REPORTE N°15

SEGUIMIENTO MENSUAL DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS DEL HÁBITAT COSTERO DE ANCHOVETA EN LA ZONA NORTE – ENERO 2026



ENERO - 2026

REPORTE N°15



Seguimiento mensual de las condiciones oceanográficas del hábitat costero de anchoveta en la zona norte

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

Director Ejecutivo: Jorge Oliva López

Autor: Ulises Parker Pereira

• Febrero 2026 •

SEGUIMIENTO MENSUAL DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS DEL HÁBITAT COSTERO DE ANCHOVETA EN LA ZONA NORTE – ENERO 2026

Reporte N°15

RESUMEN EJECUTIVO

Metodológicamente, se realizó el muestreo bio-oceanográfico entre el 19 y el 23 de enero 2026, a bordo de las lanchas de servicio de Corpesca S.A. "Oviedo" y "Albatros" para los puertos de desembarque de Arica y Mejillones, respectivamente. Las estaciones costeras de frecuencia de observación mensual, se localizaron a 1, 3 y 5mn de la costa frente a Mejillones 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 a enero 2026 en la zona norte del país. Los principales resultados del monitoreo bio-oceanográfico son los siguientes:

En enero de 2026, las condiciones oceanográficas frente a **Arica** y **Mejillones**, dentro del sistema de la **Corriente de Humboldt**, reflejaron un régimen estival típico, sin anomalías extremas.

La **temperatura superficial del mar (TSM)** promedió 19,3 °C, mostrando un aumento respecto a noviembre 2025 y una marcada estratificación térmica. Arica presentó mayor variabilidad térmica superficial, mientras que Mejillones mostró mayor estabilidad.

La **columna de agua** evidenció fuerte estratificación: temperaturas subsuperficiales cercanas a 14 °C y densidades alrededor de 26 kg/m³, indicando presencia de aguas frías asociadas a surgencia. La salinidad fue homogénea (~34,6 ups) y con baja variabilidad.

La **isoterma de 15 °C** se ubicó somera (~7 m en promedio), con inclinación típica costa–océano, señalando surgencia activa pero no extrema. No se observaron profundizaciones anómalas asociadas a eventos cálidos intensos.

El **oxígeno superficial** mostró buenas condiciones de ventilación (≈5–6 ml O_2/L), sin evidencia de hipoxia.

La **clorofila-a** indicó productividad moderada en Arica y un evento altamente productivo costero en Mejillones (máximo 14,78 mg/m³), asociado a surgencia activa.

En conjunto, enero 2026 presentó un sistema costero dinámico, productivo y estructuralmente estable, bajo condiciones neutras a cálidas moderadas, coherentes con la dinámica estival del norte de Chile.

En enero de 2026 se registró una actividad reproductiva moderada, inferior a los máximos observados en 2024–2025. Se cuantificaron **59.113 huevos y 8.003 larvas**, con una disminución de 22% y 13%, respecto a noviembre 2025.

La **anchoveta (*Engraulis ringens*)** dominó ampliamente el desove, representando el 75% de los huevos y 86% de las larvas, con presencia en el 100% de las estaciones. La distribución mostró mayor concentración de huevos en Mejillones y mayor abundancia larval en Arica.

La serie histórica (2016–2026) evidencia un patrón altamente variable y pulsátil, con años de actividad reproductiva (2020, 2024, 2025) y ajustes posteriores. Enero 2026, se sitúa dentro de un rango **moderado**, interpretado como una normalización tras dos años productivos.

El reclutamiento futuro dependerá de la sobrevivencia larval, fuertemente influenciada por condiciones oceanográficas como surgencia, disponibilidad trófica, estabilidad de la columna de agua y oxigenación superficial. En síntesis, el sistema se mantiene funcional y resiliente, en una fase de ajuste dentro de su variabilidad natural.

INTRODUCCIÓN

El presente reporte contiene los resultados obtenidos de la realización del monitoreo mensual de las condiciones oceanográficas del hábitat costero de la anchoveta en la Zona Norte, efectuado entre 19 y 23 de enero 2026, frente a los puertos de Arica y Mejillones.

OBJETIVO GENERAL

Conocer las variaciones de los parámetros físico-químicos en forma mensual en la columna de agua de la zona costera.

METODOLOGÍA

Zona de estudio

El monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas correspondiente a enero 2026, abarcó la zona marítima de las regiones de Arica y Parinacota y Antofagasta, comprendida entre Arica (18°26'S) y Mejillones (23°04'S), donde se establecieron para los puertos de Arica y Mejillones, dos transectos perpendiculares a la costa equidistantes cada 2mn con estaciones programadas a 1, 3 y 5mn (**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 de Corpesca S.A. “Oviedo” y “Albatros” para los puertos de desembarque de Arica y Mejillones, respectivamente. En el **Cuadro 1**, se consigna el número total de transectos 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 enero 2026.

Número de Transectos	N° de Estaciones	Duración en Días	Rango Latitudinal	Fecha de Inicio y Término
4	11	7	18°26’ – 23°04’ LS	19 al 23 enero 2026

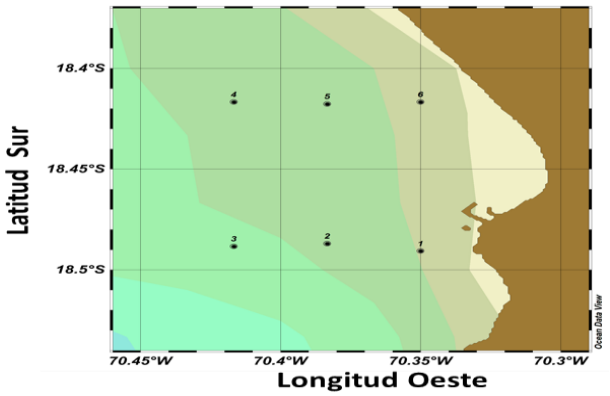


Figura 1. **Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en Arica.**

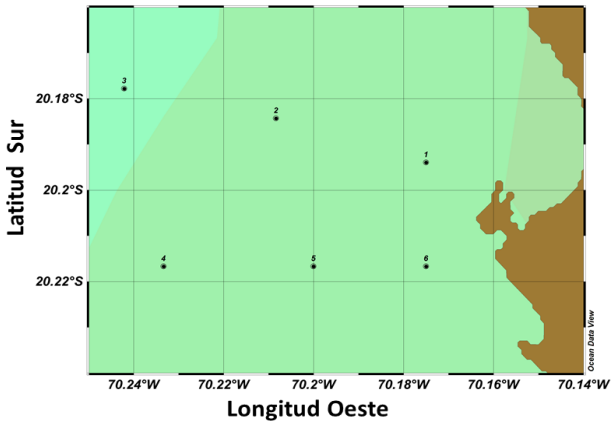


Figura 2. **Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en Iquique.**

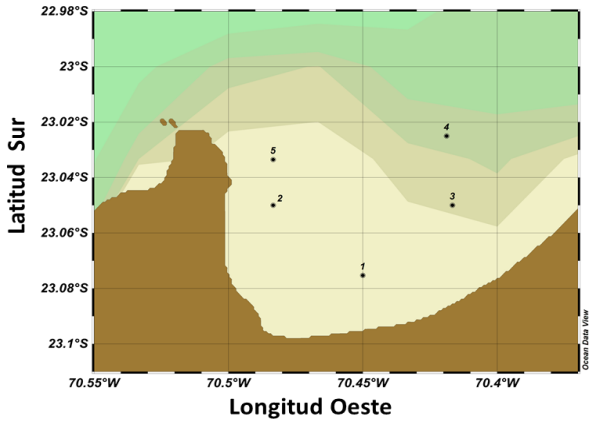


Figura 3. **Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en Mejillones.**

RESULTADOS

1. Condición oceanográfica frente a la costa norte de Chile – enero 2026

Durante enero de 2026, el análisis de la temperatura superficial del mar (TSM) en la franja costera norte de Chile, que abarca las zonas frente a Arica y Mejillones, evidenció un patrón de variabilidad térmica moderada. Las temperaturas oscilaron entre 16,83 °C y 21,62 °C, con un promedio de 19,29 °C ± 1,433, lo que representa un incremento de 2,1 °C en comparación con los valores registrados en noviembre de 2025, con una salinidad de 34,62ups y una densidad de 24,63 kg/m³. Las temperaturas son consistentes con el **periodo estival austral**, reflejando un régimen cálido superficial. Existe **alta homogeneidad térmica regional**, con diferencias promedio menores a 0,3 °C entre zonas. Este patrón corresponde al gradiente térmico típico del norte de Chile, donde las aguas cálidas subtropicales tienen mayor influencia en Arica, mientras que en Mejillones predomina la influencia de aguas más frías asociadas a **surgencias costeras** (**Fig. 4, 5 y Tabla 1**).

En enero de 2026, los valores promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) mostraron un claro gradiente térmico latitudinal a lo largo de las localidades estudiadas. En la zona de Arica se registró una temperatura promedio de 19,16 °C, la más alta del conjunto, con valores que variaron entre 16,83 °C y 21,62 °C, y una desviación estándar baja (1,86 °C), lo que indica alta variabilidad térmica. La salinidad promedio fue de 34,66 ups, con valores mínimos y máximos entre 34,52 y 34,77 ups, también con escasa variación (DS = 0,078). La densidad promedio (24,66 kg/m³).

Arica presenta mayor variabilidad térmica (DE = 1,86 °C**)** y el mayor rango térmico (≈ 4,8 °C), lo que sugiere, influencia intermitente de surgencia costera, mezcla vertical asociada a forzamiento eólico, Posible variabilidad intra mensual. Estas condiciones sugieren pulsos de surgencia costera, mezcla vertical, o variabilidad sinóptica atmosférica **(Fig. 4, 5 y Tabla 1).**

En contraste, en Mejillones se observó una temperatura promedio menor (19,45 °C), con un rango de 19,05 a 20,48 °C y una variabilidad moderada (DS = 0,55 °C). La salinidad promedio (34,58 ups) fue ligeramente inferior a la registrada en Arica, densidades (24,59 kg/m³), lo que indica que Mejillones en contraste, muestra **condiciones más estables**, con menor dispersión térmica **(Fig. 4, 5 y Tabla 1).**

En conjunto, la columna de agua en enero 2026 presenta. Temperaturas promedio (~14 °C) son significativamente menores que las superficiales (~19 °C), lo que evidencia una marcada estratificación térmica estival. El rango térmico es amplio (12,86–21,62 °C global), indicando: Presencia de aguas frías subsuperficiales asociadas a surgencia, persistencia de aguas cálidas superficiales. Mejillones presenta mayor desviación estándar (1,78 °C), sugiriendo mayor heterogeneidad vertical o influencia de mezcla **(Tabla 2).**

La salinidad muestra **muy baja variabilidad**, lo que indica estabilidad halina regional. Los valores son consistentes con aguas del **Sistema de la Corriente de Humboldt**, sin evidencia de intrusiones marcadas de masas de agua externas. La estructura de densidad está principalmente controlada por la temperatura, más que por la salinidad.

