-***a*** inferiores a 2 µg Cl-a/L, las que abarcaron hasta los 50 m de profundidad. La transecta sur, se caracterizó principalmente por la formación de un núcleo de altas concentraciones (> 6 µg Cl-a/L), a los 5 m de profundidad en la estación central de la transecta. En el resto de la columna de agua, las concentraciones de este pigmento fueron inferiores a 2 µg Cl-a/L, principalmente en el estrato más profundo de la sección con concentraciones menores a 1 µg Cl-a/L) (**Fig. 17**).

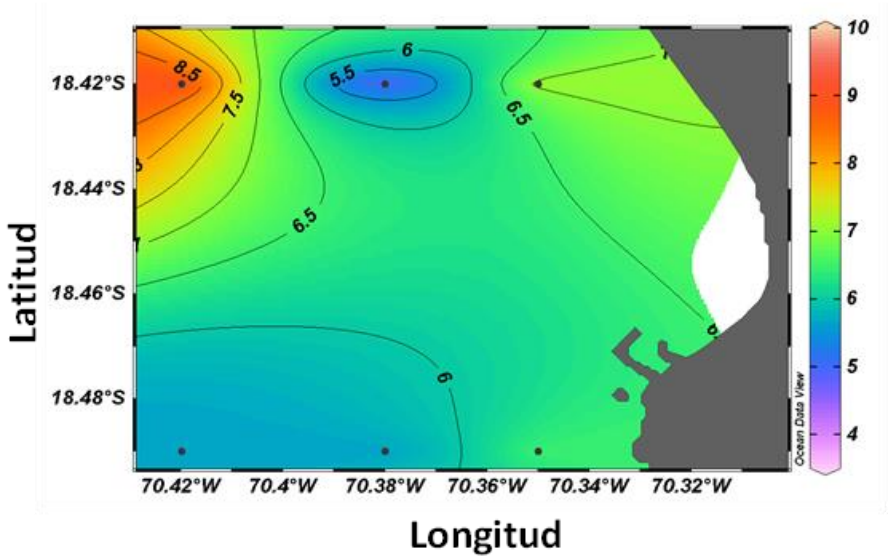


Figura 16. **Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) en Arica durante diciembre 2023.**

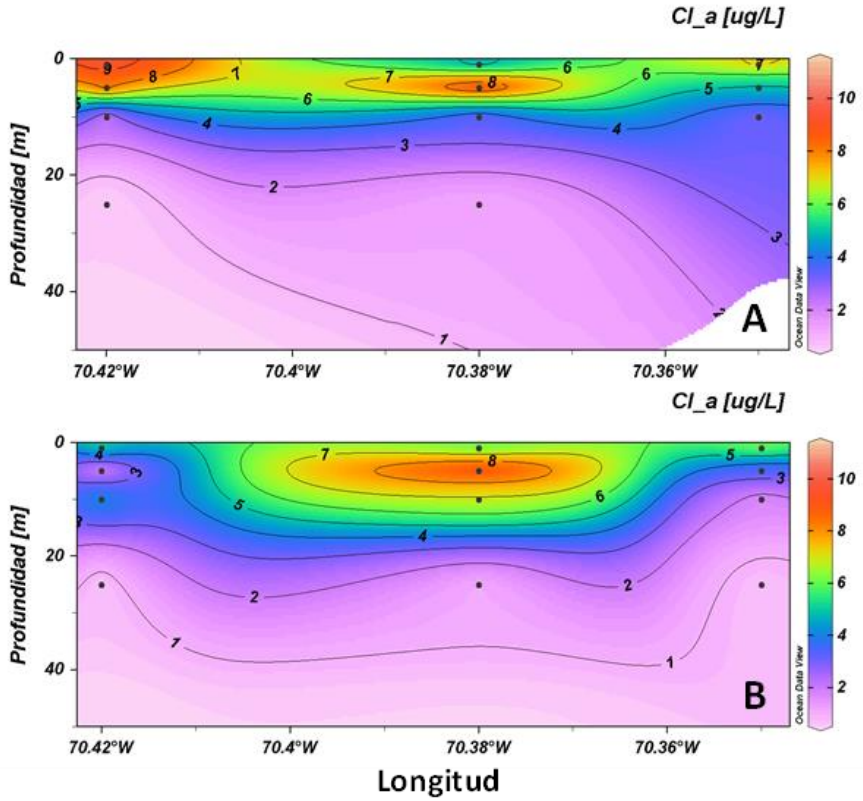


Figura 17. **Secciones verticales de biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) en Arica durante diciembre 2023. A: transecta norte, B: transecta sur.**

1.2 Iquique

El oxígeno disuelto fluctuó entre 0,6 y 6,5 mL O_2/L. La máxima concentración de este gas se observó en el estrato subsuperficial, al norte de la grilla de muestreo, a 5 mn de la costa (estación 3). La capa superficial se presentó bien oxigenada (> 5 mL O_2/L), y se caracterizó por la formación de un núcleo de bajos valores (< 5 mL O_2/L), en el margen costero al sur del área de estudio (**Fig. 18**). En la componente vertical, la sección norte mostró una banda superficial bien oxigenada (> 4,5 mL O_2/L), que se extendió a lo largo de toda la sección. Bajo los 30 m de profundidad, los valores de este gas registraron concentraciones inferiores a 2 mL O_2/L, destacándose la presencia de valores menores a 1 mL O_2/L en la capa de fondo. En la sección sur se observa una capa superficial bien oxigenada (> 4,5 mL O_2/L), la que alcanzó hasta los 20 m de profundidad en el sector más alejado de la costa. En la capa de fondo (50 m) las concentraciones de este gas se caracterizaron por ser inferiores a 1 mL O_2/L (**Fig. 19**).

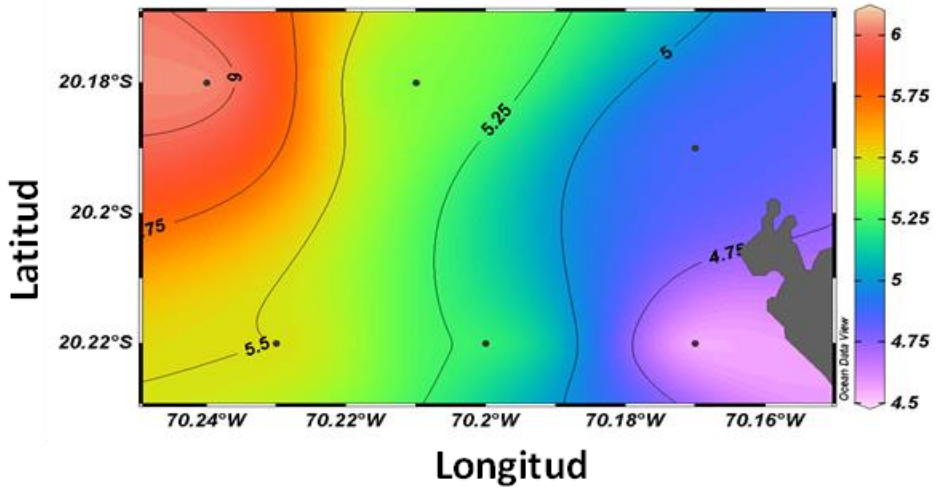


Figura 18. Distribución superficial de oxígeno disuelto (mL/L) en Iquique durante diciembre 2023.

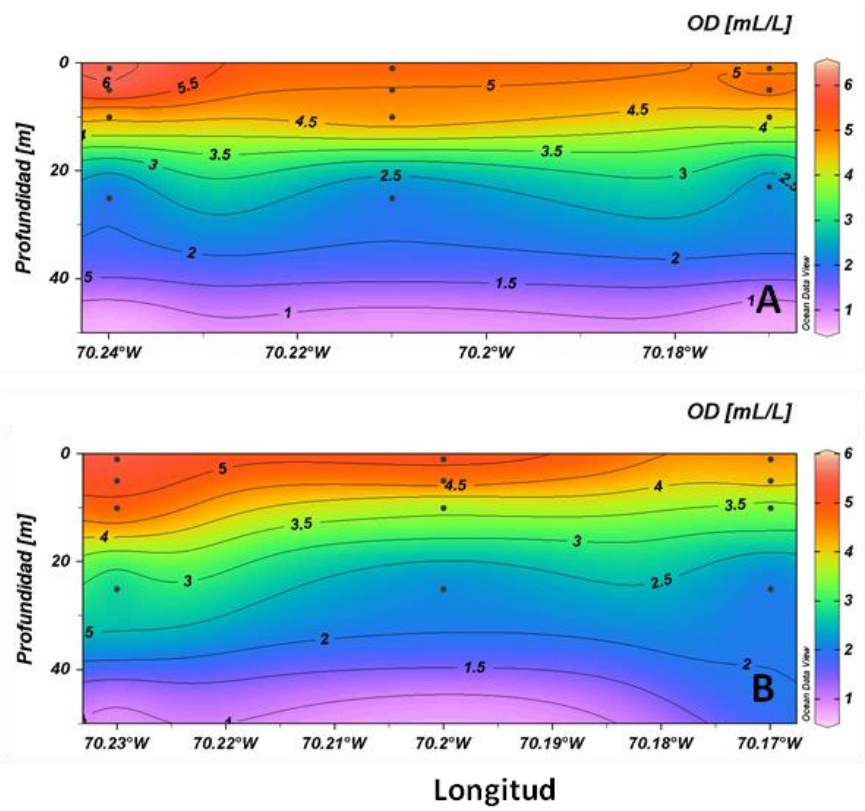


Figura 19. **Secciones verticales de oxígeno disuelto (mL/L) en Iquique durante diciembre 2023. A: transecta norte, B: transecta sur.**

La concentración de clorofila-***a*** fluctuó entre 0,2 y 8,5 µg Cl-a/L. La máxima concentración de este pigmento se detectó a 10 m de profundidad en la estación 1 (1 mn de la costa - sección norte). La biomasa fitoplanctónica en superficie se caracterizó por la presencia de un gradiente costa océano, con las mayores concentraciones en el margen costero al norte del área de estudio, con valores superiores a 3 µg Cl-a/L (**Fig. 20; Tabla 3**). Verticalmente, la sección norte presentó un patrón con un claro núcleo de mayores concentraciones en la capa subsuperficial en el margen costero, con valores superiores a 5 µg Cl-a/L, destacando que el resto de la columna de agua presentó concentraciones inferiores a 1 µg Cl-a/L). En la transecta sur la columna de agua se caracterizó por presentar concentraciones inferiores a 1 µg Cl-a/L en toda la sección (**Fig. 21**).

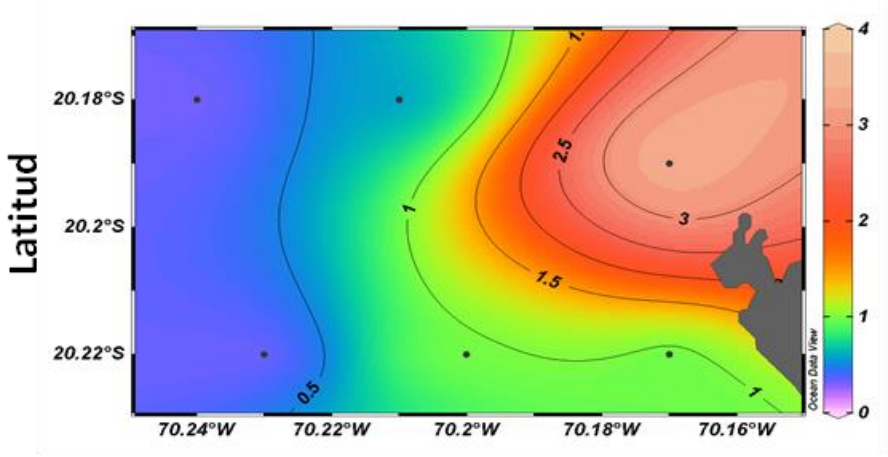


Figura 20. **Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) en Iquique durante diciembre 2023.**

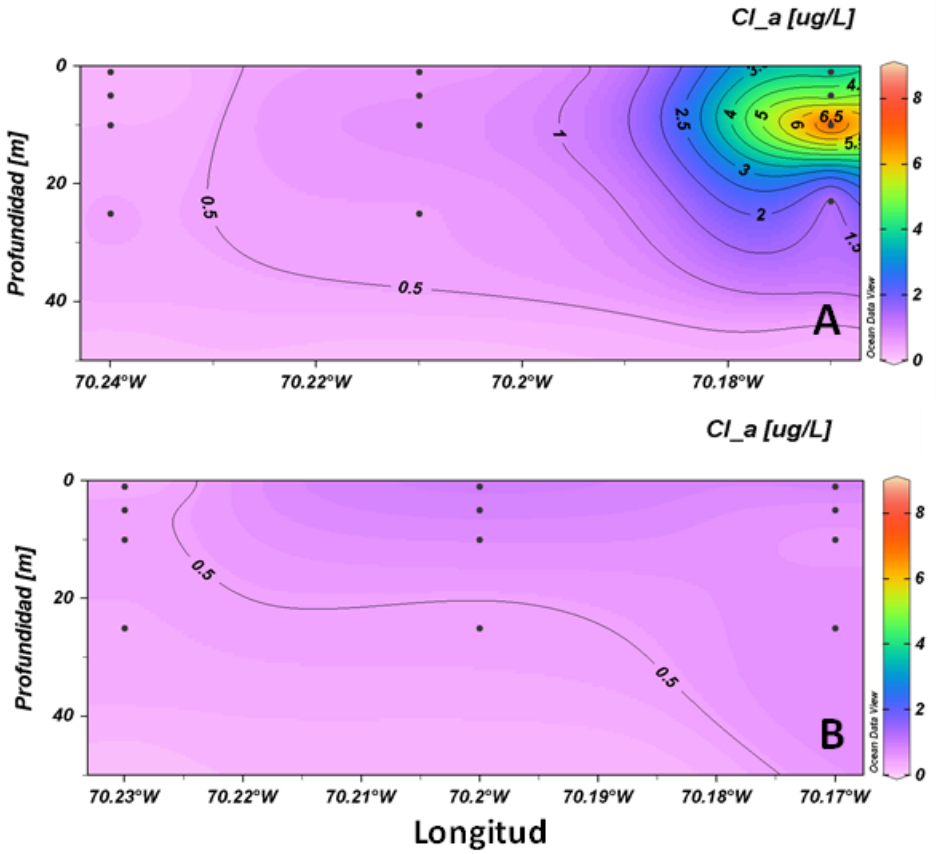


Figura 21. **Secciones verticales de biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) en Iquique durante diciembre 2023. A: transecta norte, B: transecta sur.**

1.3 Mejillones

El oxígeno disuelto fluctuó entre 1,2 y 6,5 mL O_2/L. El máximo valor de oxígeno fue detectado a 1 m de profundidad de la estación 6 al sur de la grilla de estudio. La distribución superficial de este gas muestra un estrato con una banda central (de este a oeste) bien oxigenado (> 5 mL O_2/L), evidenciando la formación de un núcleo de relativamente bajos valores al sur del área de estudio (< 5 mL O_2/L). El estrato de los 5 m, mantiene un patrón similar al descrito para superficie, no obstante, el sector sur intensifica la presencia de menores concentraciones (< 4 mL O_2/L), y un núcleo de mayores concentraciones al noroeste con niveles superiores a 5 mL O_2/L. En la capa de los 10 m de profundidad, las concentraciones son menores a los descritos anteriormente, se mantiene el núcleo de bajos valores al sur del área con valores < 4 mL O_2/L (**Fig. 22, panel izquierdo**). En la capa más profunda las concentraciones de oxígeno son inferiores a 3 mL O_2/L no detectándose concentraciones menores a 1 mL O_2/L (**Tabla 4**).

La concentración de clorofila-***a*** fluctuó entre 0,1 y 4,8 µg Cl-a/L. La máxima concentración de clorofila-***a*** fue detectada al centro del área de estudio en la capa de 1 m de profundidad, ubicada en la estación 3. La distribución de la biomasa fitoplanctónica en la capa superficial se caracterizó por presentar un núcleo de mayores concentraciones (> 4 µg Cl-a/L) al sureste del área de estudio, adyacente a un núcleo de menores valores (> 2 µg Cl-a/L). En el estrato de los 5 m se mantiene el núcleo de altos valores del sector sureste, que se extiende hacia el oeste formando una franja central de mayores concentraciones (> 3,5 µg Cl-a), con la presencia de dos núcleos de menores valores al norte y sur del área de estudio (< 2 µg Cl-a/L). En la capa de 10 m de profundidad, se mantiene el núcleo de altas concentraciones, pero al oeste del área de estudio (> 3,5 µg Cl-a), con un claro núcleo de menores valores al sur del área de estudio (**Fig. 22, panel derecho**). Bajo los 25 m de profundidad los valores de este pigmento son notoriamente bajos en casi toda la columna de agua, con concentraciones que no superaron los 2 µg Cl-a/L (**Tabla 4**).

Tabla 4. Valores de biomasa fitoplanctónica (Cla) (µg Cl-a/L), oxígeno disuelto (OD) (mL/L), profundidad de la capa de mezcla y profundidad del límite superior de la ZMO (LS_ZMO) (m) registrados en Mejillones durante diciembre 2023.

Estación	z	Cla	OD	PCM	POMZ
1	1	3.44	4.57	20.50	----
	5	1.37	3.32		
	10	0.96	2.85		
	25	0.37	1.66		
2	1	3.23	5.72	23.59	----
	5	4.69	5.15		
	10	4.00	4.75		
	25	0.36	2.51		
	50	0.25	1.22		
3	1	4.76	5.60	24.73	----
	5	4.29	5.33		
	10	2.24	3.42		
	25	0.55	2.94		
	45	0.12	1.81		
4	1	1.37	5.21	22.45	----
	5	1.66	4.97		
	10	1.88	4.62		
	25	0.61	2.64		
	50	0.12	1.60		
6	1	3.44	6.52	21.11	----
	5	3.93	6.06		
	10	4.79	5.23		
	25	0.48	2.59		
	50	0.26	1.30		

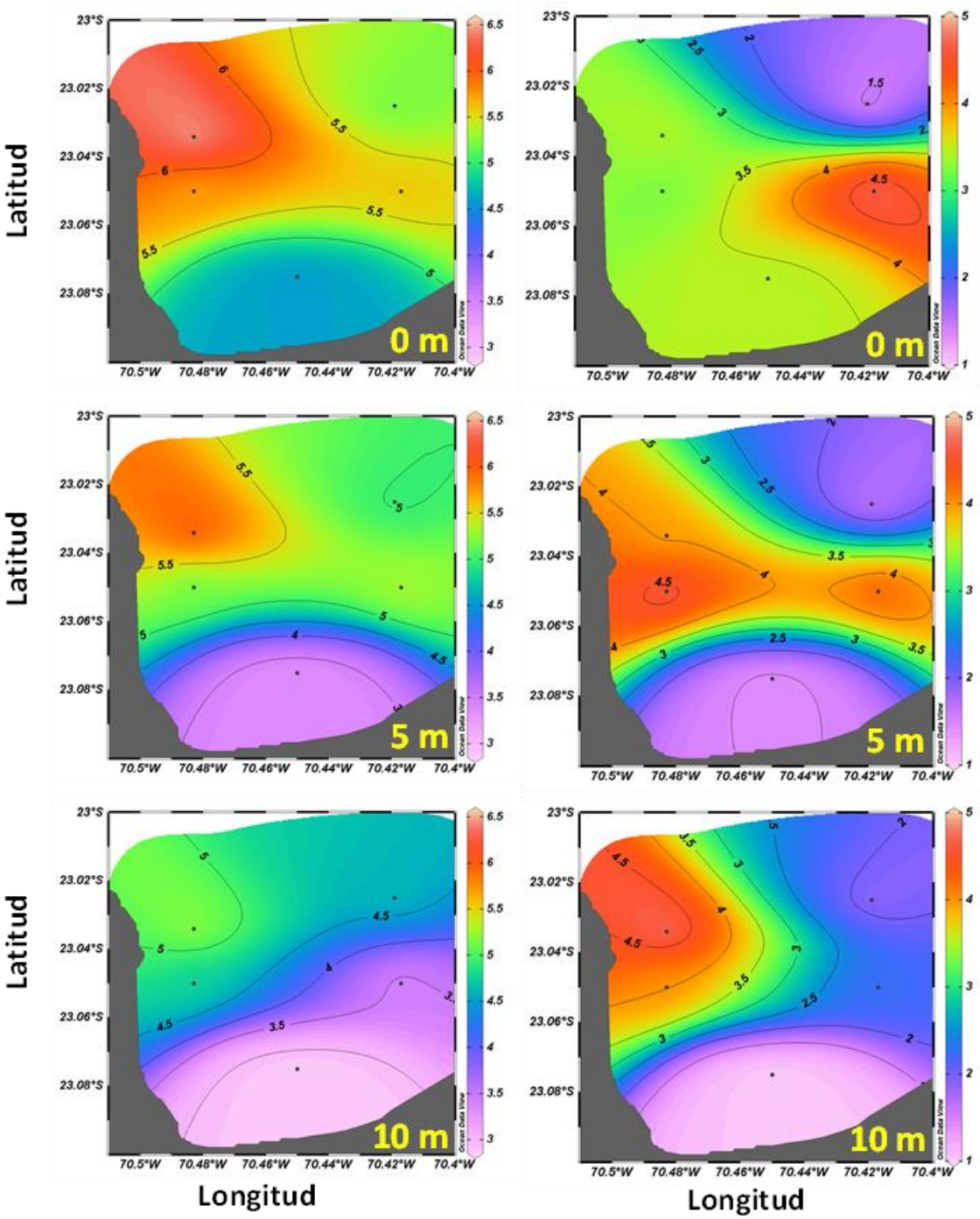


Figura 22. **Distribución del oxígeno disuelto (mL/L) (panel izquierdo) y de la biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) (panel derecho) en Mejillones a 0, 5 y 10 m de profundidad, durante diciembre 2023.**

2. Estimación de la biomasa zooplanctónica

Durante diciembre 2023, la biomasa zooplanctónica expresada en ml de zooplancton presentes en 1.000 m^3 de agua filtrada, fluctuó entre 264 y 941 con un promedio general para la zona de 532 (DS = 195,42), cifra 23% mayor y 6% menor, respecto a la obtenida durante noviembre 2023 y diciembre 2022, respectivamente (**Fig. 23**).

Se observa una clara dominancia de valores categorizados en el rango de densidad 301-900 ml/1.000 m^3, el que representó más del 88% de la biomasa total. Como tendencia general, se aprecia un incremento de la biomasa hacia el sur de la zona de estudio (**Fig. 24**).

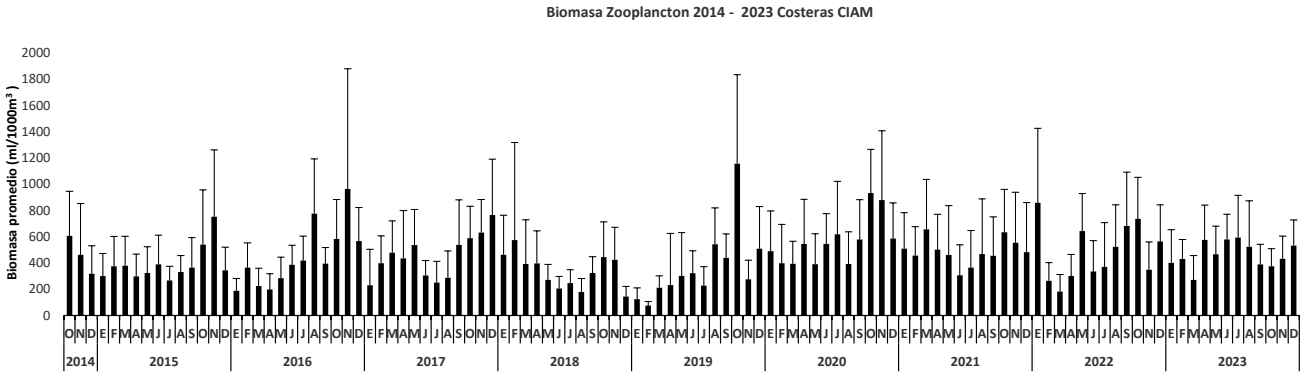


Figura 23. Estimación de la biomasa zooplanctónica, zona norte. Octubre 2014 – diciembre 2023.

Las mayores biomasas promedio se observaron frente a los puertos de Mejillones y Arica, exhibiendo Iquique un valor promedio igual a 463 ml de zooplancton/1.000 m^3, respectivamente (**Cuadro 2**).

Cuadro 2

Estadígrafos de la biomasa zooplanctónica para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones durante diciembre 2023.

Puertos	*N*	*Mínimo*	*Máximo*	*Promedio*	*Dest*	*CV(%)*
Arica	*6*	*455*	*710*	*547*	*124,55*	*0,23*
Iquique	*6*	*319*	*893*	*463*	*215,59*	*0,47*
Mejillones	*5*	*264*	*941*	*596*	*250,36*	*0,42*

En la figura 24 se muestra la biomasa zooplanctónica con respecto a la distancia de la costa (mn) para las localidades de estudio, observándose que las más altas biomasas se registraron a 3, 1 y 5 mn al oeste de los puertos Arica, Iquique y Mejillones, respectivamente.

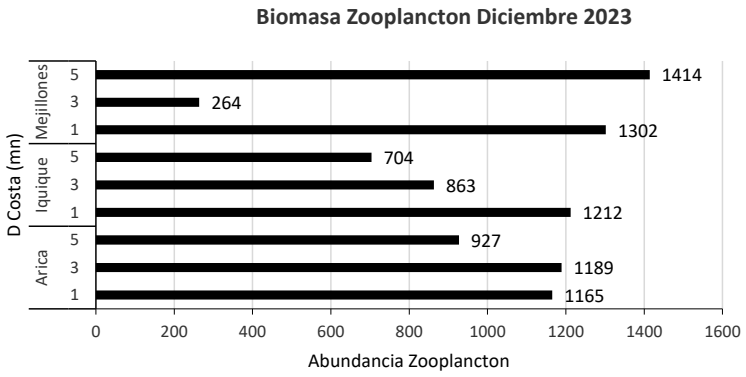


Figura 24. Abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica con respeto a la distancia de la costa (mn). Diciembre 2023.

Con respecto al mes de noviembre 2023, los puertos de desembarque de Iquique y Mejillones exhiben tasas de cambio en sus valores promedio de producción secundaria de -3% y +58%, respectivamente.