Las densidades son mayores que en superficie (~24,6 kg/m³), confirmando: Presencia de aguas más frías y densas en profundidad. Estratificación vertical bien definida. El rango máximo (26,416 kg/m³) sugiere influencia de aguas subsuperficiales más frías y típicas de surgencia costera. Mejillones presenta mayor variabilidad densimétrica (DE = 0,499), coherente con su mayor variabilidad térmica vertical **(Tabla 2).**

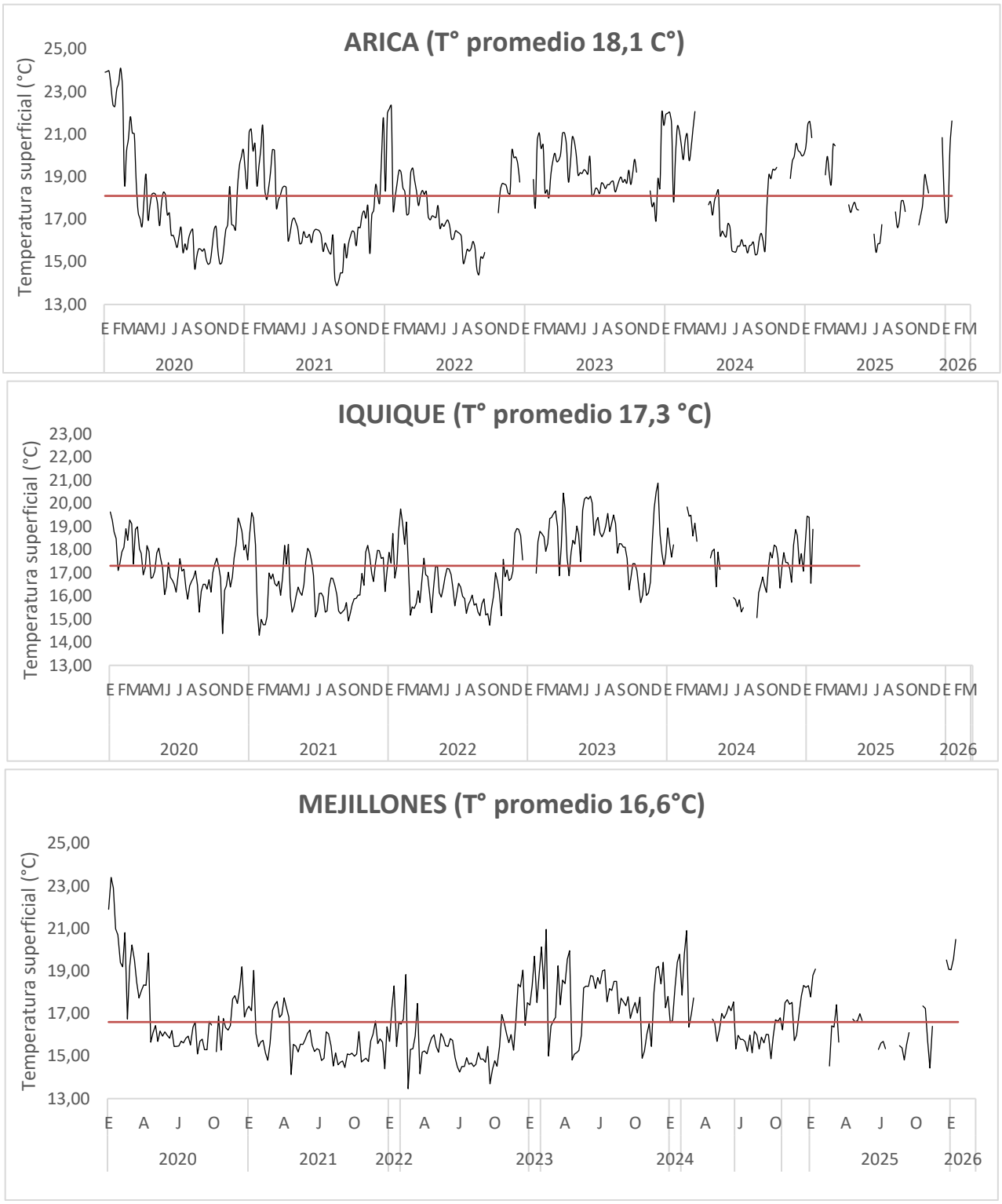


Figura 4. **Temperatura superficial del mar (TSM °C) para los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones. Enero 2020 – enero 2026. Iquique sin información en enero 2026.**

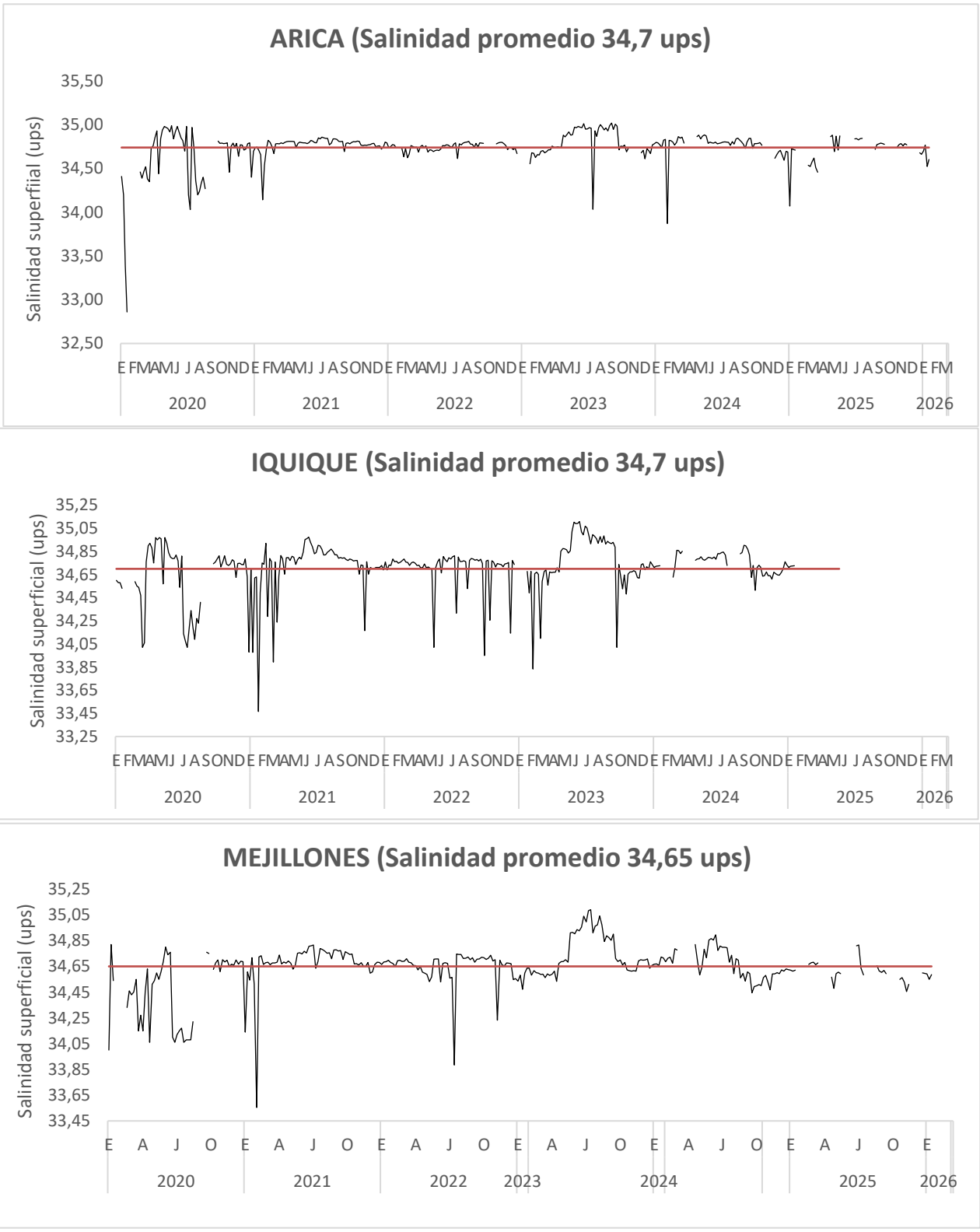


Figura 5. **Salinidad superficial promedio (ups) para los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones. Enero 2020 – enero 2026. Iquique sin información en enero 2026.**

Tabla 1. Estadígrafos de la temperatura (°C), salinidad (ups) y densidad (Kg/m^3) superficial (1m) frente a los puertos de Arica y Mejillones durante enero 2026. En Iquique no se realizó crucero.

1 m	T (°C)	S (ups)	D (Kg/m^3)
Global			
Promedio	19,290	34,623	24,625
Min	16,828	34,522	24,170
Max	21,623	34,768	25,193
DS	1,433	0,069	0,325
Arica			
Promedio	19,158	34,656	24,655
Min	16,828	34,522	24,170
Max	21,623	34,768	25,193
DS	1,863	0,078	0,415
Iquique			
Promedio			
Min			
Max			
DS			
Mejillones			
Promedio	19,448	34,584	24,588
Min	19,051	34,549	24,314
Max	20,479	34,600	24,705
DS	0,553	0,018	0,149

La serie evidencia una TSM con una **marcada variabilidad interanual**, asociada principalmente a la alternancia de eventos **El Niño y La Niña**, que modulan la estructura térmica superficial del sistema de la Corriente de Humboldt. El período incluye, condiciones cálidas extremas en 2020, transición hacia condiciones más frías en 2021–2022, nuevo calentamiento en **2023–2024,** tendencia a estabilización, moderación en 2025-enero 2026. La salinidad superficial muestra baja amplitud interanual (variaciones del orden de 0,2–0,5 ups). Mayor estabilidad que la TSM, señales coherentes con la variabilidad ENSO. Recuperación hacia valores medios en 2024–2026. En términos generales, la salinidad presenta un comportamiento más conservativo que la temperatura, lo cual es consistente con la dinámica del sistema de la Corriente de Humboldt (**Fig. 6).**