En relación al mes de diciembre 2022, las biomasas promedio del presente mes, muestran frente a las localidades de Arica y Mejillones una disminución de 4% y 18%, respectivamente; exhibiendo Iquique un incremento igual a 11%. Se observa en general un zooplancton constituido mayoritariamente por el grupo de los copépodos, decápodos y gelatinosos (**Fig. 25).**

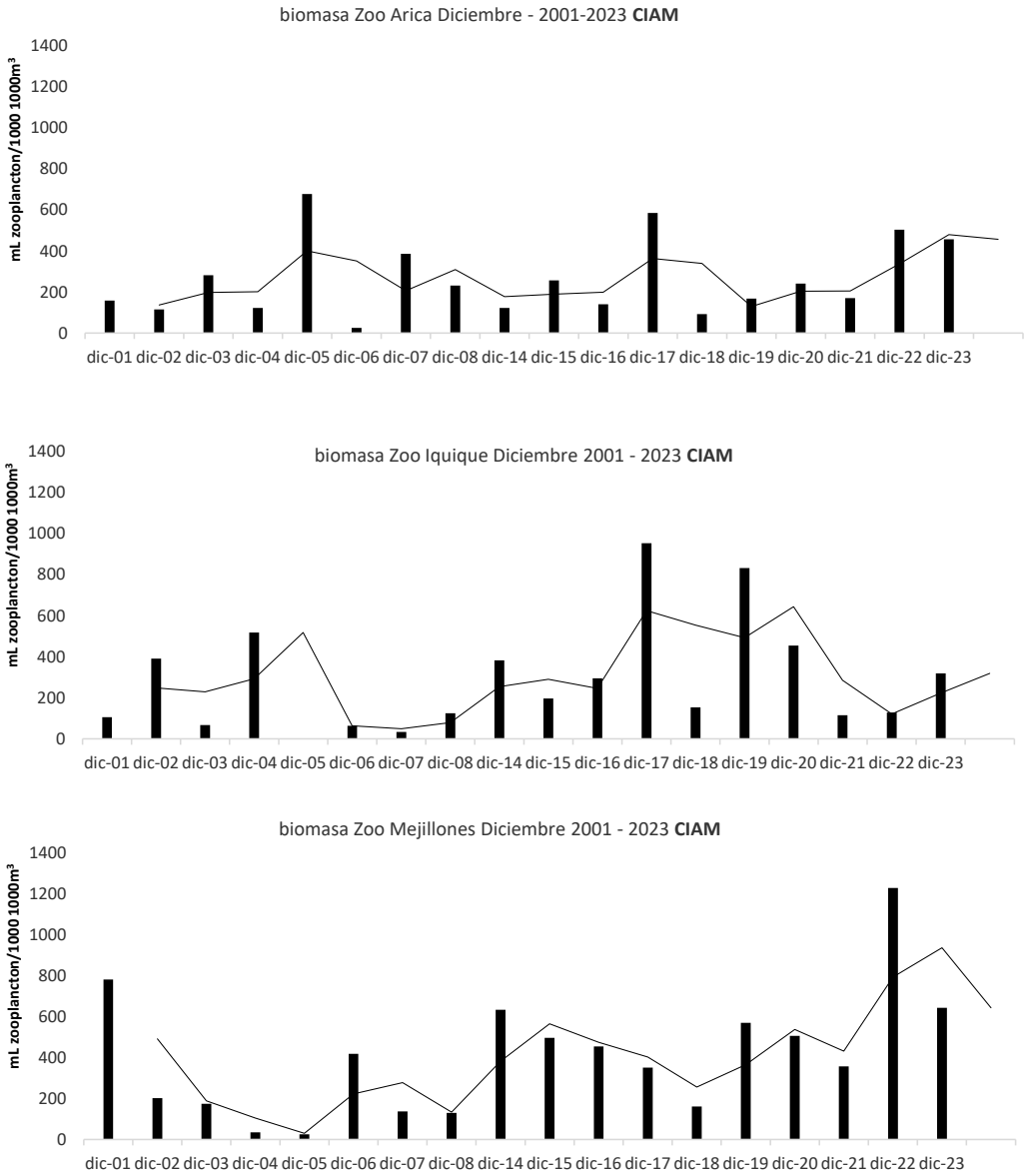


Figura 25. Biomasa zooplanctónica promedio (mL/1000m^3) de las estaciones costeras de monitoreo frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones para la serie meses diciembre 2001 - 2023.

En términos comparativos y para la serie histórica analizada, meses diciembre 2001 a 2023, las biomasas estimadas durante el presente mes frente a las localidades de Arica, Iquique y Mejillones, se constituyen en el cuarto de los registros más altos de la serie analizada, apreciándose nuevamente una comunidad dominada principalmente por organismos del mesozooplancton (**Figs. 26**).

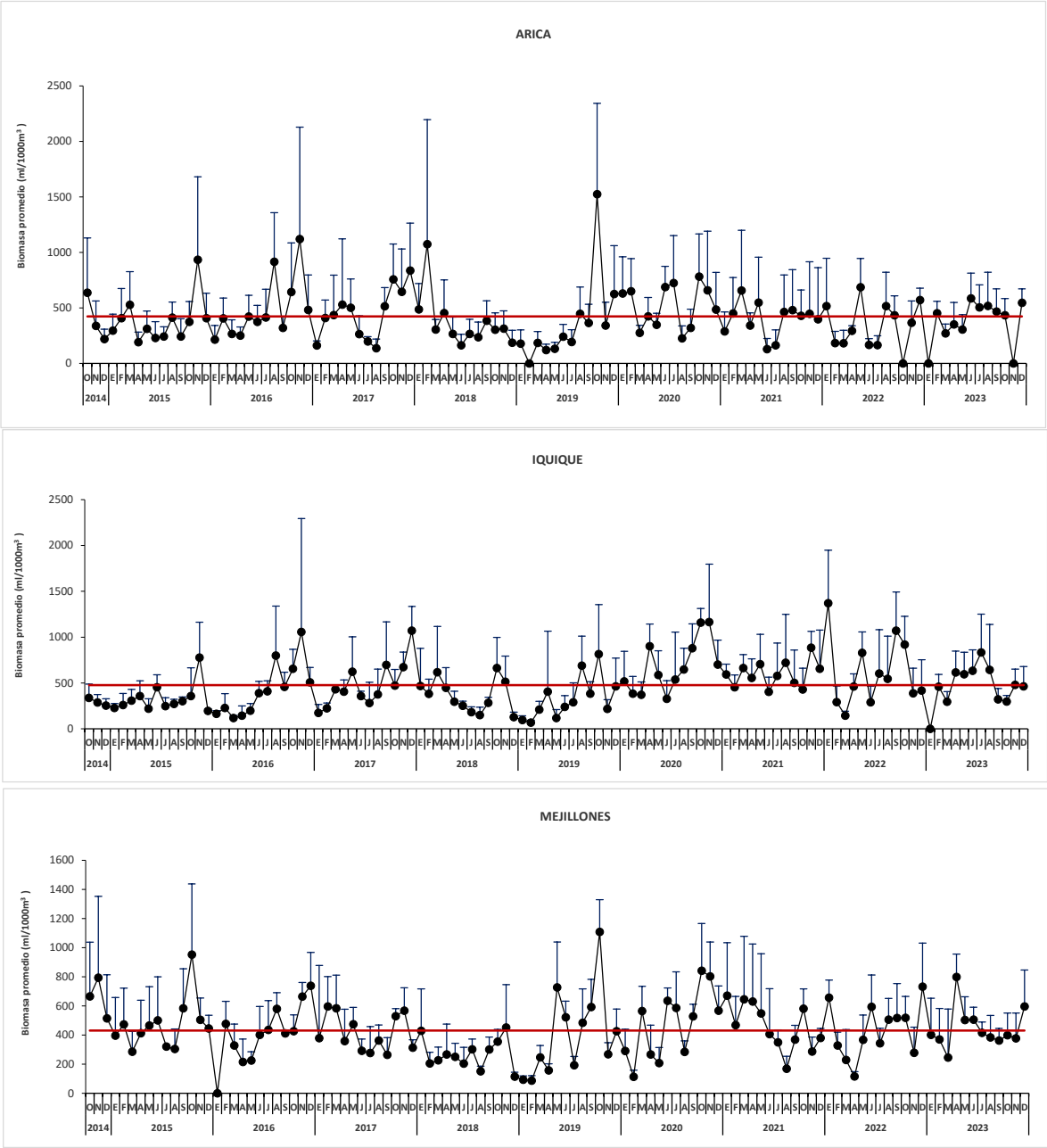


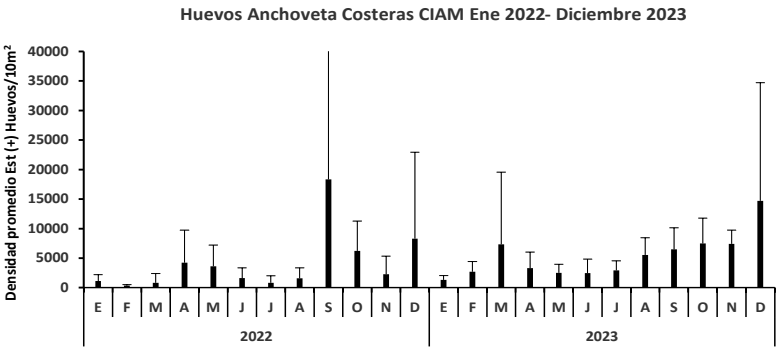
Figura 26. Variabilidad mensual de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000 m^3) en Arica, Iquique y Mejillones entre octubre 2014 y diciembre 2023 (Línea vertical es desviación estándar y línea roja es promedio).

3. Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces

El procesamiento y análisis de las 17 muestras de zooplancton recolectadas durante diciembre 2023, frente a los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones, permitió cuantificar la presencia de 233.840 huevos y 8.953 larvas de peces, cifras 159% mayor y 43% menor, con respecto a las obtenidas durante noviembre, para las respectivas fases de desarrollo. De este total, el 96% de los huevos y el 90% de las fases larvales, correspondieron a las especies objetivo del estudio. Cabe destacar nuevamente la presencia de huevos de sardina española, frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. El detalle del número de huevos y larvas por especie, correspondiente a la totalidad de las muestras procesadas se entrega en la **Tabla 5.**

3.1 Anchoveta, ***Engraulis ringens***

Para esta especie se identificaron 15 estaciones positivas para huevos y larvas de anchoveta, en las cuales se recolectaron 220.333 huevos y 8.087 larvas, ambas cifras referidas a un área de superficie de mar de 10m^2, lo que representó una frecuencia porcentual de 88% para los respectivos estadios de desarrollo; reflejando actividad reproductiva en la zona explorada, siendo ésta, en cuanto a intensidad, el segundo de los registros más altos para la fase de huevos y el décimo segundo para los estadios larvales de anchoveta, respectivamente para el período enero 2022- diciembre 2023 (**Fig. 27**).



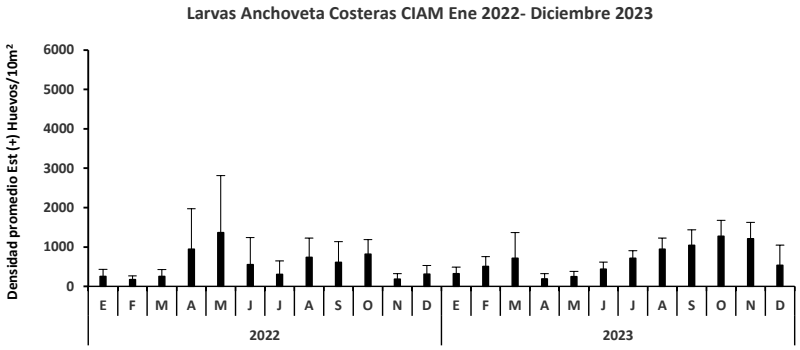


Figura 27. **Variabilidad temporal de la densidad promedio Est(+) de huevos y larvas de anchoveta, zona norte. Enero 2022– diciembre 2023.**

Las densidades del ictioplancton de anchoveta v/s el **IGS**, han presentado un comportamiento fluctuante a través de los años, es decir, bajos **IGS** y relativamente altas densidades de huevos y larvas y viceversa, para exhibir ambas variables, durante el cuatrimestre julio-octubre y el primer trimestre del año, valores relativamente altos, concordantes con los pick primario y secundario de desove, que caracteriza a esta especie en la zona norte de Chile; y luego una disminución, producto del descenso en la intensidad de su actividad ovárica y de desove. Durante el presente mes, se registra una densidad de huevos y larvas de la especie, 98% mayor y 56% menor, respecto al mes de noviembre 2023 (**Tabla 5; Fig. 28**).

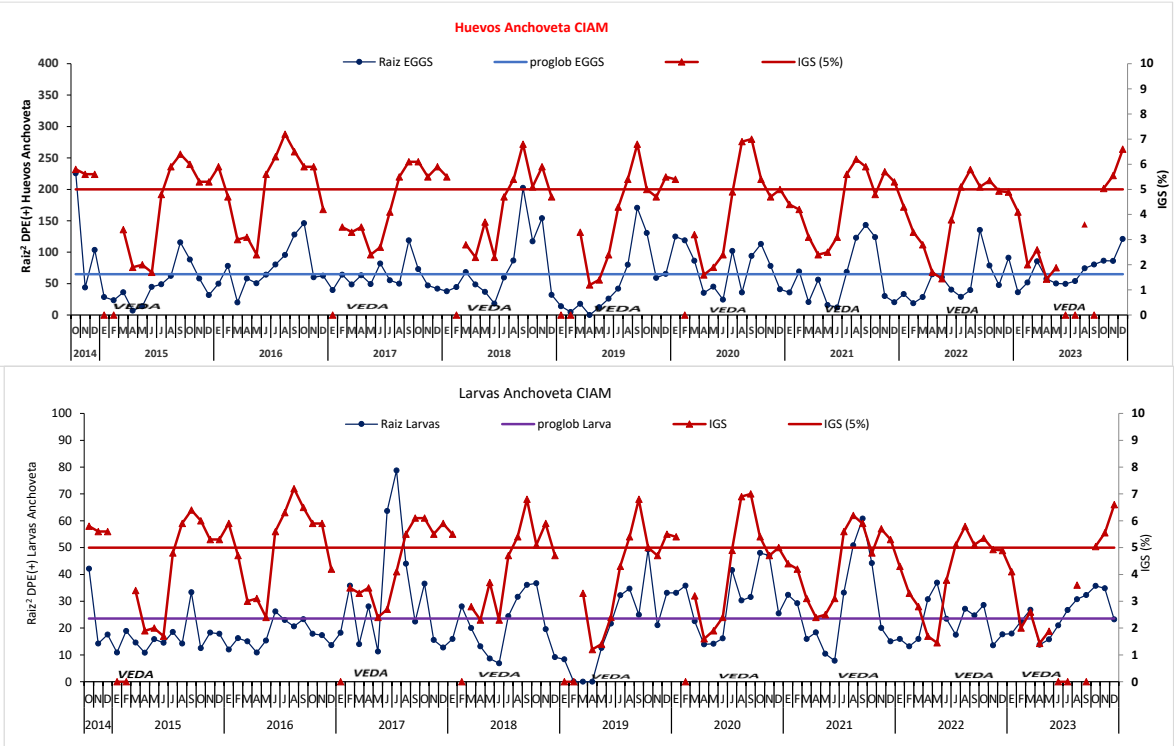


Figura 28. **Variabilidad temporal de la densidad promedio por estaciones positivas de huevos y larvas de anchoveta e índice gonadosomático, entre octubre 2014 y diciembre 2023.**

La abundancia y distribución geográfica de huevos y larvas de anchoveta, muestra que las mayores densidades de los productos del desove y particularmente huevos, se registran frente al puerto de Arica disminuyendo hacia el sur de la zona de estudio. Con respecto a los estadios larvales, estos exhiben la misma tendencia, es decir, mayores abundancias frente al puerto de Arica, disminuyendo hacia el sur de la zona explorada (**Fig. 29**).