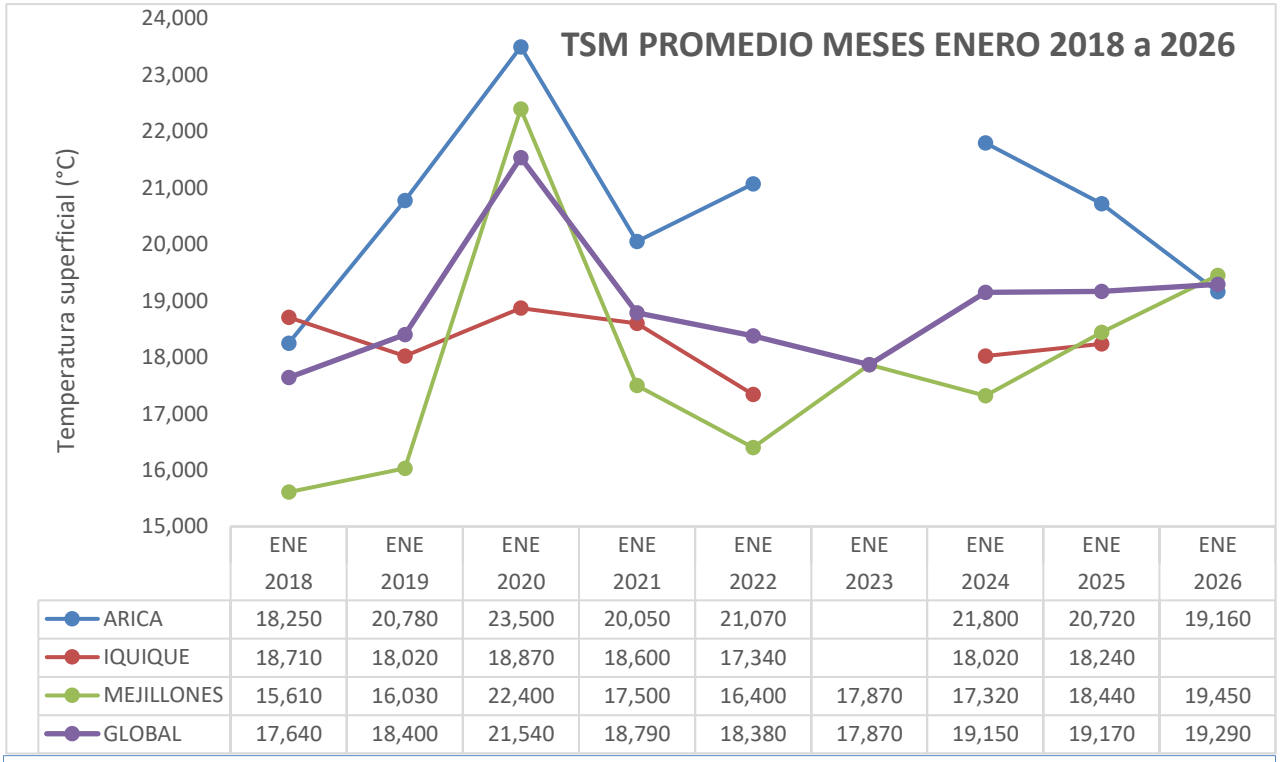
Arica la TSM con un máximo absoluto 23,5 °C (enero 2020), valores elevados también en 2022 (21,07 °C) y 2024 (21,8 °C). Descenso progresivo en enero 2025; 20,72 °C y enero 2026; 19,16 °C. El pick de 2020 corresponde claramente a un evento cálido intenso (El Niño 2019–2020). Posteriormente se observa enfriamiento relativo, sugiriendo debilitamiento del forzamiento cálido ecuatorial y mayor influencia de surgencia costera. La disminución hacia 2026 indica acoplamiento océano-atmósfera más neutro, mayor ventilación superficial.

La salinidad el máximo 34,900 ups (enero 2019), mínimo 34,600 ups (enero 2025). Promedio aproximado del período: ~34,75. En enero 2019–2020, valores relativamente altos (34,87–34,90 ups). El 2021 descenso a 34,660 ups el 2024–2026 leve disminución respecto a la media histórica. El descenso posterior a 2020 puede estar asociado a mayor influencia de aguas superficiales menos

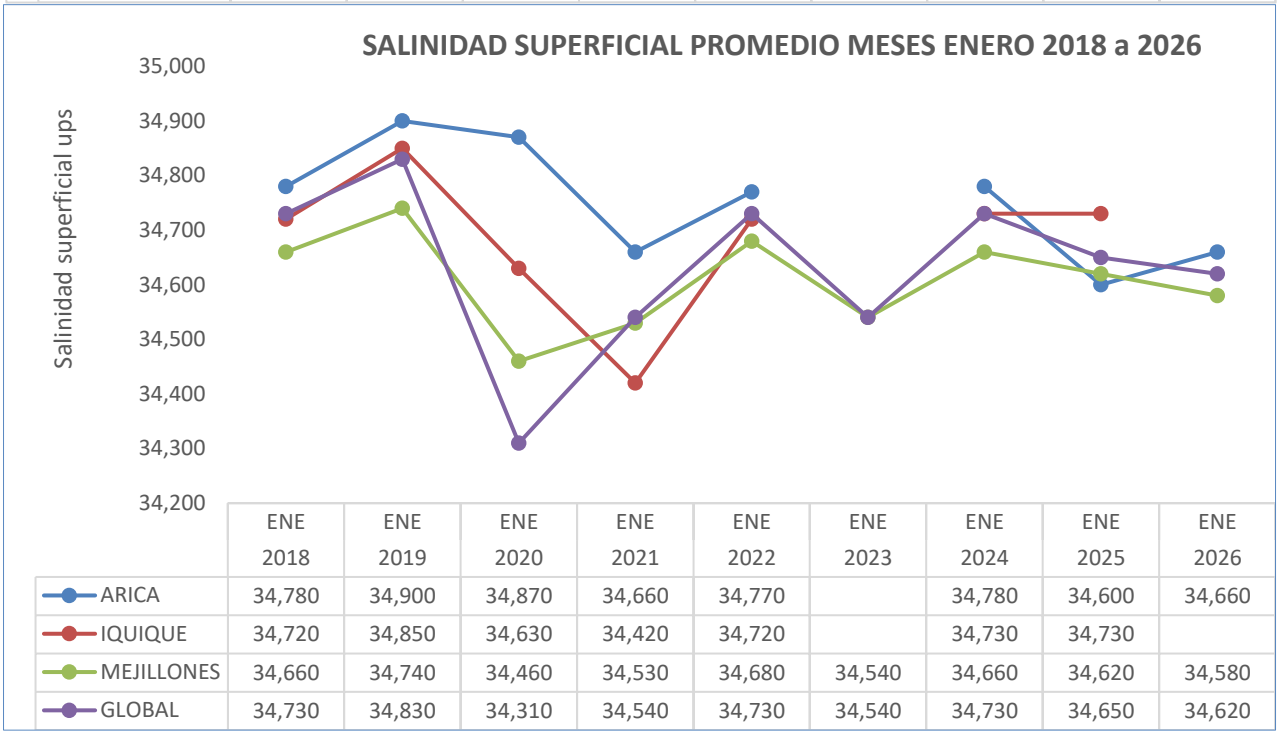
salinas. Intensificación de mezcla vertical. Modulación por surgencia costera. Arica mantiene, salinidades levemente superiores al resto de las estaciones, coherente con su ubicación más cercana a aguas subtropicales (**Fig. 6)**.

Iquique la TSM presenta una variabilidad más moderada que Arica. Valores relativamente estables entre 18–19 °C, mínimo destacado; 17,34 °C (2022). Recuperación posterior, 18,24 °C (2025). Iquique presenta menor amplitud térmica interanual, probablemente por mayor influencia directa de surgencia costera, mayor mezcla vertical y menor influencia directa de ondas Kelvin cálidas comparado con Arica. La salinidad presentó un máximo, de 34,850 ups (2019)**,** mínimo 34,420 ups (2021)**.** Recuperación en 2024–2025 (34,730 ups)**.** Iquique presenta mayor variabilidad interanual que Arica. El mínimo de 2021 (34,420 ups) coincide con fase fría (La Niña), lo que puede reflejar: Intensificación de surgencia. Mayor incorporación de aguas subsuperficiales relativamente menos salinas. Mayor mezcla vertical (**Fig. 6)**.

Mejillones la TSM el máximo extremo 22,4 °C (enero 2020), marcado en 2021–2022 (~16–17 °C), progresiva 2023–2026. En enero 2026 (19,45 °C), valor elevado respecto a promedio histórico. Mejillones muestra una alta sensibilidad a eventos cálidos. Fuerte enfriamiento post-2020 asociado a intensificación de surgencia. Recuperación térmica reciente, posiblemente vinculada al evento El Niño 2023–2024. La salinidad presentó su máximo 34,740 ups (2019), mínimo 34,460 (2020)**,** 2026 34,580 ups. Comportamiento destacado, enero 2020 presenta un descenso marcado (34,460 ups). En enero 2023 nuevamente muestra valores relativamente bajos (34,540 ups). Recuperación parcial posterior, Mejillones es altamente influenciado por procesos locales de surgencia, la disminución de salinidad en enero 2020 puede estar asociada a estratificación superficial producto de calentamiento extremo. Ingreso de masas de agua modificadas, alteraciones en la circulación costera (**Fig. 6).**



	ENE 2018	ENE 2019	ENE 2020	ENE 2021	ENE 2022	ENE 2023	ENE 2024	ENE 2025	ENE 2026
ARICA	18,250	20,780	23,500	20,050	21,070		21,800	20,720	19,160
IQUIQUE	18,710	18,020	18,870	18,600	17,340		18,020	18,240	
MEJILLONES	15,610	16,030	22,400	17,500	16,400	17,870	17,320	18,440	19,450
GLOBAL	17,640	18,400	21,540	18,790	18,380	17,870	19,150	19,170	19,290



	ENE 2018	ENE 2019	ENE 2020	ENE 2021	ENE 2022	ENE 2023	ENE 2024	ENE 2025	ENE 2026
ARICA	34,780	34,900	34,870	34,660	34,770		34,780	34,600	34,660
IQUIQUE	34,720	34,850	34,630	34,420	34,720		34,730	34,730	
MEJILLONES	34,660	34,740	34,460	34,530	34,680	34,540	34,660	34,620	34,580
GLOBAL	34,730	34,830	34,310	34,540	34,730	34,540	34,730	34,650	34,620

Figura 6. **Temperatura y salinidad superficial del mar promedio (°C y ups) para los puertos de desembarque de Arica, Iquique y Mejillones. Meses de enero 2018 a 2026. Iquique sin información enero 2026.**

El análisis de perfiles térmicos en Arica y Mejillones revela que la isoterma de 15°C presentó una marcada variabilidad espacial durante enero 2026, reflejando diferencias locales en los procesos de mezcla y surgencia costera.

En **Arica**, la isoterma de 15°C se encuentra en una **posición relativamente somera**, lo que indica, presencia de aguas frías subsuperficiales cercanas a la superficie. Moderada estratificación térmica. Influencia activa de procesos de surgencia costera.

Transecto Sur. La profundidad es **homogénea (7 m en todas las estaciones)**: Indica estabilidad horizontal. Sugiere una estructura térmica bien organizada. No se observa inclinación significativa de la isoterma. Esto podría reflejar, condiciones de viento relativamente uniformes, surgencia moderada pero estable.

Transecto Norte. Mayor variabilidad (5–9 m), **3mn; 5 m (más somera)**, posible núcleo activo de surgencia **5mn; 9 m (más profunda)**, probable relajación local o mayor estratificación. Esto sugiere, inclinación leve de la isoterma. Variabilidad meso escala, posible influencia de forzamiento local (viento, topografía submarina).

Considerando que en enero 2026. La TSM en Arica fue ~19,16 °C (moderadamente cálida). La salinidad superficial fue ~34,66 ups. La presencia de la isoterma de 15 °C a ~7 m indica que, no existe una profundización extrema asociada a eventos cálidos fuertes. El sistema no presenta una estratificación intensa como la observada en enero 2020. Se mantiene cierta ventilación vertical. Una isoterma de 15 °C somera implica: Mayor disponibilidad de nutrientes en la capa eufótica. Potencial soporte para productividad primaria. Condiciones favorables para la retención de huevos y larvas de anchoveta. Posible cercanía de la oxiclina a superficie si la surgencia es activa (**Fig. 7**).

Durante enero de 2026, en Mejillones la isoterma de 15°C, se presenta somera en el norte (4 m), señal clara de surgencia activa. Profundización progresiva hacia 5mn en el transecto sur (12 m), mayor estratificación fuera de la costa. Esto indica una estructura inclinada de la isoterma, típica de sistemas de surgencia costera donde, las aguas frías ascienden cerca de la costa y la termoclina se profundiza mar adentro.

Transecto Sur gradiente claro, 7 m, 8 m, 12 m. Esto sugiere, relajación progresiva de la surgencia hacia el fuera de la costa. Mayor estabilidad térmica en 5mn. Desarrollo de una capa superficial más cálida mar adentro. La profundización hasta 12 m indica una columna más estratificada en el límite externo del transecto.

Transecto Norte mayor contraste espacial, 1mn: 4 m (muy somera) 5mn: 8 m Esto evidencia, núcleo activo de surgencia en la zona costera. Inclinación marcada de la termoclina. Posible intensificación local del viento costero. (**Fig. 8).**

En enero 2026 Mejillones presentó TSM ~19,45 °C, salinidad ~34,58 ups. La presencia de la isoterma de 15 °C entre 4 y 12 m indica existencia de un fuerte gradiente térmico superficial, moderada estratificación. Sistema activo, no dominado por calentamiento extremo. No se observa profundización excesiva (>15 m), lo que descarta un escenario tipo El Niño intenso.

Una isoterma somera en 1mn (4 m), favorece aporte de nutrientes a la zona eufótica.

Potencial aumento de productividad primaria. Condiciones favorables para retención larval. Profundización a 12 m en 5mn. Mayor estabilidad térmica fuera costa. Posible mayor retención de masa de agua cálida superficial. La configuración observada es típica de un sistema de surgencia activo, pero no extremo (**Fig. 8).**

En la región de Arica, el análisis de los valores de oxígeno disuelto superficial registrados en las seis estaciones. Promedio total (6 estaciones): 5,14 ml O_2/L **mínimo:** 4,61 ml O_2/L (5mn norte) **máximo:** 5,59 ml O_2/L (5mn sur), **rango:** 0,98 ml O_2/L, **variabilidad:** baja a moderada (distribución relativamente homogénea).

Los valores se encuentran dentro de un rango típico para aguas superficiales costeras del sistema de la Corriente de Humboldt en verano, aunque ligeramente por debajo de condiciones altamente oxigenadas (>6 ml O_2/L).

Transecto Sur. Presenta **incremento progresivo costa–océano** (4,97; 5,44; 5,59 ml O_2/L). Sugiere: Mayor ventilación oceánica hacia el exterior. Posible influencia de mezcla superficial o menor consumo biológico en estaciones más alejadas. **Promedio sur:** 5,33 ml O_2/L (**Fig. 9**).

Transecto Norte Comportamiento distinto: Valores relativamente homogéneos en 1 y 3mn (≈5,1 ml O_2/L). Disminución marcada en 5mn (4,61 ml O_2/L). **Promedio norte:** 4,96 ml O_2/L, esta disminución offshore podría indicar: Intrusión superficial de aguas con menor contenido de oxígeno. Mayor estratificación térmica en el sector norte. Influencia incipiente de aguas subsuperficiales más pobres en oxígeno (**Fig. 9**).

Gradiente espacial y estructura superficial. Se observa una **asimetría latitudinal**: El transecto sur está más oxigenado. El transecto norte muestra señal de menor ventilación en la estación oceánica. Esto sugiere que la estructura superficial no es completamente homogénea y que podrían estar actuando, diferencias en intensidad de mezcla vertical. Variabilidad en productividad primaria local. Influencia diferencial de surgencia costera.

En verano (enero), el sistema suele presentar: Mayor estratificación térmica. Aumento del consumo biológico. Eventuales afloramientos intermitentes. Los valores registrados (~5 ml O_2/L) indican: Condiciones superficiales bien oxigenadas. Sin evidencia de hipoxia superficial. Posible desacople parcial entre costa y zona oceánica en el transecto norte (**Fig. 9**).

En Mejillones, la concentración promedio de oxígeno superficial fue aproximadamente 6,01 ml O_2/L, con un rango entre 5,39 y 6,46 ml O_2/L. La amplitud total es baja (≈1,07 ml O_2/L), lo que indica condiciones relativamente homogéneas en la capa superficial durante el período de muestreo. Estos valores corresponden a una **masa de agua superficial bien oxigenada**, típica de zonas costeras influenciadas por ventilación atmosférica y procesos de mezcla.

Gradiente costa–océano, en ambos transectos se observa una **tendencia general al aumento del oxígeno hacia estaciones más oceánicas**: En el **transecto sur**, el máximo se registra a 3mn (6,46 ml O_2/L), manteniéndose alto a 5mn (6,07 ml O_2/L). En el **transecto norte**, el valor más bajo ocurre en la estación costera (1mn: 5,39 ml O_2/L) y aumenta hacia 5mn (6,17 ml O_2/L). Este patrón sugiere: Mayor influencia de **aguas costeras ligeramente más pobres en oxígeno** en estaciones próximas a la costa. Mejor ventilación o influencia de aguas más oceánicas hacia 3–5mn.

El **transecto sur** presenta valores levemente superiores y más consistentes. El **transecto norte** muestra el mínimo regional (5,39 ml O_2/L), lo que podría estar asociado a: Influencia local de procesos de surgencia, mayor estabilidad superficial, o aporte de aguas subsuperficiales ligeramente menos oxigenadas. No obstante, las diferencias son moderadas y no indican condiciones hipóxicas (**Fig. 9).**

Los valores observados (≈6 ml O_2/L) son característicos de: Capa superficial bien ventilada. Influencia del intercambio aire-mar. Posible aporte de producción primaria reciente (fotosíntesis), especialmente en zonas de surgencia activa como Mejillones. No se observan indicios de intrusión de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) en superficie durante este muestreo (**Fig. 9**).

La serie temporal de clorofila-a para enero 2026 en Arica, el gradiente costa-océano. En el **transecto sur** se observa una mayor concentración en la estación intermedia (3mn: 4,10 mg/m³), lo que sugiere una zona de máxima productividad posiblemente asociada a: Procesos de surgencia costera moderada, retención local de biomasa fitoplanctónica (**Fig. 10**).

En el **transecto norte**, el valor máximo se registra en 5mn (3,70 mg/m³), indicando un desplazamiento de la biomasa hacia zonas más oceánicas.

El **promedio del transecto sur** (3,16 mg/m³) es superior al del **transecto norte** (2,24 mg/m³). Esto sugiere mayor productividad en el sector sur durante enero 2026. La mayor variabilidad espacial en el norte podría estar asociada a: Mayor mezcla vertical. Influencia de masas de agua menos productivas en superficie

Contexto estacional, enero corresponde al periodo estival austral, cuando puede intensificarse la estratificación superficial, limitando el aporte de nutrientes. La productividad depende fuertemente de eventos locales de surgencia. Los valores observados (1,26–4,10 mg/m³) indican una productividad moderada, típica del sistema de la Corriente de Humboldt bajo condiciones no extremas (**Fig. 10**).

Cabe destacar que, uno de los componentes externos en los valores de clorofila a, es el aporte del Río San José en Arica. Durante el verano, la bajada del río San José puede ejercer una influencia significativa sobre la dinámica físico-biogeoquímica costera, particularmente en las estaciones más cercanas a la desembocadura (transecto norte). Aunque se trata de un sistema fluvial intermitente, los pulsos de descarga pueden modificar temporalmente la estructura de la columna de agua y la distribución de la clorofila-a.

El aporte fluvial introduce nutrientes disueltos (principalmente nitratos, fosfatos y silicato), además de materia orgánica y material particulado en suspensión. Este enriquecimiento puede estimular la producción primaria en la zona costera inmediata, favoreciendo aumentos localizados de clorofila-a, especialmente bajo condiciones de estabilidad de la columna de agua.

Adicionalmente, el ingreso de agua dulce genera una disminución de la salinidad superficial, promoviendo estratificación halina. Esta mayor estabilidad vertical puede favorecer la retención fitoplanctónica dentro de la zona eufótica y contribuir al desarrollo de máximos subsuperficiales de clorofila. Sin embargo, si la descarga presenta alta carga sedimentaria, el aumento de turbidez

puede reducir la penetración de luz, desplazando el máximo de biomasa hacia mayores profundidades o limitando la producción superficial.

La interacción entre la pluma fluvial y la surgencia costera característica del sistema de la Corriente de Humboldt añade complejidad al patrón espacial observado. La mezcla entre aguas dulces superficiales y aguas frías, ricas en nutrientes provenientes de surgencia, puede generar una marcada heterogeneidad horizontal y vertical, con gradientes costa–océano abruptos y variabilidad a escala fina.

Desde una perspectiva biogeoquímica, un incremento en la productividad inducido por aportes fluviales podría intensificar los procesos respiratorios en profundidad, favoreciendo el consumo de oxígeno en capas subsuperficiales. En un sistema naturalmente influenciado por la Zona Mínima de Oxígeno del norte de Chile, estos procesos pueden amplificar gradientes verticales de oxígeno y reforzar condiciones hipóxicas locales.

En conjunto, la descarga estival del río San José puede actuar como un modulador episódico de la productividad costera frente a Arica, contribuyendo a la heterogeneidad espacial del sistema y a la compleja interacción entre fertilización, estratificación y dinámica de surgencia característica del verano en el norte de Chile (**Anexo I - Fotos 1 y 2**).

Los datos de enero de 2026 en el transecto norte frente a Arica muestran un patrón altamente heterogéneo, consistente con la posible influencia de la descarga estival del río San José combinada con la dinámica de surgencia costera.

El rasgo más relevante es el máximo extremadamente intenso registrado a 5 m en 1mn (12,45 µg/L), que contrasta marcadamente con los valores superficiales en la misma estación (1,26 µg/L) y con las concentraciones registradas a 3mn (0,99 µg/L a 5 m). Este patrón sugiere: Desarrollo de un máximo subsuperficial de clorofila (DMC) muy localizado. Estratificación superficial probablemente inducida por aporte de agua dulce. Retención fitoplanctónica bajo una capa superficial menos densa. Alta disponibilidad de nutrientes en profundidad somera.

El hecho de que el valor superficial en 1mn sea relativamente bajo, mientras el máximo se concentra a 5 m, podría indicar atenuación lumínica asociada a turbidez fluvial, desplazando la biomasa hacia una profundidad óptima de luz y nutrientes.

Por otra parte, la disminución abrupta hacia 3mn (0,99 µg/L a 5 m) evidencia que el efecto es espacialmente restringido, consistente con la dispersión limitada de una pluma fluvial. Hacia 5mn, los valores intermedios (3,71 µg/L a 1 m y 3,99 µg/L a 5 m) reflejan condiciones más influenciadas por la dinámica oceánica que por el aporte continental directo.

En profundidad (10–50 m), las concentraciones bajas (0,21–1,41 µg/L) indican una rápida disminución vertical de la biomasa.

En síntesis, el máximo de 12,45 µg/L a 5 m en 1mn es consistente con un evento de fertilización costera localizado, probablemente modulado por aporte fluvial y estabilización superficial, en un contexto dominado por la dinámica de surgencia del verano austral (**Anexo I - Foto 3**).