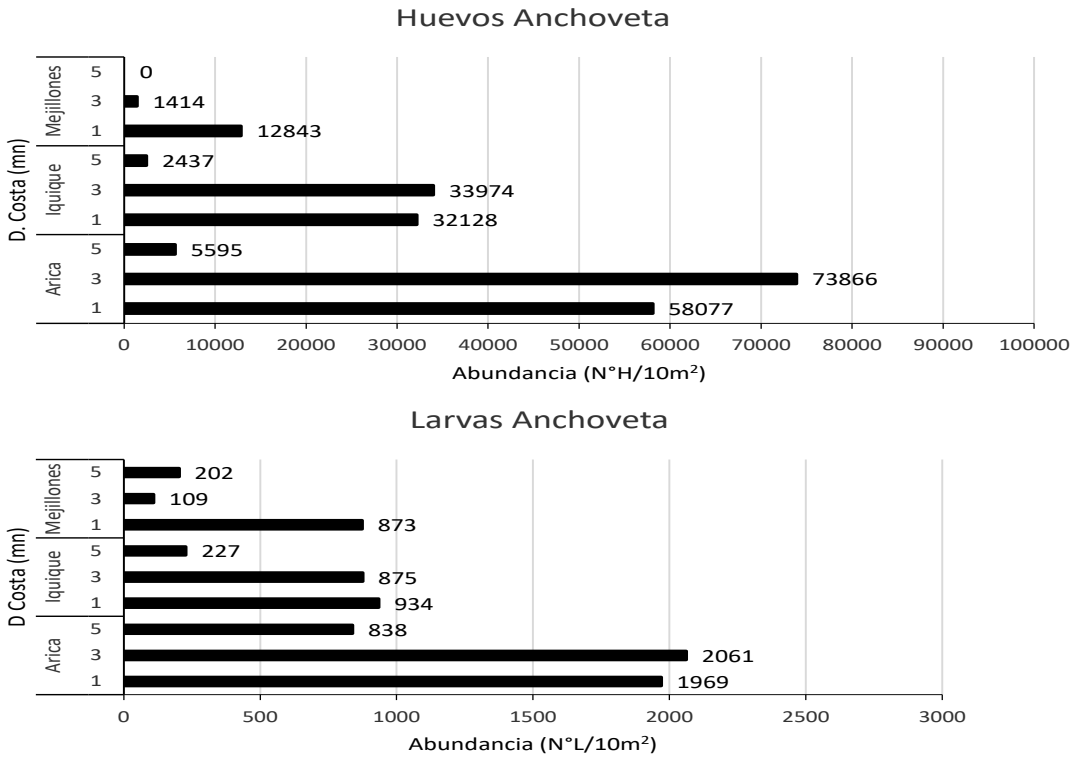


Figura 29. **Abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la distancia de la costa (mn), para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Diciembre 2023.**

La fase de huevos exhibió densidades que fluctuaron entre 575 y 71.412 huevos/10m^2. La media de huevos por estación positiva fue igual a 14.689 (DS = 20032,70) cifra 98% mayor, respecto a la obtenida durante el mes de noviembre. Esta fase de desarrollo, presentó cobertura latitudinal y longitudinal máxima, concentrándose más del 96% de ellos en la línea de estaciones de 1 y 3 mn, exhibiendo sus niveles de abundancia, una tendencia decreciente hacia el sur de la zona de estudio (**Tabla 5**).

Las áreas de mayor abundancia (**≥** 31.000 huevos/10m^2) se localizaron a 1 y 3 mn al sur de Arica y a 3 mn al norte de Iquique, encontrándose configuradas por 3 registros positivos de un total de 17 estaciones realizadas, los que en conjunto aportaron con el 62% al total de huevos de anchoveta cuantificados (**Fig. 29**). El resto de las estaciones positivas, no incluidas las ya mencionadas, exhiben abundancias comprendidas entre 575 y 28.510 huevos/10m^2. En este contexto, la estación positiva más relevante en términos de su abundancia para la zona de estudio se localizó a 3 mn al sur de Arica, con 71.412 huevos/10m^2.

Tabla 5. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de peces para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Diciembre 2023.

Estadígrafos Huevos	Anchoveta	Sardina	Otros Huevos	Total Huevos
N°Total Estaciones	17	17	17	17
N° Estaciones positivas	15	16	16	16
% Est (+)	88,24	94,12	94,12	94,12
Abundancia (H/10m^2)	220.333	3.933	9.573	233.840
Densidad Mínima Est (+)	575	129	211	1987
Densidad Máxima Est (+)	71.412	1.056	2.244	74712
Std.Dev Est (+)	20032,70	236,02	566,00	20181,01
Media Est. Positivas	14.689	246	598	14.615
Media Est. Totales	12.961	231	563	13.755
Mediana	4.600	200	359	4.988
Constancia	88,24	94,12	94,12	94,12
Dominancia numérica	94,22	1,68	4,09	100,00
CV+(%)	1,36	0,96	0,95	1,38

Estadígrafos Larvas	Anchoveta	Sardina	Otros Larvas	Total Larvas
N°Total Estaciones	17	17	17	17
N° Estaciones positivas	15		8	15
% Est (+)	88,24		47,06	88,24
Abundancia (L/10m^2)	8.087		866	8.953
Densidad Mínima Est (+)	105		49	196
Densidad Máxima Est (+)	1814		253	1980
Std.Dev Est (+)	512,13		70,15	509,17
Media Est. Positivas	539		108	597
Media Est. Totales	476		51	527
Mediana	284		90	455
Constancia	88,24		47,06	88,24
Dominancia numérica	90,33		9,67	100,00
CV+(%)	0,95		0,65	0,85

Con respecto al número de huevos, diciembre 2023, presentó con respecto al mes de noviembre, un incremento de 171% en sus niveles de abundancia, ubicándose dentro de los 14 registros más altos, en cuanto al número de huevos cuantificados de la serie analizada (serie **CIAM** octubre 2014 – diciembre 2023). Con respecto a esta fase de desarrollo, se puede concluir que los mayores niveles de abundancia se presentaron frente al puerto de Arica, exhibiendo Iquique y Mejillones menores abundancias (**Fig. 30**).

Por su parte, las fases larvarias, y al igual que es estadio de huevos, se presentaron en 15 estaciones positivas, con una abundancia de 8.087 larvas/10m^2, cifra 39% menor y 101% mayor, respecto a la registrada durante los meses de noviembre 2023 y diciembre 2022, respectivamente. Este estadio de desarrollo, se presenta en el área de estudio con abundancias que fluctuaron entre 105 y 1.814 larvas/10m^2 y una densidad promedio de 539 y 476 larvas, por estaciones positivas y totales; registrándose las más altas abundancias frente al puerto de Arica, para disminuir hacia el sur de la zona de estudio (**Tabla 5; Fig. 31**).

En relación al número de larvas y para la zona Arica - Mejillones, diciembre 2023, exhibe respecto al mes de noviembre, una tasa de cambio de -39% en sus niveles de abundancia, ubicándose como el registro número 44, de los más altos, en cuanto al número de larvas cuantificadas de la serie analizada.

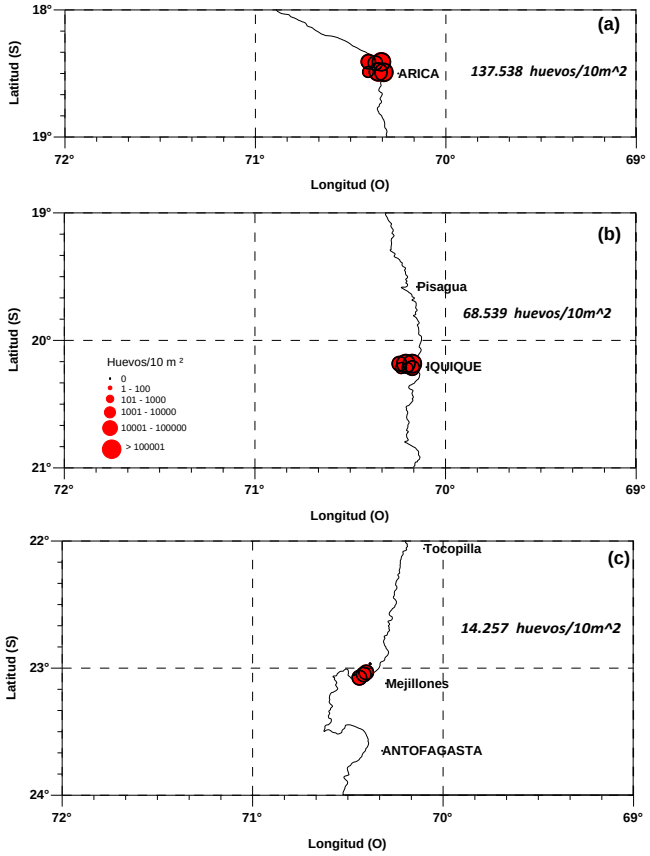


Figura 30. **Distribución y abundancia de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente a los puertos de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Diciembre 2023.**

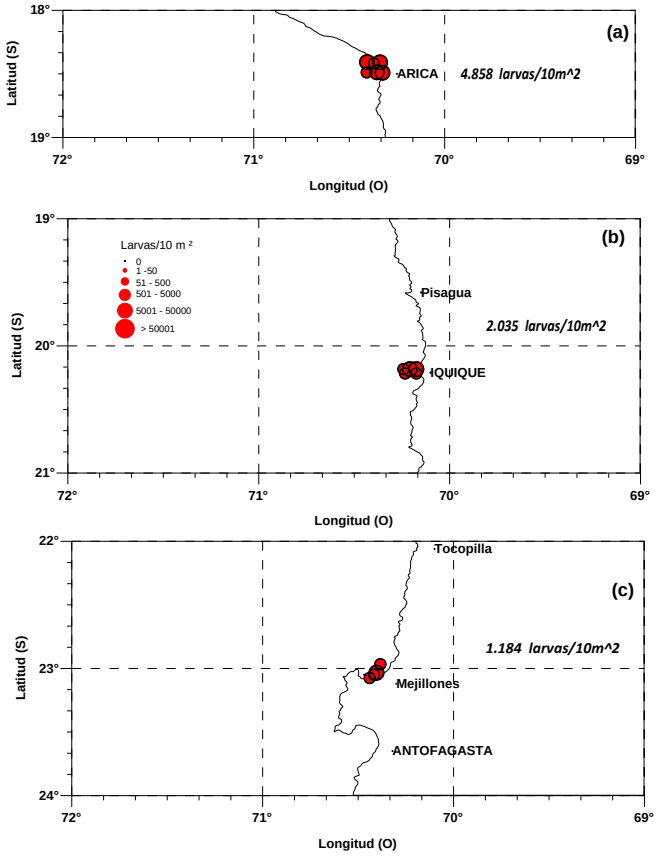


Figura 31. **Distribución y abundancia de larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente a los puertos de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Diciembre 2023.**

Para efectos comparativos se seleccionaron en los puertos de Iquique y Mejillones las estaciones asignadas con los números 7 y 13, respectivamente. De acuerdo a lo indicado por los estadios de desarrollo, el monitoreo de diciembre 2023, muestra presencia de huevos y larvas de anchoveta frente a las tres localidades estudiadas.

Ausencia de huevos frente al puerto de Arica se registra en diciembre de los años 2003 y 2016, registrándose la mayor densidad el año 2007 con 26.951 huevos/10m^2. Con respecto al mismo mes del año 2022, los niveles de abundancia experimentan una disminución de 83% (**Fig. 32**).

Frente al puerto de Iquique se registra ausencia de huevos de anchoveta en diciembre de los años 1999, 2001, 2002, 2017 y 2018, registrándose la mayor densidad el año 2014 con 32.914 huevos/10m^2. Con respecto al mismo mes del año 2022, los niveles de abundancia experimentan un significativo incremento igual a 830% (**Fig. 32**).

En Mejillones, ausencia de esta fase de desarrollo se consigna los años 1998 y 2018, registrándose la mayor densidad el año 1999 con 19.007 huevos/10m^2. Con respecto al mismo mes del año 2022, los niveles de abundancia aumentan un 460%.

Ausencia de larvas frente al puerto de Arica se registra en diciembre de los años 2003, 2008 y desde 2014 a 2017, registrándose las mayores densidades los años 1999 y 2019 con 3.412 y 3.252 larvas/10m^2. Con respecto al mismo mes del año 2022, los niveles de abundancia experimentan una disminución de 5% (**Fig. 33**).

Ausencia de larvas de anchoveta al oeste del puerto de Iquique, se reporta en diciembre de los años 2001 a 2003, 2006, 2015, 2017, 2018 y 2022, registrándose la mayor densidad el año 2004 con 2.258 larvas/10m^2. Con respecto al mismo mes del año 2021, los niveles de abundancia experimentan un alza de 286% (**Fig. 33**).

Frente al puerto de Mejillones se registra ausencia de larvas los años 1998, 2000, 2003 a 2005, 2008, 2014, 2016 y 2018, registrándose la mayor densidad el año 2009 con 5.482 larvas/10m^2. Con respecto al mismo mes del año 2022, los niveles de abundancia exhiben un alza de 336%.