La serie temporal de clorofila-a para enero de 2026, en Mejillones, **señal costera muy intensa en el transecto sur.** El valor de **14,78 mg/m³ en 1mn (transecto sur)** es muy elevado y representa un **evento de alta productividad fitoplanctónica,** probable influencia directa de **surgencia costera activa.** Posible acumulación o retención de biomasa dentro de la bahía de Mejillones, la fuerte disminución hacia 3mn (5,90 mg/m³) y 5mn (2,80 mg/m³) indica un **marcado gradiente costa-océano**, típico de sistemas de surgencia intensos (**Fig. 10**).

Sector norte señal más oceánica. Los valores en el transecto norte (1,54 y 1,94 mg/m³) son considerablemente más bajos Indican condiciones más oligotróficas y sugieren menor influencia directa de surgencia o mayor mezcla con aguas oceánicas.

Contexto del sistema de la Corriente de Humboldt. En verano austral la estratificación superficial suele aumentar. Sin embargo, eventos locales de viento pueden generar **pulsos intensos de surgencia**, especialmente en Mejillones, zona conocida por su alta productividad. El valor de 14,78 mg/m³ es consistente con: Pulsos productivos asociados a surgencia. Posible desarrollo de floraciones fitoplanctónicas (**Fig. 10**).

Estado ENSO y Condiciones Oceanográficas (enero 2026)

Durante enero de 2026, el sistema océano-atmósfera del Pacífico ecuatorial se mantiene bajo **condiciones de La Niña débil**, según reportes de NOAA (CPC) y CIIFEN. Las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en las regiones Niño 3.4, Niño 3 y Niño 1+2 presentan valores negativos cercanos a -0,5 °C a -0,8 °C, confirmando la persistencia de una fase fría débil.

Estas condiciones están asociadas a:

- **Vientos alisios intensificados**, reflejando un acoplamiento océano-atmósfera activo.
- **Mayor surgencia de aguas frías** en el Pacífico oriental.
- **Anomalías negativas del nivel del mar** en el sector ecuatorial oriental.
- **Propagación de ondas Kelvin frías**, que han reforzado el enfriamiento subsuperficial durante 2025.

Durante el período 2024–2025 predominó la fase fría del ENSO. Sin embargo, los modelos climáticos internacionales proyectan una **transición gradual hacia condiciones ENSO-neutrales durante 2026**, aunque podrían persistir anomalías frías residuales en algunos sectores del Pacífico.

En términos físicos, el escenario actual se caracteriza por un régimen oceánico más frío y dinámico en el Pacífico ecuatorial oriental, con implicancias en la productividad marina, la circulación regional y la variabilidad climática en la costa del Pacífico sudeste.

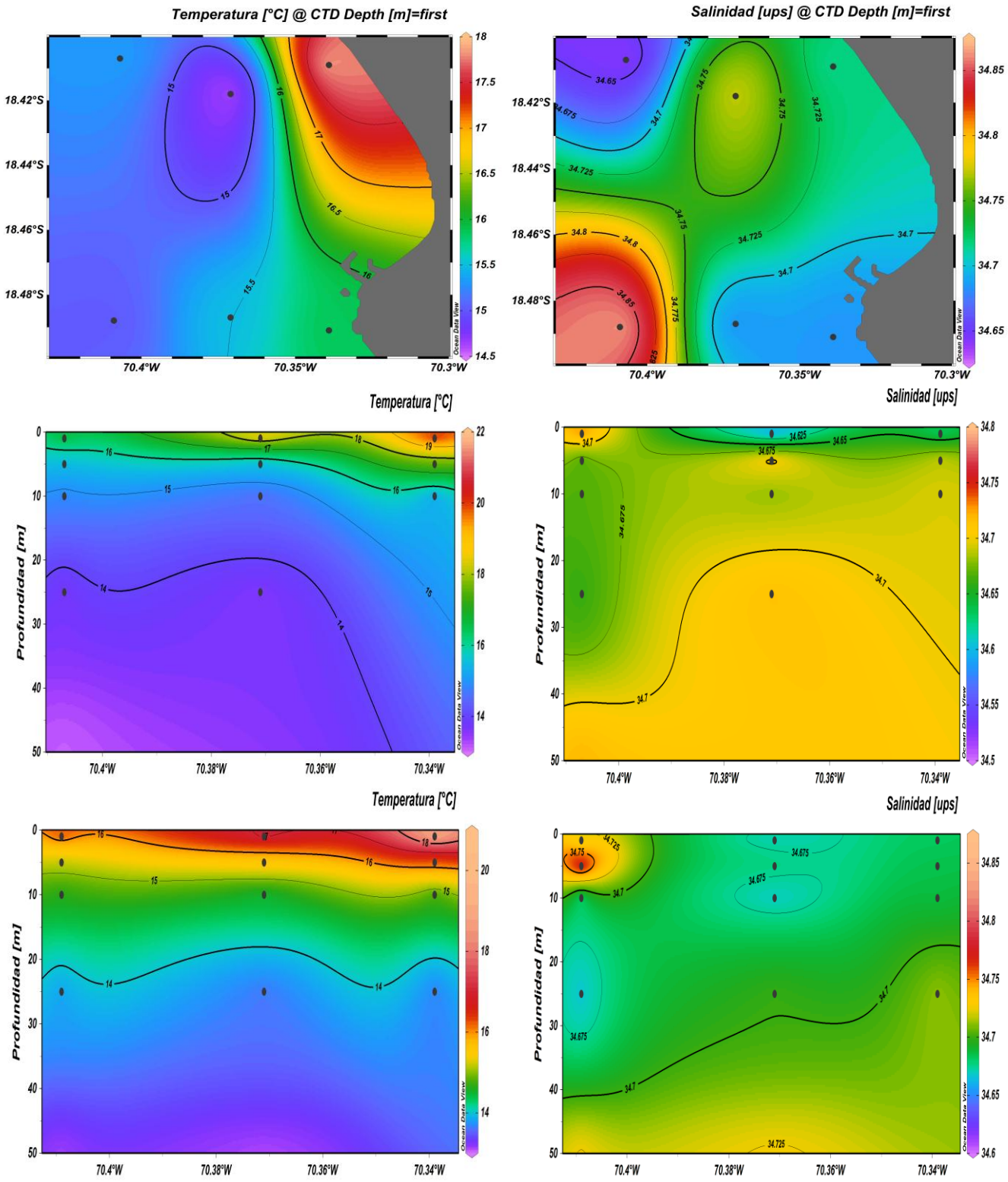


Figura 7. **Distribución superficial y vertical de temperatura (°C) (panel izquierdo transecto norte y sur) y salinidad ups (panel derecho norte y sur) en Arica durante enero 2026.**

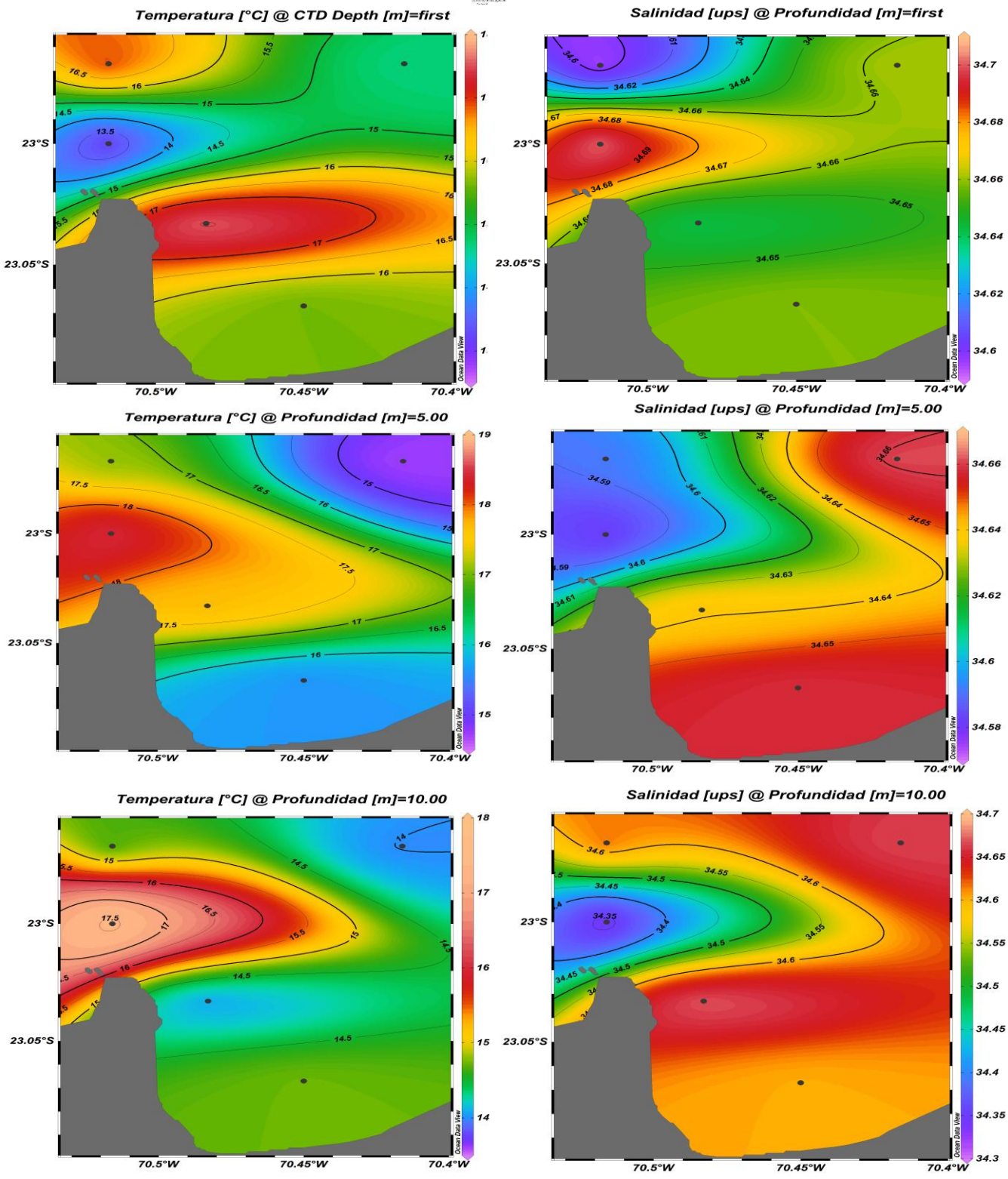


Figura 8. **Distribución de temperatura (°C) (panel izquierdo) y salinidad (ups) (panel derecho) a 0, 5 y 10 m de profundidad en Mejillones durante enero 2026**

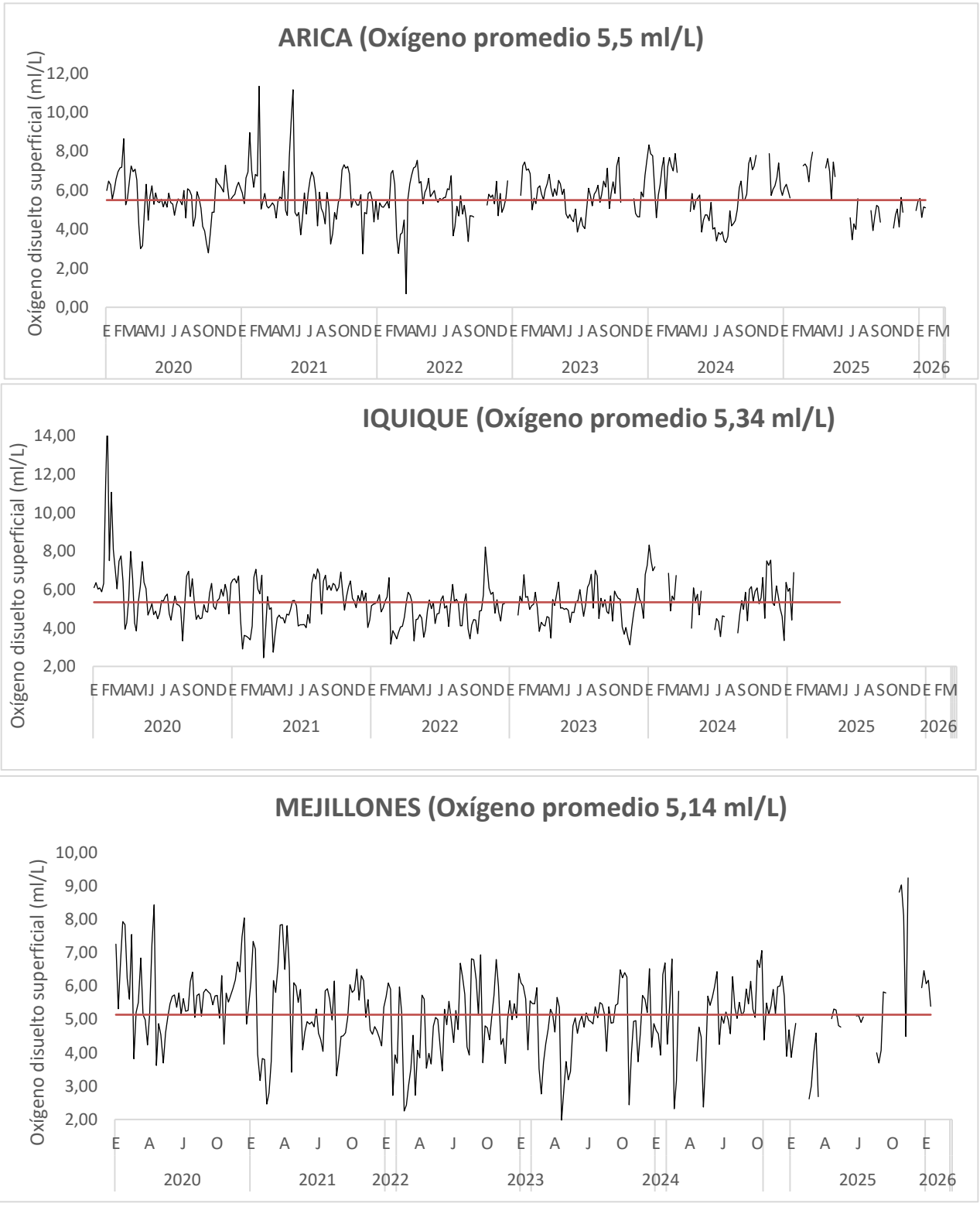


Figura 9. **Variabilidad mensual del contenido de oxígeno disuelto (ml/L) superficial en Arica, Iquique y Mejillones entre enero 2020 y enero 2026. (línea roja promedio). Iquique sin información en enero 2026.**

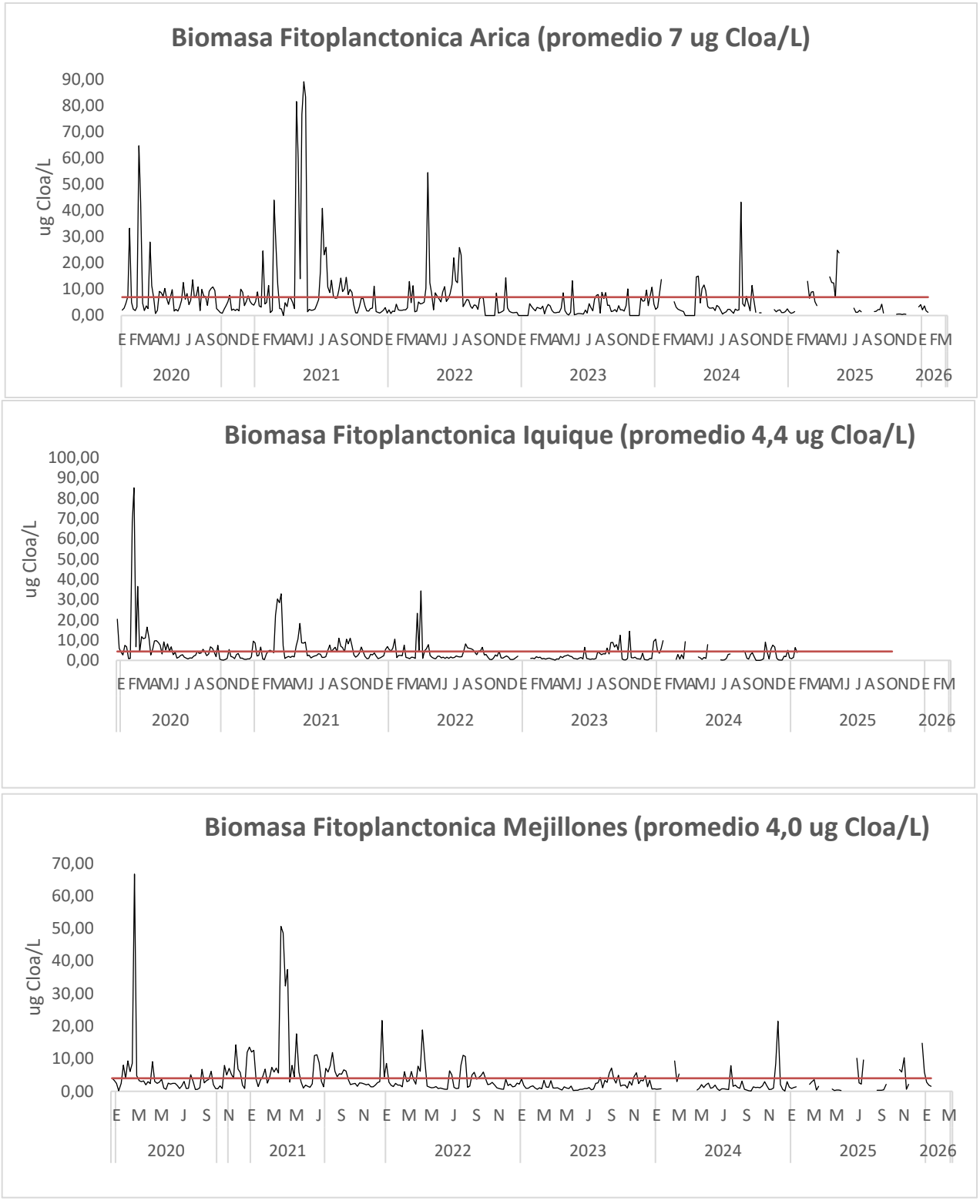


Figura 10. **Variabilidad mensual de la biomasa fitoplanctónica (µgCloa/L) en Arica, Iquique y Mejillones entre enero 2020 y enero 2026. (línea roja promedio). Iquique sin información en enero 2026.**

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 y Mejillones durante enero 2026.**

Global	T (°C)	S(ups)	D kg/m^3
Mínimo	12,862	34,072	24,170
Máximo	21,623	34,867	26,416
Promedio	14,074	34,673	25,983
Desvest	1,638	0,056	0,463
Arica	T (°C)	S(ups)	D kg/m^3
Mínimo	13,033	34,072	24,170
Máximo	21,623	34,687	26,388
Promedio	14,081	34,691	25,993
Desvest	1,487	0,056	0,425
Iquique	T (°C)	S(ups)	D kg/m^3
Mínimo			
Máximo			
Promedio			
Desvest			
Mejillones	T (°C)	S(ups)	D kg/m^3
Mínimo	12,862	34,317	24,314
Máximo	20,479	34,797	26,416
Promedio	14,067	34,655	25,973
Desvest	1,781	0,049	0,499

1.1 Arica

El análisis del oxígeno disuelto en el área de estudio la capa superficial (1–5 m)**.** En ambos transectos se observa una capa superficial bien oxigenada: Rango: 4,6 – 5,6 ml O_2/L. Distribución relativamente homogénea, buena ventilación superficial y mezcla con la atmósfera. No se evidencian diferencias marcadas entre norte y sur en los primeros metros.

Se identifica una **oxiclina muy somera**, particularmente en estaciones más costeras: **Transecto Sur** 1mn: 4,55 y 1,45 ml O_2/L; 3mn: 4,98 y 1,04 ml O_2/L 5mn; 3,89 y 3,04 ml O_2/L. La caída es más intensa en 1 y 3mn, indicando fuerte influencia de aguas subsuperficiales pobres en oxígeno. **Transecto Norte** 1mn; 4,91 y 0,94 ml O_2/L 3mn; 3,00 y 6,30 ml O_2/L 5mn; 3,70 y 3,68 ml O_2/L. El transecto norte muestra, en promedio, **mayor oxigenación superficial** que el transecto sur, sugiriendo **condiciones más favorables de ventilación o productividad** (**Fig. 11**).

En la sección vertical del transecto **norte** presenta una **capa superficial (0–5 m),** valores entre **4,6 y 5,2 ml O_2/L**. ventilación superficial. Condiciones normales para verano austral. En 3mn se observa una disminución a 5 m (3,00 ml O_2/L), indicando inicio temprano de la oxiclina. En **1mn**, la caída es abrupta (4,91 a 0,94 ml O_2/L), lo que indica una **oxiclina extremadamente somera (~5–10 m)**. En **5mn**, la disminución es más gradual. En **3mn**, el valor de 0,94 ml O_2/L a 10 m, aquí se evidencia un **descenso abrupto del oxígeno en las estaciones más cercanas a la costa (1 y 3mn)**.

Capa subsuperficial (≥25 m). En 3mn a 25 m se registran **0,94 ml O_2/L**, condición cercana a hipoxia. En 5mn los valores disminuyen progresivamente hasta **1,04 ml O_2/L a 50 m**. Se confirma la presencia de una **Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO)** relativamente somera (**Fig. 12**).