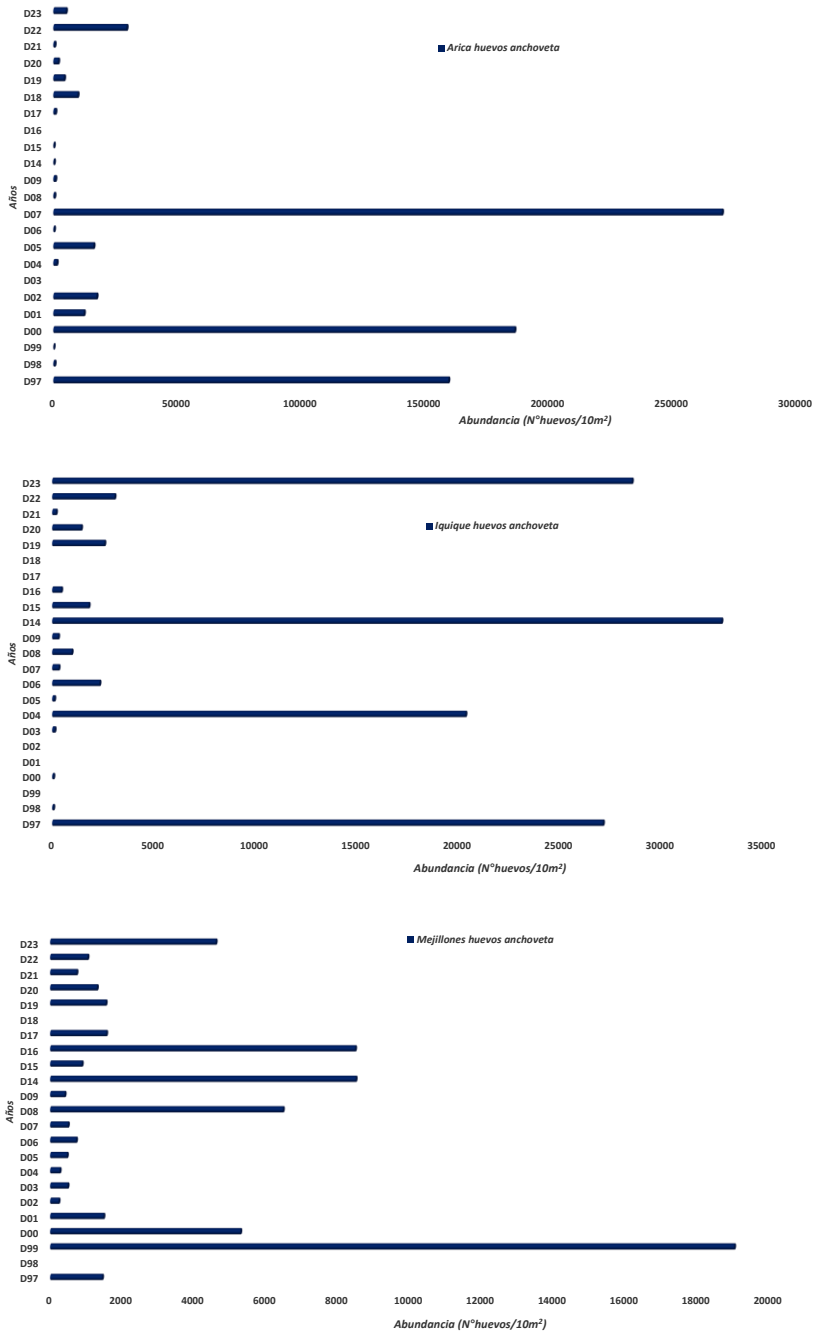


Figura 32. **Abundancia de huevos de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie meses de diciembre 1997 - 2023.**

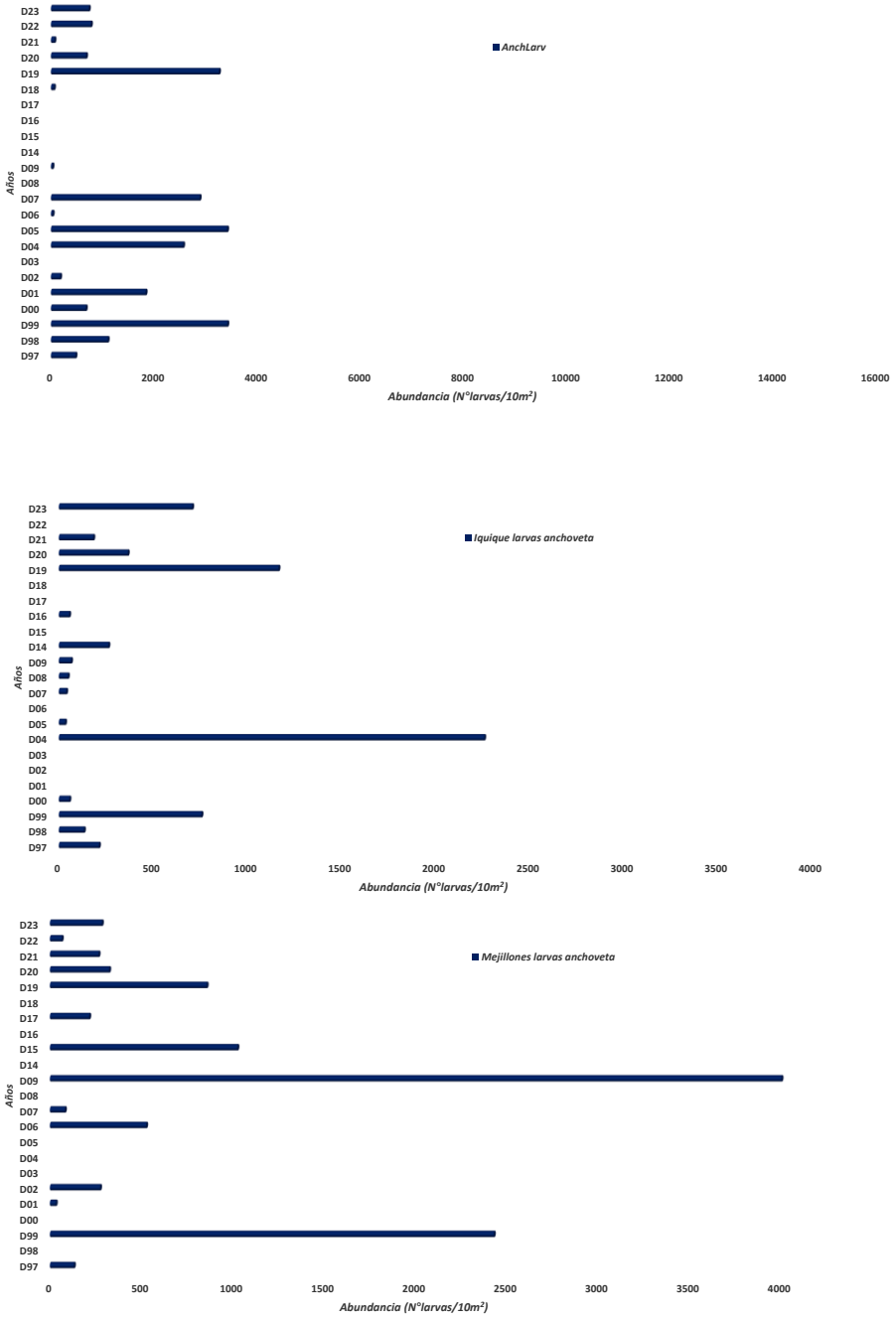


Figura 33. **Abundancia de larvas de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie meses de diciembre 1997 - 2023.**

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en diciembre 2023, señala respecto a lo reportado el mes pasado, que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones positivas y totales, muestra un alza de 98% y 75% para el estadio de huevos y una disminución de 56% y 64% para las fases larvarias, respectivamente (**Fig. 34**).

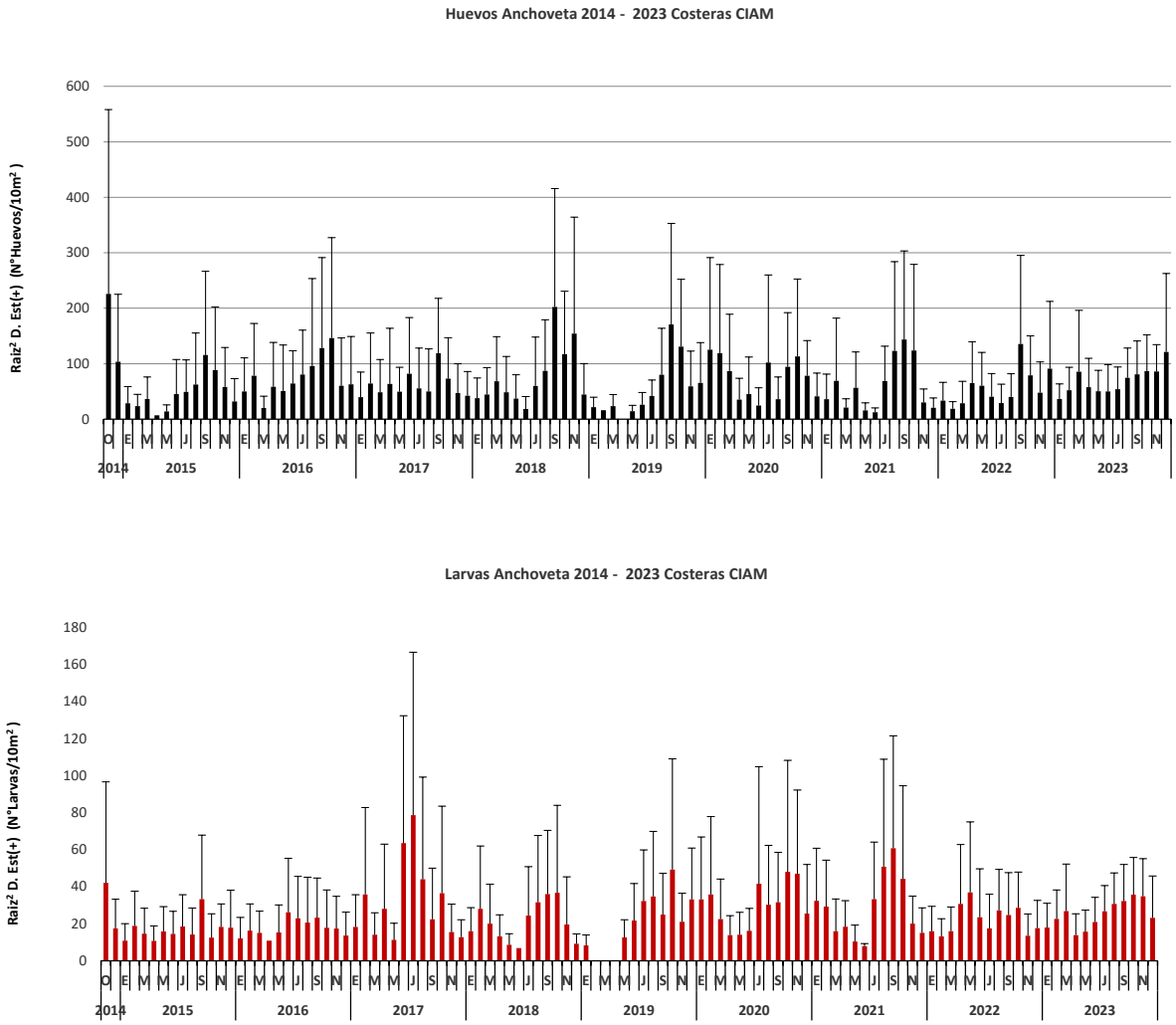


Figura 34. Variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta para la zona Arica - Mejillones en el período octubre 2014 – diciembre 2023 (Línea vertical = desviación estándar).

Las densidades expresadas en la serie de abundancia de huevos y larvas de anchoveta para el periodo octubre 2014 – diciembre 2023, reflejan nuevamente, que la postura ha sido permanente a través del tiempo, con alzas importantes en las épocas de pick primario y secundario de desove. Durante el presente mes, se registra un alza de 171% en la abundancia de huevos y una disminución de 39% en las fases larvarias de anchoveta.

El resultado de lo anterior, se vio reflejado en la abundancia de huevos de anchoveta estimada en diciembre 2023, la cual fue 56%, 3028%, 675%, 203%, 1150%, 1036%, 273%, 1357% y 21% mayor respecto a las obtenidas en diciembre de los años 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015 y 2014. Por su parte las larvas exhiben un incremento en sus niveles de abundancia de 101%, 155%, 3096%, 616%, 385%, 182% y 229%, respecto a los meses de diciembre de 2022, 2021, 2018, 2017, 2016, 2015 y 2014 y 22% y 57% menor respecto a los años 2020 y 2019 (**Figs. 35 y 36**).

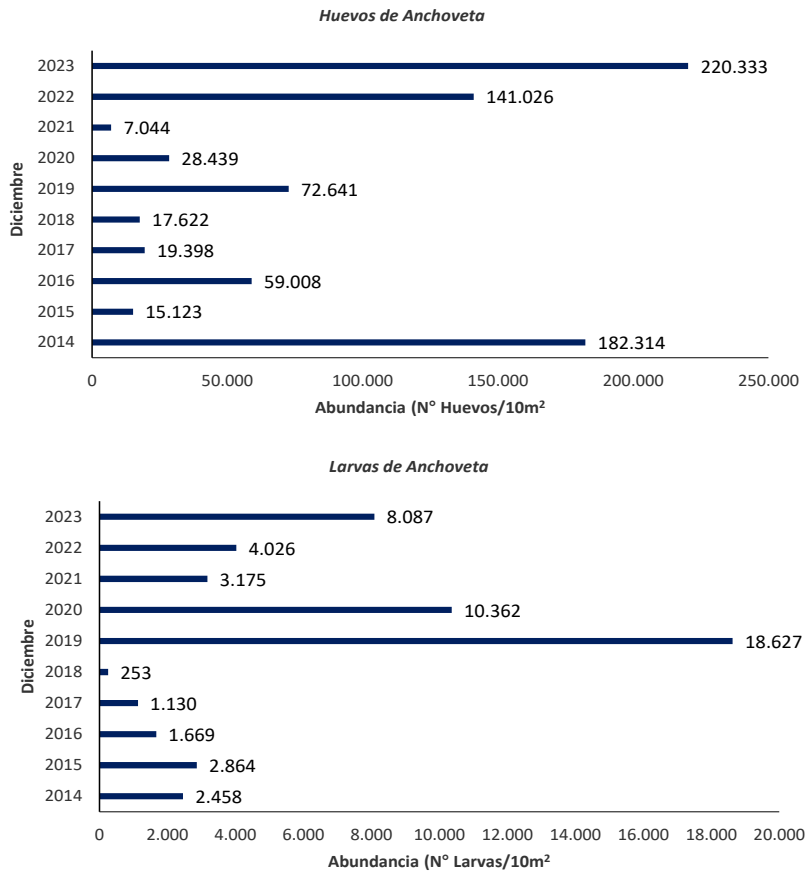


Figura 35. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Meses de diciembre 2014 a 2023.