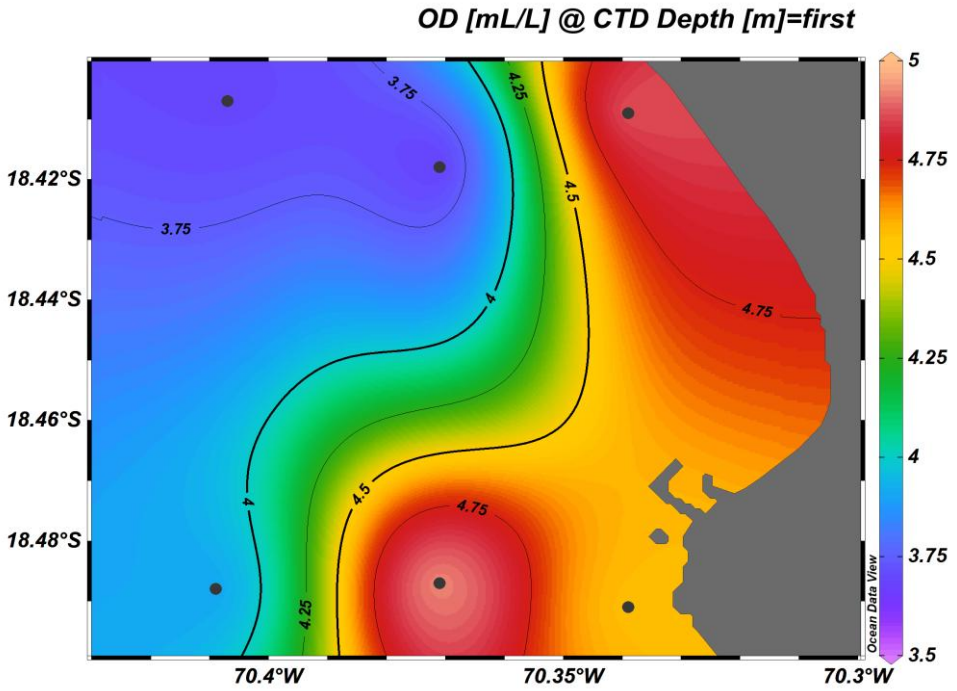


Figura 11. Distribución superficial de oxígeno disuelto (ml/L) en Arica durante enero 2026.

Tabla 3. **Estadígrafos de la concentración de clorofila a (µg/L) y contenido de oxígeno disuelto (ml/L) de la columna de agua frente a los puertos de Arica y Mejillones, enero 2026.**

Global	Cloa (µg/L)	O_2(mL/L)
Mínimo	0,21	0,22
Máximo	16,58	6,46
Promedio	2,96	2,92
Desvest	3,94	2,15
Arica		
Mínimo	0,21	0,28
Máximo	12,45	5,59
Promedio	2,15	2,97
Desvest	2,51	1,83
Iquique		
Mínimo		
Máximo		
Promedio		
Desvest		
Mejillones		
Mínimo	0,27	0,22
Máximo	16,58	6,46
Promedio	3,89	2,86
Desvest	4,94	2,46

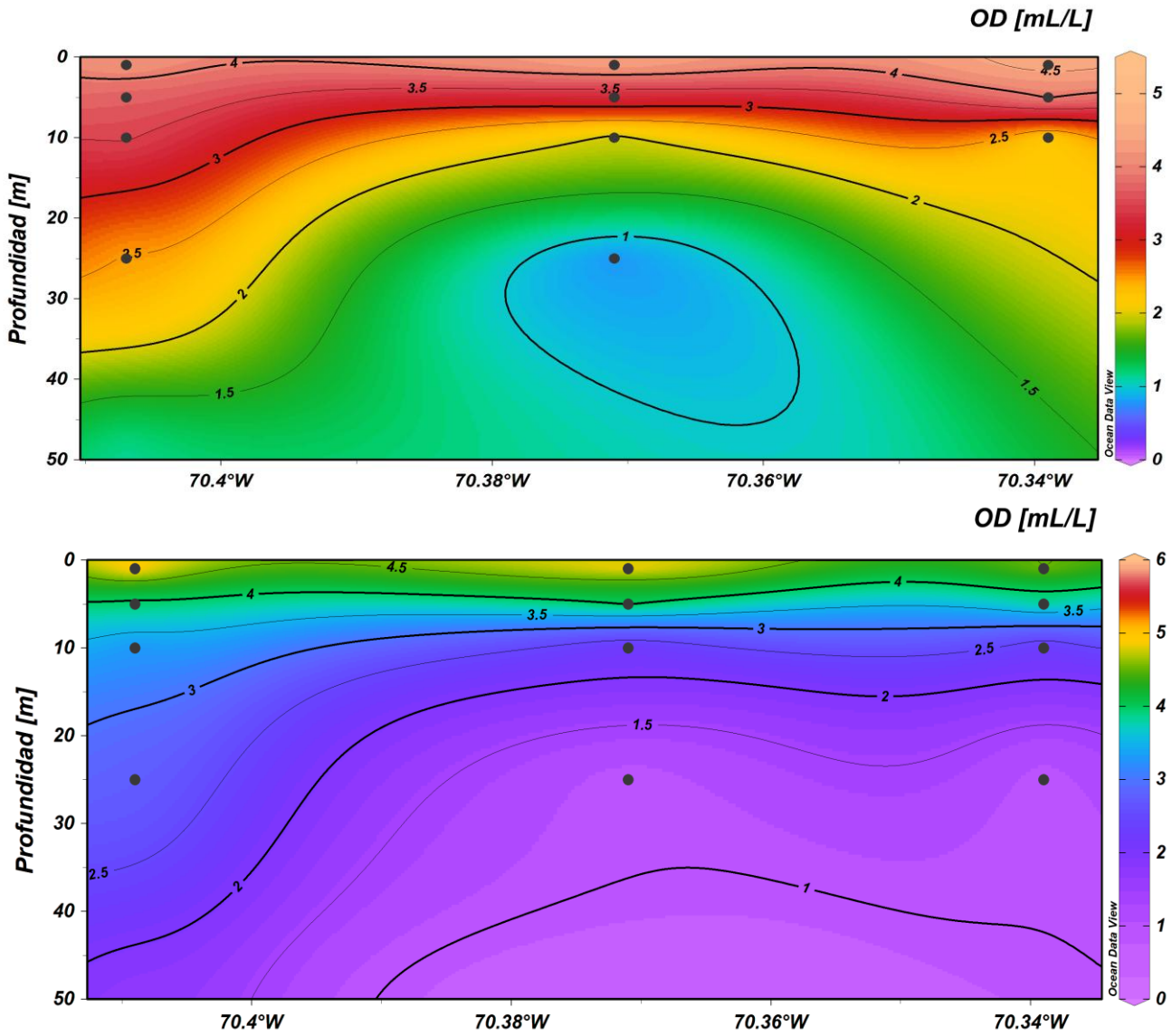


Figura 12. **Secciones verticales de oxígeno disuelto (ml/L) en Arica durante enero 2026. A: transecto norte, B: transecto sur.**

El transecto sur muestra **capa superficial (1–5 m)** bien oxigenada en todas las estaciones (≈4,5–5,6 ml/L). Leve disminución a 5 m en la estación 5mn. Condiciones normales para aguas costeras abiertas con buena ventilación superficial. **Capa intermedia (10 m),** fuerte gradiente vertical. En 1 y 3mn el oxígeno cae a valores cercanos a **hipoxia (<2 ml/L)**. En 5mn se mantiene >3 ml/L, indicando menor influencia de aguas pobres en oxígeno hacia el sector más oceánico. Sugiere intrusión somera de aguas asociadas a la **Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO)** principalmente en la franja costera.

Capa profunda (25–50 m). En 1 y 3mn se observan valores **<0,6 ml/L**, indicando condiciones severamente hipóxicas. En 3mn a 50 m se registra 0,42 ml/L, claramente dentro del núcleo de la ZMO. En 5mn el oxígeno disminuye progresivamente con la profundidad, pero sin alcanzar niveles tan extremos como en el sector costero (**Fig. 12**).

Los valores de clorofila-a (Cl-a) superficiales la **mayor productividad en el transecto sur.** El promedio del transecto sur (≈3,16 µg/L) es superior al del transecto norte (≈2,24 µg/L), lo que sugiere condiciones más favorables para la producción primaria en el sector sur durante el muestreo. En el sur el máximo se registra a 3mn (4,10 µg/L), mientras que en el norte el valor más alto ocurre a 5mn (3,70 µg/L). Esto podría indicar, núcleos de surgencia ligeramente desplazados de la costa. Procesos de mezcla o advección que concentran biomasa fitoplanctónica en zonas intermedias. Baja concentración costera en el transecto norte (1mn)**.** El valor mínimo (1,26 µg/L) sugiere, menor intensidad de surgencia local. Posible influencia de aguas más cálidas y pobres en nutrientes. Fase de relajación del viento previo al muestreo (**Fig. 13**).

En el **transecto norte** en la columna de agua frente a Arica muestra un **máximo subsuperficial intenso a 5 m en la estación costera (1mn)**, compatible con condiciones post-surgencia y estratificación superficial. La productividad disminuye marcadamente con la profundidad y hacia estaciones intermedias, evidenciando una estructura vertical fuertemente estratificada típica del verano en el sistema de la Corriente de Humboldt (**Fig. 14**).

El transecto sur el **máximo de clorofila-a subsuperficial a 3mn (5 m).** El valor más alto del perfil se registra a **5 m en 3mn (7,00 µg/L)**, evidenciando un **máximo profundo de clorofila** bien definido en la estación intermedia. Este patrón indica, estratificación superficial moderada, buena disponibilidad de nutrientes bajo la capa superficial. Zona óptima de luz-nutrientes en torno a 5 m. Posible relajación reciente de surgencia. El contraste entre 1 m (4,10) y 5 m (7,00) confirma acumulación fitoplanctónica subsuperficial (**Fig. 14**).

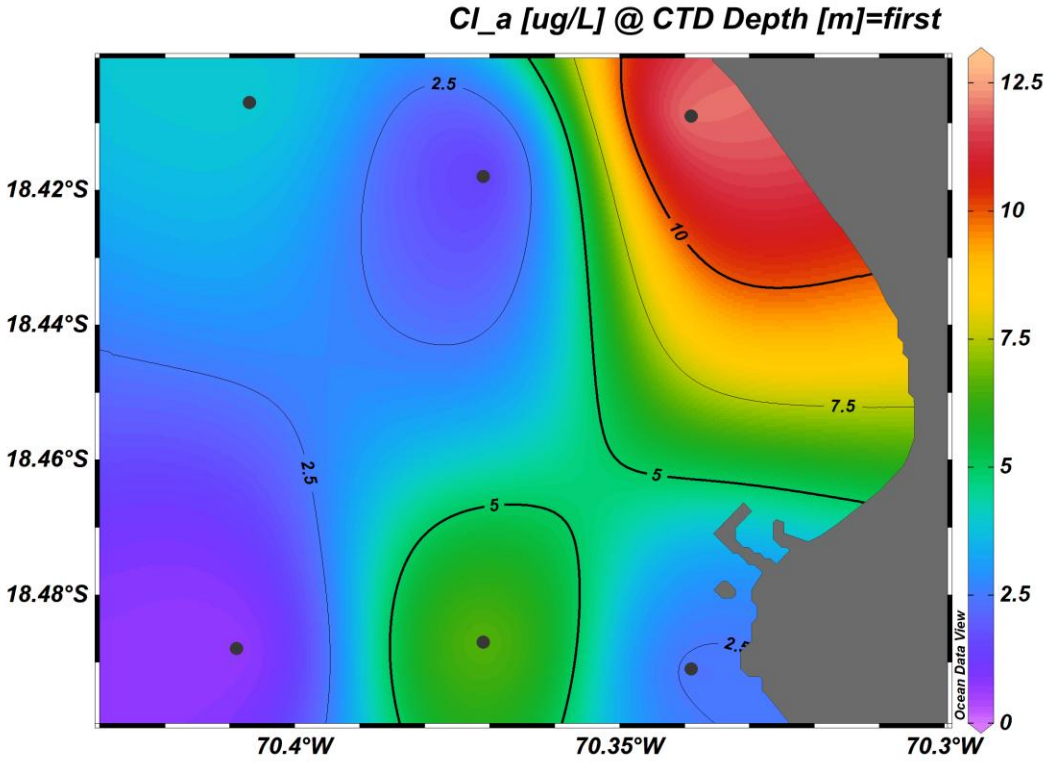


Figura 13. Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) en Arica durante enero 2026