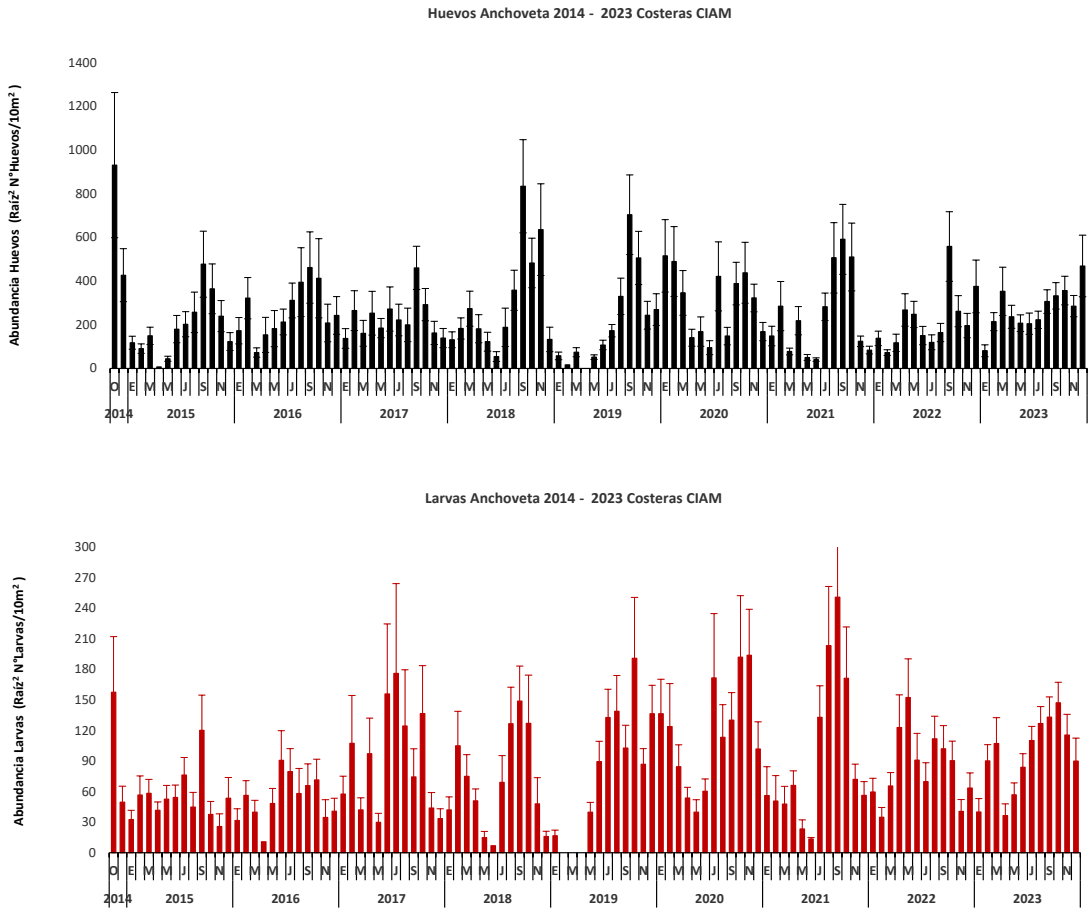


Figura 36. Abundancia de huevos y larvas de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie octubre 2014 – diciembre 2023 (línea vertical negra/roja es desviación estándar).

Al relacionar las características asociadas a los productos del desove con respecto a la temperatura de 10 m, se utiliza la variación con respecto a la fase de larvas, debido a que su mayor tiempo de permanencia en el plancton, reflejaría de manera más fidedigna las características generales del desove en cuanto a su extensión e intensidad. Es así, como el rango térmico estuvo comprendido entre 14,33°C y 18,50°C, con un promedio de 16,30°C ± 1,256 asociado a aguas con salinidades que fluctuaron entre 34,663 y 34,727 ups, situación que responde al predominio del Agua Subantártica (**ASA**), Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**) sin la presencia de la Subtropical Superficial (**ASST**) (**Fig. 37).**

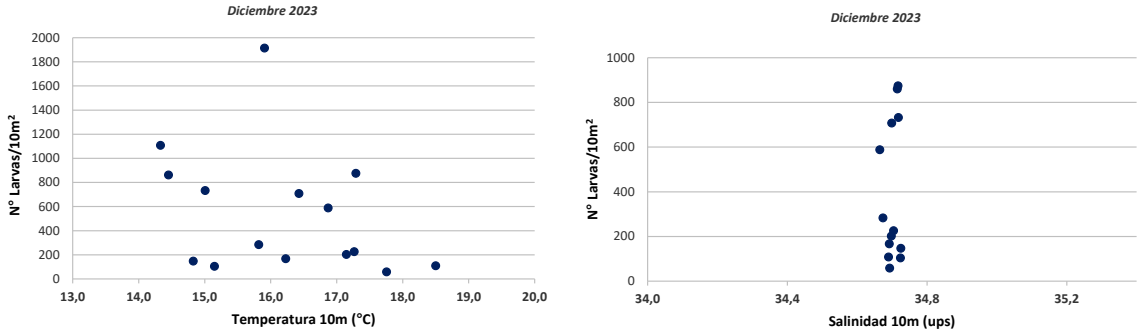


Figura 37. **Relación entre la temperatura y salinidad a 10 m de profundidad y la densidad de larvas de anchoveta durante diciembre 2023.**

3.2 Sardina española, *Sardinops sagax*

Para esta especie se identificaron 16 estaciones positivas para huevos de sardina española, en las cuales se recolectaron 3.933 huevos, cifra referida a un área de superficie de mar de 10m^2, lo que representó una frecuencia porcentual de 94%; reflejando actividad reproductiva en la zona explorada (**Tabla 5**).

Esta fase del desarrollo, exhibió abundancias que fluctuaron entre 129 y 1.056 huevos/10m^2, con una media de huevos por estaciones positivas y totales igual a 246 y 231, presentando cobertura latitudinal y longitudinal máxima en la zona explorada, concentrándose más del 50% de ellos en la línea de estaciones de 3 mn, exhibiendo sus niveles de abundancia, una tendencia decreciente hacia el sur de la zona de estudio (**Tabla 5**, **Fig. 38**).

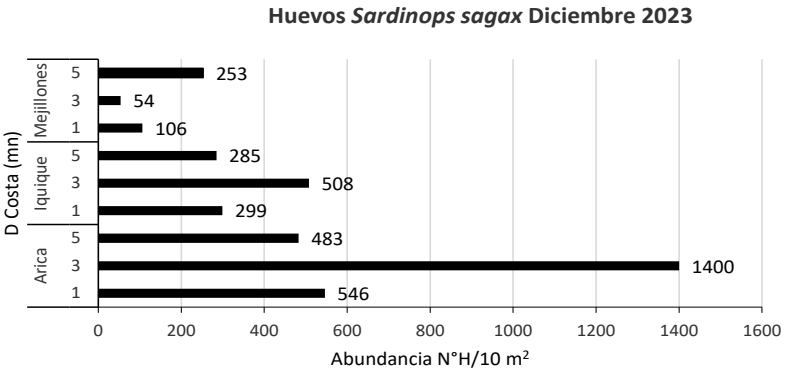


Figura 38. **Abundancia promedio de huevos de sardina española con respecto a la distancia de la costa (mn), para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Diciembre 2023.**

Las áreas de mayor abundancia (≥ 300 huevos/10m^2) se localizaron a 3 y 5 sur Arica y a 1 y 3 mn al norte de este mismo puerto, encontrándose configuradas por 4 registros positivos de un total de 17 estaciones realizadas, los que en conjunto aportaron con el 52% al total de huevos de sardina española cuantificados. El resto de las estaciones positivas, no incluidas las ya mencionadas, exhiben abundancias comprendidas entre 129 y 269 huevos/10m^2. En este contexto, la estación positiva más relevante en términos de su abundancia para la zona de estudio se localizó a 3 mn al sur de Arica, con 1.056 huevos/10m^2 (**Figs. 39 y 40**).

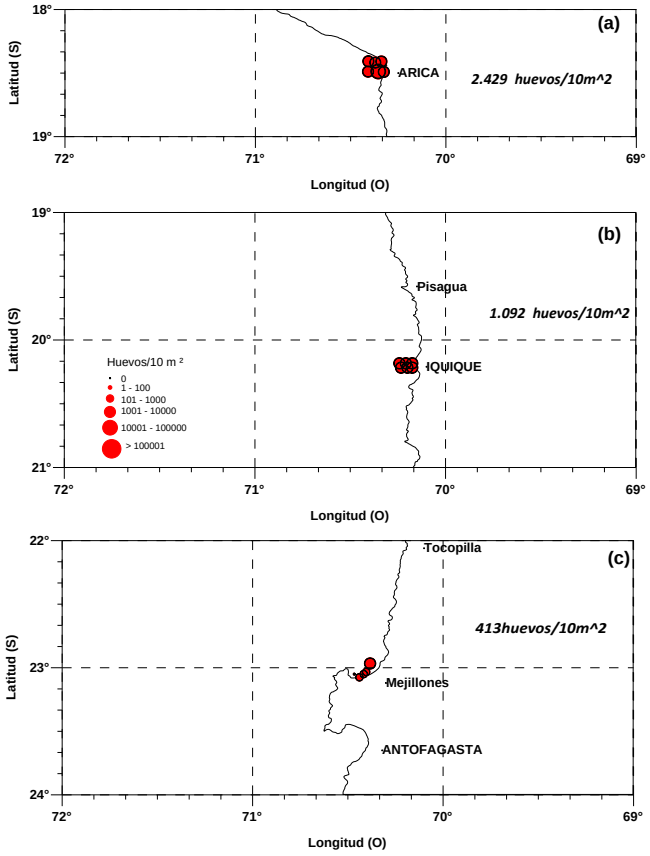


Figura 39. **Distribución y abundancia de huevos de sardina española, *Sardinops sagax*, frente a los puertos de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Diciembre 2023.**

En la figura 40 se presentan las abundancias de huevos de sardina, para el período octubre 2014 – diciembre 2023, donde se aprecia una alta frecuencia de ocurrencia frente a punta Angamos, haciéndose habitual su presencia desde abril a la fecha.

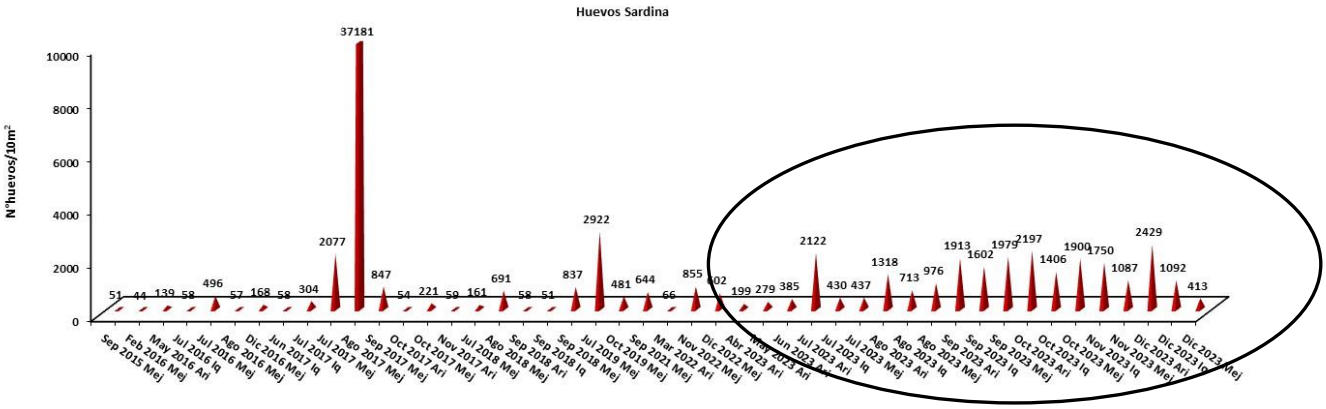


Figura 40. Abundancia de huevos de sardina española, *Sardinops sagax*, frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie CIAM octubre 2014 - diciembre 2023.

4. Análisis estacional de huevos y larvas de peces

El análisis comparativo de las características asociadas a la abundancia del ictioplancton de la especie objetivo, se efectuó en primera instancia solo con respecto de la fase de larvas debido, fundamentalmente al corto tiempo de residencia del estadio de huevos en el plancton. Por otra parte, las fases larvarias presentan un mayor período de vulnerabilidad a las redes de plancton y consecuencialmente un mayor tiempo de permanencia en el plancton, por lo tanto, sus abundancias reflejan de mejor manera las características generales del desove en cuanto a su intensidad y extensión.

Durante las prospecciones invernales realizadas en los años 1981, 1983 y 1984, predominó el desove de sardina por sobre el de anchoveta, jurel y caballa, situación que experimentó un cambio radical a partir de 1985, donde se registraron niveles de abundancia extraordinariamente elevados para ambos estadios de desarrollo de anchoveta, los cuales no tienen precedentes, ni para el período 1964-1973 (Rojas, 1986).

El parámetro poblacional densidad promedio por estaciones totales ha reflejado con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado a nivel de ictioplancton la composición específica de la comunidad pelágica de la zona norte del país, los que se han caracterizado por un período comprendido entre 1964 y 1973 con un claro y absoluto predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situación con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina. En la figura 41**,** se aprecia la persistencia y predominio temporal del ictioplancton de

anchoveta sobre sardina, jurel y caballa, especies que han demostrado ser muy vulnerables a perturbaciones ambientales interanuales (El Niño - La Niña) (Braun ***et al.***, 2005b).

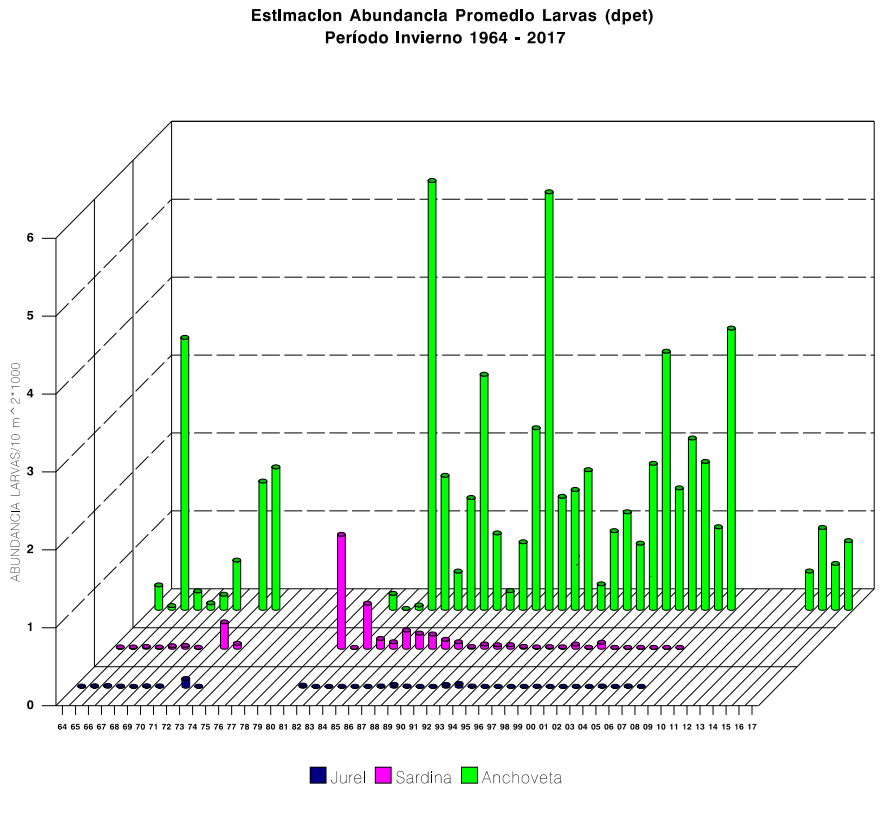
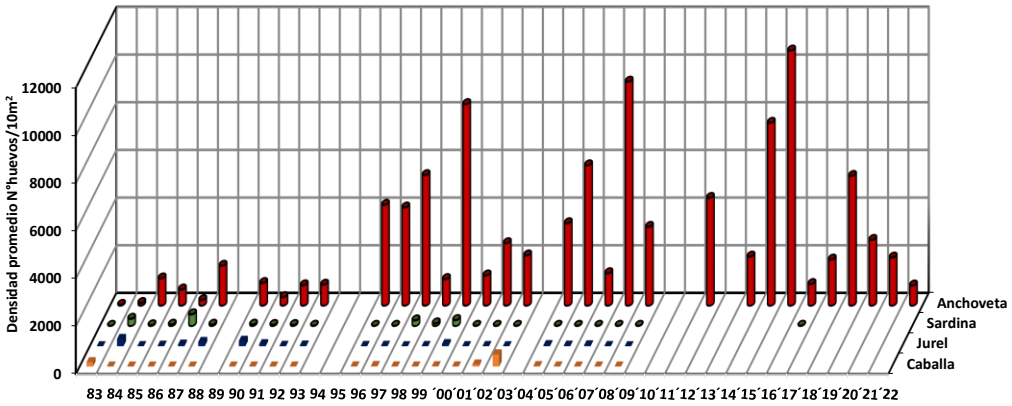


Figura 41. **Estimación de la abundancia promedio de larvas de anchoveta, jurel y sardina para la zona Arica - Antofagasta en invierno de los años 1981-2018.**

La situación observada a partir del invierno de 1985, señaló que nuevamente estábamos frente a un proceso de cambio, con una categórica predominancia en la abundancia de anchoveta respecto de sardina, jurel y caballa, con abundancias sin precedentes y que han sido registradas en invierno de los años 1985, 1994, y en menor magnitud en 1989 y 1993. De la misma manera, las disminuciones más drásticas han estado asociadas a perturbaciones ambientales, como lo ha sido la presencia del evento "El Niño" en la zona de estudio durante los años 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992, 1997-1998, y en invierno de 2014 y 2016 (**Fig. 41**).

Las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa realizadas en el transcurso de los años 1983-2022, para la estación de primavera, indican que desde el año 1988 persiste el predominio de anchoveta respecto de las otras especies objetivo, situación que se ha mantenido hasta hoy sin alteraciones (**Fig. 42**).



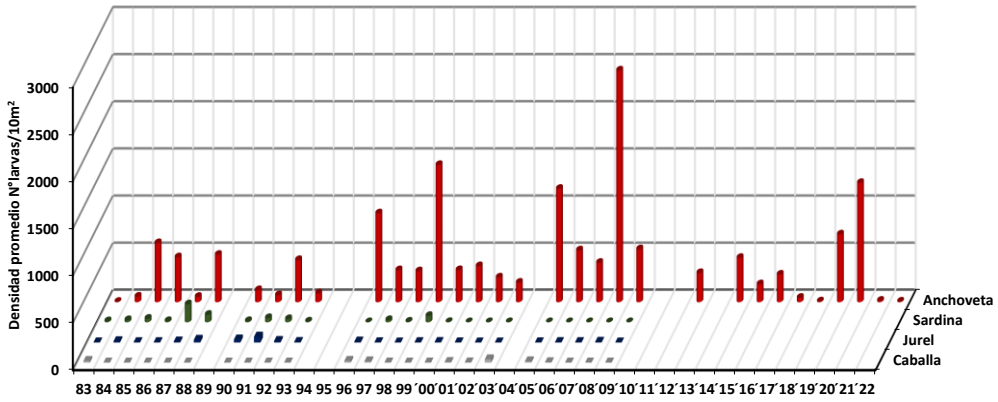


Figura 42. **Estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Arica - Antofagasta en primavera de los años 1983-2022.**

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en primavera de 2022 respecto a las reportadas en primaveras precedentes para la serie 1983/2022, muestra que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, presentan la misma situación para las respectivas fases de desarrollo, con respecto a la primavera precedente. Es así, como el estadio de huevos y larvas disminuyen sus densidades en 58% y 99%, respectivamente.

Las densidades promedio por estaciones positivas, utilizadas como un índice de la intensidad del desove, muestran con respecto a la primavera de 2021, una disminución de 30% para la fase de huevos y de 96% para los estadios larvales.

Con respecto al patrón estacional de distribución de huevos de anchoveta, la serie 1983-2021, nos señala que el desove de primavera presenta un carácter más costero, con escasa presencia de huevos a 100 mn al oeste de Iquique y Arica, durante las primaveras de los años 1984, 1990, 1999, 2002, 2005 y 2007. Las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo (≥ 25) se registran durante las primaveras de 1985, 2005, 2007, 2008 y 2009, destacando como áreas de desove estables y persistentes en el tiempo la zona de Arica, punta Lobos, punta Copaca y bahía Moreno (**Fig. 43**).

Las larvas muestran un patrón de distribución latitudinal y longitudinal más amplio respecto del estadio de huevos, debido fundamentalmente a los procesos que las afectan (dispersión, transporte, advección, etc). Las mayores frecuencias de registros positivos a esta fase de desarrollo (≥ 40) se obtuvieron durante los años 1985, 1988, 1990, 2007, 2008 y 2009. Con respecto a las áreas de desove, las larvas exhiben en general, una tendencia similar respecto a la fase de huevos y no obstante su amplia cobertura latitudinal y longitudinal, éstas se concentran mayoritariamente frente a las localidades de Arica, punta Junín, punta Lobos y bahía Moreno (**Fig. 44**).

Para ambos estadios de desarrollo, las más bajas frecuencias de estaciones positivas se registraron en primavera de 1983, 1984, 1987, 1990, 1997 y 2012, asociadas a la presencia de perturbaciones ambientales imperantes en la zona.

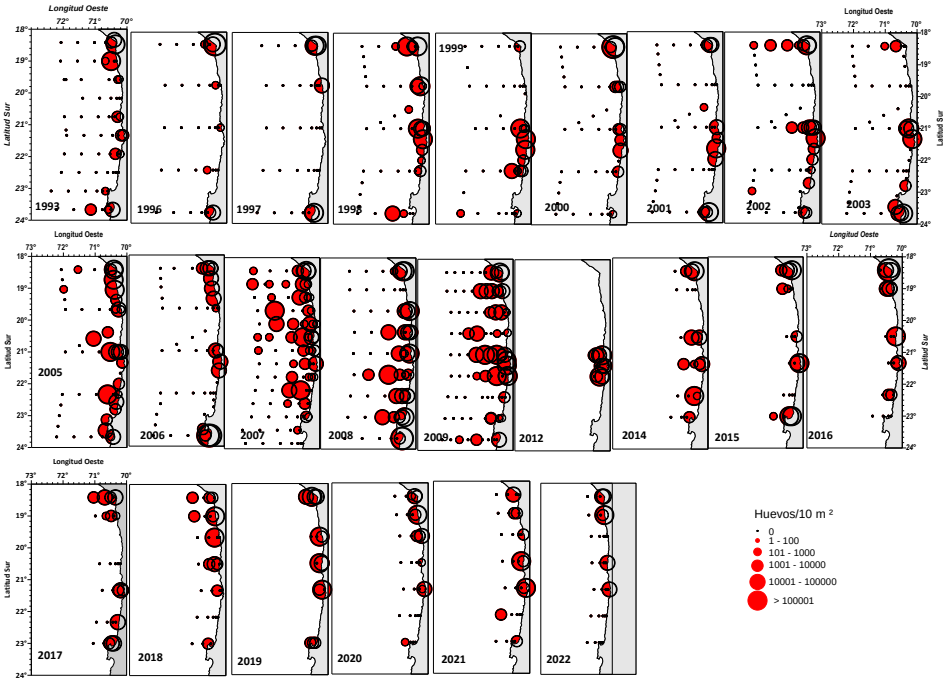


Figura 43. **Distribución y abundancia de huevos de anchoveta para la zona Arica - Antofagasta en primavera de los años 1993-2022.**

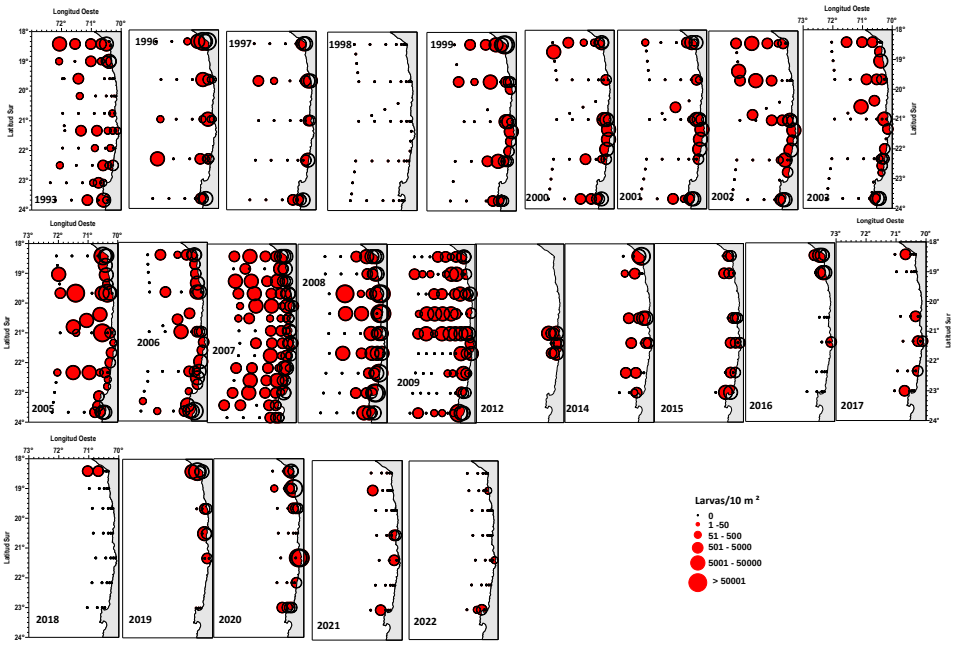


Figura 44. **Distribución y abundancia de larvas de anchoveta para la zona Arica - Antofagasta en primavera de los años 1993 -2022.**

4.1 Intensidad de desove

La variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta, estimada a través del seguimiento del parámetro poblacional densidad promedio por estaciones positivas, revela que para el período invierno 1995 – invierno 2023, los huevos de anchoveta han presentado una tendencia general levemente descendente, con 16 picks de abundancias significativamente importantes (> 18.000 huevos/10m^2), los que se han registrado en la estación de primavera de los años 1996 y 1997, invierno de 1998, primavera de 2000, invierno de 2001 y 2002, verano e invierno de 2003, invierno 2004, primaveras de 2006 y 2008, invierno de 2014 y 2015, primavera de 2016, verano de 2020 e invierno 2021. De la misma manera se han detectado drásticas disminuciones en la intensidad del desove durante los períodos de verano-otoño de 1997 y 1999, otoño de 2000 y 2012 y otoño de 2017. Con relación a las fases larvarias, estas muestras una tendencia similar a la exhibida por el estadio de huevos, con abundancias superiores a 4.100 larvas/10m^2, las que han sido reportadas en verano de 1999, 2000 y 2001, otoño de 2002, verano e invierno de 2003 e invierno de 2018 (**Fig. 45**).

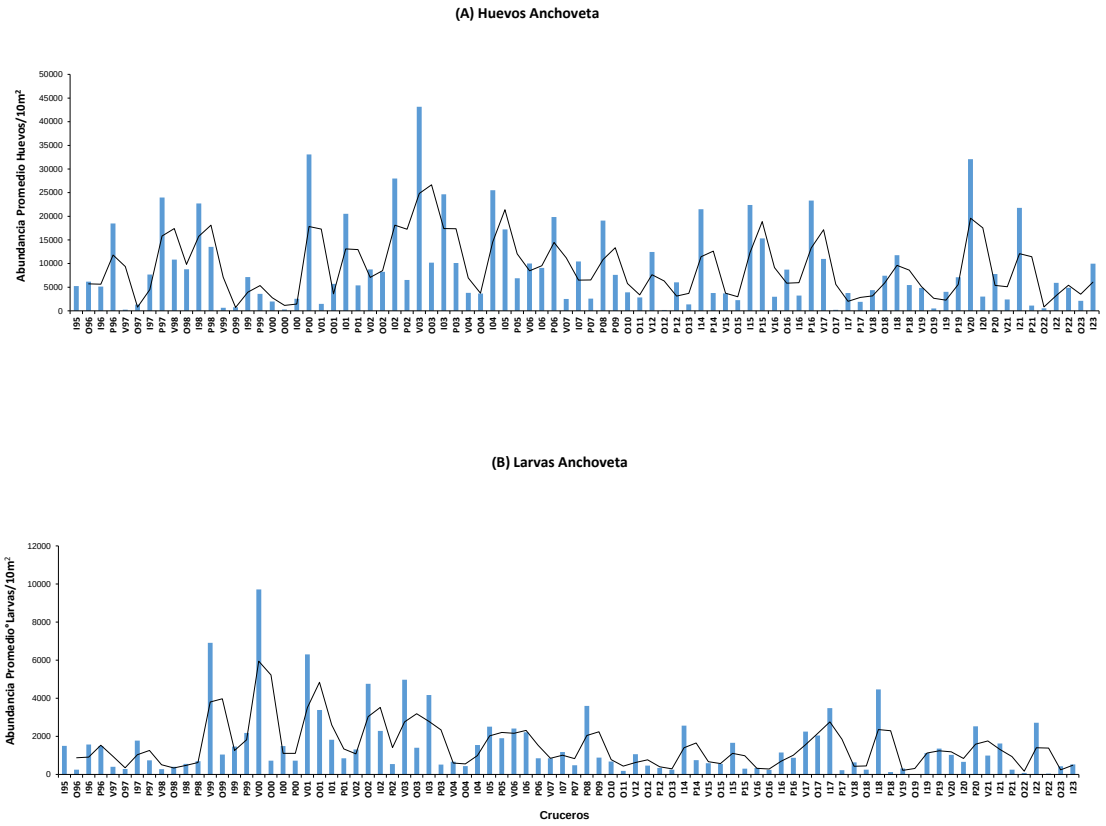


Figura 45. **Variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta "Fase Huevos" (A) y "Fase Larvas" (B) para la zona Arica - Antofagasta en el período invierno 1995 – invierno 2023 (Línea negra = media móvil).**

CONCLUSIONES

Con respecto al mes de noviembre 2023, diciembre presentó frente a Iquique y Mejillones un incremento de la temperatura superficial de 3,1° y 3,2°C, respectivamente, con promedios iguales a 19,32° ± 1,2 y 18,83°C ± 0,6.

Respecto a diciembre de 2022, las **TSM** de los puertos de desembarque de Iquique y Mejillones, fueron 1,0° y 1,3°C más altas, exhibiendo Arica una disminución de 1,4°C.

En superficie se siguen manteniendo condiciones cálida, a lo que se debe sumar el calentamiento natural del sistema de acuerdo al ciclo anual.

La profundidad de la isoterma de 15 °C, se pudo detectar en posiciones relativamente más profundas, con la excepción de Mejillones, donde se presento en una posición más somera y cuyos promedios correspondieron a 11,1 ± 4,1; 23,2 ± 1,4 y 22,5 ± 1,7 m para Arica, Iquique y Mejillones respectivamente.

La oxilínea de 1 mL de O_2, indicadora del limite superior de la zona de mínimos de oxígeno, sólo fue registrada en Arica e Iquique donde se detectó a una profundidad de 19,6 ± 5,2 y 44,1 ± 2,2 m, mientras que en Mejillones no se detectó producto de una mayor oxigenación de la columna de agua.

Diciembre 2023, respecto al mismo mes del año anterior, presentó un aumento considerable de las temperaturas para las localidades de Arica, Iquique y Mejillones, con una tendencia hacia una condición mas cálida.

Las masas de aguas estuvieron dominadas por el Agua Subantártica (**ASA**) y el Agua Ecuatorial Subsuperficial (**AESS**), sin la participación del Agua Subtropical Superficial (**ASST**).

Por otro lado, la tendencia a largo plazo del oxígeno disuelto en la capa superficial (0 a 10 m de profundidad), es a mantenerse en los niveles detectados en los últimos meses, lo cual es notoriamente claro en las tres localidades analizadas, las que exhibieron una columna de agua bien oxigenada con rango cercanos a 5 mL O_2/L.

La serie de tiempo de la clorofila-***α***, con respecto a los meses anteriores, se mantiene en los rangos de las concentraciones detectadas para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones.

En cuanto a la evolución diaria del Indice de surgencia (**IS**), este registró valores que fueron favorables para la generacion de este proceso, en los tres puertos durante los dias de muestreos, destacando que las campañas de muestreos fueron realizadas durante el inicio de una fase activa de surgencia en los tres puertos.

Durante la campaña de Diciembre 2023, las condiciones oceanograficas se caracterizaron por presentar una columna de agua más cálida (en relacion a la serie de tiempo) con la permanencia de mayores temperaturas y una columna bien oxigenada a nivel local de cada

puerto; mientras que a escala regional, en todo el Pacifico Ecuatorial, se ha destacado que las condiciones "El Niño" sigue su desarrollo para el Pacífico Oriental (Boletin Enero 2024, https://ciifen.org/wp-content/uploads/2023/12/Boletin_CIIFEN_diciembre_2023.pdf).

La biomasa zooplanctónica expresada en ml de zooplancton presentes en 1.000 m^3 de agua filtrada, fluctuó entre 264 y 941 con un promedio general para la zona de 532 (DS = 195,42), cifra 23% mayor y 6% menor, respecto a la obtenida durante noviembre 2023 y diciembre 2022, respectivamente.

Las mayores biomasas promedio se observaron frente a los puertos de Mejillones y Arica, exhibiendo Iquique un valor promedio igual a 463 ml de zooplancton/1.000 m^3, respectivamente.

Con respecto al mes de noviembre 2023, los puertos de desembarque de Iquique y Mejillones exhiben tasas de cambio en sus valores promedio de producción secundaria de -3% y +58%, respectivamente.

En relación al mes de diciembre 2022, las biomasas promedio del presente mes, muestran frente a las localidades de Arica y Mejillones una disminución de 4% y 18%, respectivamente; exhibiendo Iquique un incremento igual a 11%. Se observa en general un zooplancton constituido mayoritariamente por el grupo de los copépodos, decápodos y gelatinosos**.**

En términos comparativos y para la serie histórica analizada, meses diciembre 2001 a 2023, las biomasas estimadas durante el presente mes frente a las localidades de Arica, Iquique y Mejillones, se constituyen en el cuarto de los registros más altos de la serie analizada, apreciándose nuevamente una comunidad dominada principalmente por organismos del mesozooplancton.

El procesamiento y análisis de las 17 muestras de zooplancton recolectadas durante diciembre 2023, frente a los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones, permitió cuantificar la presencia de 233.840 huevos y 8.953 larvas de peces, cifras 159% mayor y 43% menor, con respecto a las obtenidas durante noviembre, para las respectivas fases de desarrollo.

Destaca nuevamente la presencia de huevos de sardina española, frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones.

Para sardina española, se aprecia una alta frecuencia de ocurrencia de huevos de esta especie frente a punta Angamos, siendo habitual su presencia desde abril a la fecha en las tres localidades de estudio.

Para anchoveta se identificaron 15 estaciones positivas para huevos y larvas de anchoveta, en las cuales se recolectaron 220.333 huevos y 8.087 larvas, ambas cifras referidas a un área de superficie de mar de 10m^2, lo que representó una frecuencia porcentual de 88% para los respectivos estadios de desarrollo; reflejando actividad reproductiva en la zona explorada, siendo ésta, en cuanto a intensidad, el segundo de los registros más altos para la fase de huevos y el

décimo segundo para los estadios larvales de anchoveta, respectivamente para el período enero 2022- diciembre 2023.

Durante el presente mes, se registra una densidad de huevos y larvas de la especie, 98% mayor y 56% menor, respecto al mes de noviembre 2023.

La abundancia y distribución geográfica de huevos y larvas de anchoveta, muestra que las mayores densidades de los productos del desove y particularmente huevos, se registran frente al puerto de Arica disminuyendo hacia el sur de la zona de estudio.

Con respecto a los estadios larvales, estos exhiben la misma tendencia, es decir, mayores abundancias frente al puerto de Arica, disminuyendo hacia el sur de la zona explorada.

La abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta obtenida en diciembre 2023, señala respecto a lo reportado el mes pasado, que los niveles de abundancia de esta especie analizada en términos de la densidad promedio por estaciones positivas y totales, muestra un alza de 98% y 75% para el estadio de huevos y una disminución de 56% y 64% para las fases larvarias, respectivamente.

Las densidades expresadas en la serie de abundancia de huevos y larvas de anchoveta para el periodo octubre 2014 – diciembre 2023, reflejan nuevamente, que la postura ha sido permanente a través del tiempo, con alzas importantes en las épocas de pick primario y secundario de desove. Durante el presente mes, se registra un alza de 171% en la abundancia de huevos y una disminución de 39% en las fases larvarias de anchoveta.

El resultado de lo anterior, se vio reflejado en la abundancia de huevos de anchoveta estimada en diciembre 2023, la cual fue 56%, 3028%, 675%, 203%, 1150%, 1036%, 273%, 1357% y 21% mayor respecto a las obtenidas en diciembre de los años 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015 y 2014. Por su parte las larvas exhiben un incremento en sus niveles de abundancia de 101%, 155%, 3096%, 616%, 385%, 182% y 229%, respecto a los meses de diciembre de 2022, 2021, 2018, 2017, 2016, 2015 y 2014 y 22% y 57% menor respecto a los años 2020 y 2019.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braun, M., J. Jaque y E. Santander. 2023. Seguimiento Mensual de la Condición del recurso Anchoveta (*Engraulis ringens*) con énfasis en la Abundancia y Distribución de Huevos y larvas de peces. Reporte N° 108, Septiembre 2023. (www.ciamchile.cl).

Braun, M., y L. Herrera. 2020. Seguimiento Mensual de la Condición del recurso Anchoveta (*Engraulis ringens*) con énfasis en la Abundancia y Distribución de Huevos y larvas de peces. Reporte N° 73, octubre 2020. (www.ciamchile.cl).

Braun, M., J. Castillo, J. L. Blanco, S. Lillo y H. Reyes. 1995. Monitoreo hdroacústico y oceanográficodelos recursos pelágicos de la I y II Regiones. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 172 pp + Tablas, Figuras y Anexos.

Braun, M., J. L. Blanco, J. Osses y J. Castillo. 1998. Monitoreo mensual de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°96-07. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 128 pp + Tablas y Figuras. (Monitoreo mayo 97 a dic 97).

Braun, M., J. Blanco, J. Osses, J. Castillo, H. Miles. 1999. Monitoreo acústico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. Informe final FIP 97-02. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 145 pp + Tablas y Figuras.

Braun, M., H. Reyes, E. Pizarro, J. Castillo, J. Saavedra, V. Catasti y V. Valenzuela. 2005b. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV Regiones, año 2004. Informe Final, FIP 2004-01, Fondo de Investigación Pesquera. 300 pp + 46 Tablas, 135 Figuras y 3 Anexos.

Díaz, E. 2023. MONITOREO REPRODUCTIVO SEMANA N° 50 (Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta) (11 al 17 diciembre 2023) Convenio de Desempeño 2023 Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2023.

Frontier, S. 1966. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I (Programa des recortes et techniques d'etude. II). Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (océanogr.), 4(3) :3 - 37.

Hernández, C. 2023. Boletín Semanal N° 46 (Regiones Arica y Parinacota a Coquimbo) (13 al 19 noviembre 2023) Convenio de Desempeño 2023. Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Pelágicas de la Zona Norte de Chile, entre la Región de Arica y Parinacota a la región de Coquimbo, año 2023 SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Noviembre, 2023.

Morales C. E., J. L. Blanco, M. Braun, H. Reyes and A. G. Davies. 1996. Anchovy larval distribution in the coastal zone off northern Chile: The effect of low dissolved oxygen concentrations and of a cold-warm secuence (1990-1995). Invest. Pesq., Valparaíso: 24, 77-96.

Morales, C.E., Hormazabal, S.E., Blanco, J.L., 1999. Interannual variability in the mesoescala distribution of the depth of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18-24S): Implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. Journal of Marine Research 57, 909-932.

G. Perez. 2023. Informe Monitoreo Reclutamiento Semana N° 50 (Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta) (11 al 17 diciembre 2023). Convenio de Desempeño 2022. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Norte SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2023.

Palma, S. y K. Kaiser. 1993. Plancton marino de aguas chilenas. Ediciones universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 151 pp.

Parsons, T.T., Y. Maita y C. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergoamon Press 173 pp.

Pennington. M. 1986. Efficient estimators of abundance for fish and plankton surveys. Biometrics 39:281-286.

Rojas, O., y A. Mujica. 1981. Delimitación de las areas de desove, prereclutamiento y estimación de la abundancia relative de huevos y larvas de peces pelágicos de importancia económica. Santiago, Chile, IFOP: 82pp.

Rojas, O., A. Mujica, M. Labra, G. Ledermann y H. Miles.1983. Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. AP83/31. Santiago, Chile, IFOP-80p.

Sameoto, D., P. Wiebe, J. Runge, L. Postel, J. Dunn, C. Miller and S. Coombs. 2000. Collecting Zooplankton. En: ICES. Zooplankton Methodology Manual. 55-81 pp.

Smith, P.E. y S.L. Richardson. 1979.Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Doc. Téc.Pesca (175):107 p.I8.