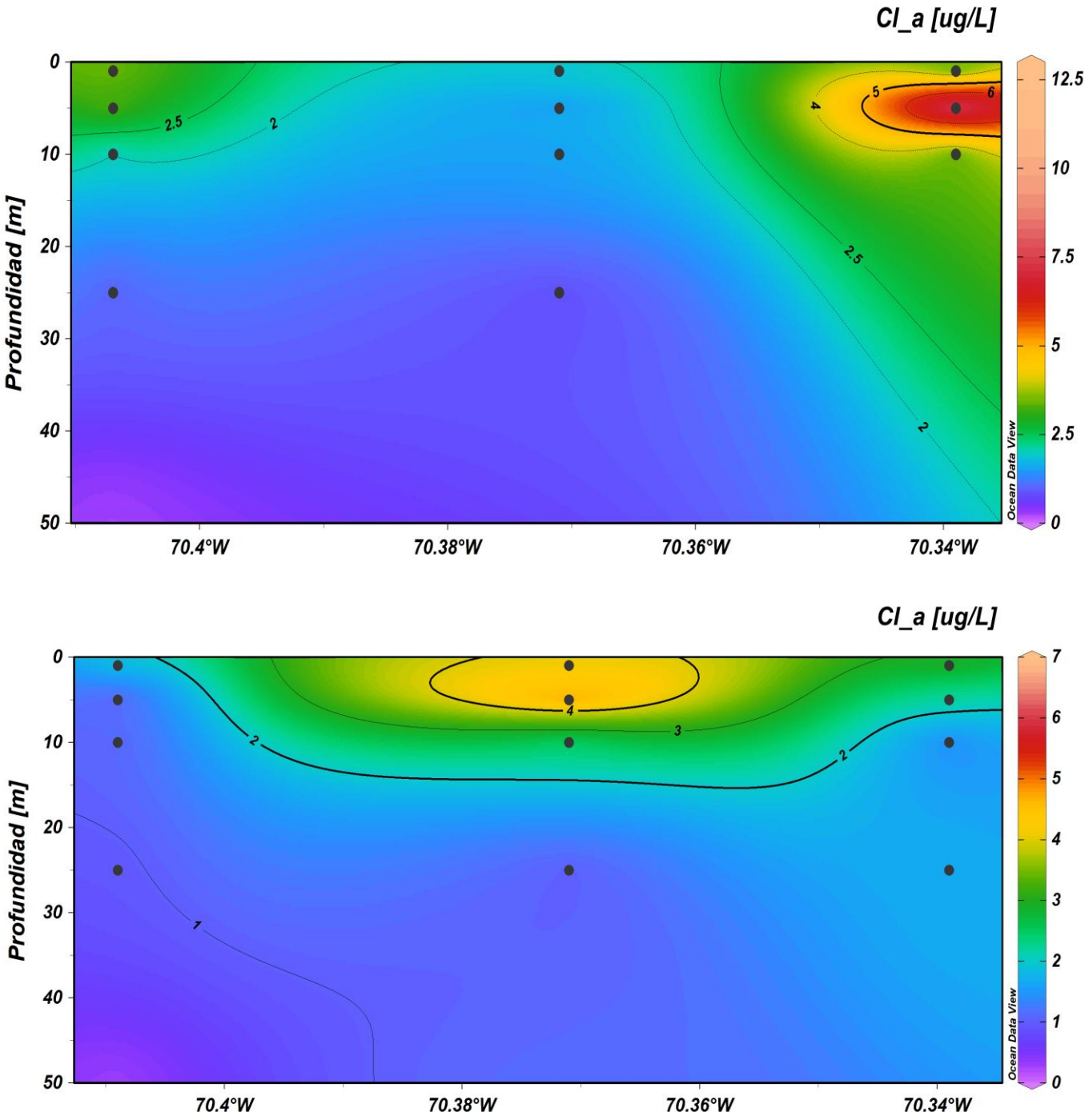


Figura 14. **Secciones verticales de biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) en Arica durante enero 2026. A: transecto norte, B: transecto sur.**

1.2 Mejillones

En enero de 2026, la columna de agua frente a Mejillones presentó un buen nivel de oxigenación superficial. Todos los valores registrados se situaron entre 5,39 y 6,46 ml O_2/L, lo que indica una capa superficial bien ventilada, con influencia directa de la mezcla atmosférica y potencialmente alta actividad fotosintética.

Se observa una mayor oxigenación en el transecto sur, cuyo promedio (~6,16 ml O_2/L) es levemente superior al del transecto norte (~5,78 ml O_2/L). Esta diferencia sugiere una mayor productividad primaria, mejor ventilación superficial o una posible influencia diferencial de la surgencia y la circulación local. El valor máximo (6,46 ml O_2/L) se registró a 3mn en el transecto sur, coincidiendo con zonas intermedias donde suele concentrarse biomasa fitoplanctónica.

En cuanto al gradiente costa–océano, en el transecto sur no se observa un patrón costero marcado, ya que los valores se mantienen relativamente homogéneos entre estaciones. En cambio, en el transecto norte se aprecia un incremento desde 1mn (5,39 ml O_2/L) hacia 5mn (6,17 ml O_2/L), lo que podría indicar menor influencia de aguas subsuperficiales pobres en oxígeno cerca de la costa y mayor estabilidad oceánica hacia el sector más externo.

En conjunto, las condiciones superficiales (2–7 ml O_2/L) reflejan un sistema bien oxigenado y ambientalmente favorable en términos de ventilación y productividad biológica (**Tabla 4 y Fig. 15, panel izquierdo**).

En el estrato de 5 metros de profundidad frente a Mejillones se observa un marcado gradiente costa–océano. En la estación costera del transecto norte se registran condiciones hipóxicas (1,70 ml O_2/L), lo que indica la intrusión de aguas subsuperficiales asociadas a procesos de surgencia. Hacia las estaciones de 3 y 5mn predominan aguas bien oxigenadas, evidenciando una estructura vertical estratificada, típica del verano en el sistema de la Corriente de Humboldt y coherente con la dinámica particular de la Bahía de Mejillones (**Tabla 4 y Fig. 15, panel izquierdo).**

En el estrato de 10 metros, durante enero de 2026, se observa una intrusión más intensa de aguas hipóxicas en la franja costera, especialmente en el transecto norte, donde se registran valores de 0,87 ml O_2/L. La marcada estratificación vertical y el fuerte gradiente costa–océano evidencian surgencia activa y el ascenso somero de la Zona Mínima de Oxígeno, condición característica del sistema de la Corriente de Humboldt durante el verano **(Tabla 4 y Fig. 15, panel izquierdo).**

Las concentraciones de clorofila-a registradas en enero de 2026 frente a Mejillones evidencian un bloom fitoplanctónico costero muy intenso en el transecto sur, con un valor máximo de 14,78 µg/L, asociado a condiciones de surgencia activa. El sistema presenta un fuerte gradiente costa–océano y una marcada heterogeneidad espacial, donde coexisten altos niveles de productividad superficial con condiciones hipóxicas en profundidad, rasgo característico del sistema de surgencia del norte de Chile durante el verano **(Tabla 3; Tabla 4; Fig. 15, panel derecho).**

En el estrato de 5 metros de profundidad se observa un máximo subsuperficial extremadamente intenso en el transecto sur. El valor más alto del sistema se registra a 3mn – 5 m (16,58 µg/L), lo que indica la presencia de un máximo profundo de clorofila muy desarrollado. Este patrón es típico de condiciones de surgencia activa o muy reciente, con alta disponibilidad de nutrientes bajo la capa superficial y una estratificación que favorece la acumulación fitoplanctónica.

La profundidad de 5 m parece constituir una zona óptima donde convergen condiciones favorables de luz y nutrientes. Los valores registrados en 1mn (11,95 µg/L) y 5mn (7,61 µg/L) confirman la presencia de un núcleo productivo amplio y bien definido en el transecto sur.

Se observa un contraste extremo con el transecto norte. En este sector, los valores registrados son considerablemente menores: en 1mn se observa una concentración de 0,54 µg/L (muy baja), mientras que en 5mn alcanza 4,51 µg/L (nivel moderado).

Este patrón evidencia una fuerte heterogeneidad espacial dentro de la bahía, lo que sugiere una menor intensidad de surgencia o una dinámica de circulación local diferente en el sector norte. Asimismo, podría estar asociado a una advección diferencial de masas de agua.

La diferencia entre el máximo registrado en el transecto sur (16,58 µg/L) y el valor mínimo en el sector costero norte (0,54 µg/L) es oceanográficamente muy significativa, reflejando una marcada asimetría productiva dentro del sistema (**Tabla 4 y Fig. 15, panel derecho**).

En el estrato de 10 metros de profundidad, durante enero de 2026, Mejillones presenta un máximo profundo de clorofila muy intenso en el transecto sur, particularmente en la estación de 5mn (12,78 µg/L). Este valor evidencia una estructura vertical compleja del "Bloom", asociada a surgencia activa y a la estratificación estival de la columna de agua. El marcado contraste con el transecto norte confirma una fuerte heterogeneidad espacial y un sistema altamente dinámico, característico del régimen de surgencia del norte de Chile (**Tabla 4 y Fig. 15, panel derecho**).

En términos generales, enero de 2026 muestra una clara asimetría espacial entre transectos. **Transecto sur,** alta productividad, con un "Bloom" verticalmente estructurado entre 1 y 10 m, acompañado de un fuerte gradiente oxígeno–profundidad. **Transecto norte,** menor productividad superficial, pero con hipoxia más intensa en la franja costera en profundidad.

En conjunto, el sistema refleja condiciones estivales típicas del régimen de surgencia del norte de Chile, con una heterogeneidad espacial pronunciada y una estrecha interacción entre la productividad primaria y la dinámica de la Zona Mínima de Oxígeno.

Tabla 4. **Valores de biomasa fitoplanctónica (Cloa) (µg Clo-a/L) y oxígeno disuelto (O_2 mL/L) registrados en Mejillones durante enero 2026.**

N° Estación	Z(m)	Cloa (µg/L)	O_2(mL/L)
13	0	14,78	5,95
	5	11,95	3,37
	10	3,27	1,87
	25	0,97	0,60
	50		
14	0	5,90	6,46
	5	16,58	5,89
	10	0,90	1,00
	25	0,98	0,66
	50	0,30	0,40
15	0	2,80	6,07
	5	7,61	5,96
	10	12,78	5,87
	25	0,56	0,95
	50	0,44	0,31
16	0	1,94	6,17
	5	4,51	5,37
	10	1,52	2,20
	25	0,57	0,51
	50	0,27	0,45
17	0	1,54	5,39
	5	0,54	1,70
	10	1,11	0,87
	25	1,00	0,47
	50	0,28	0,22

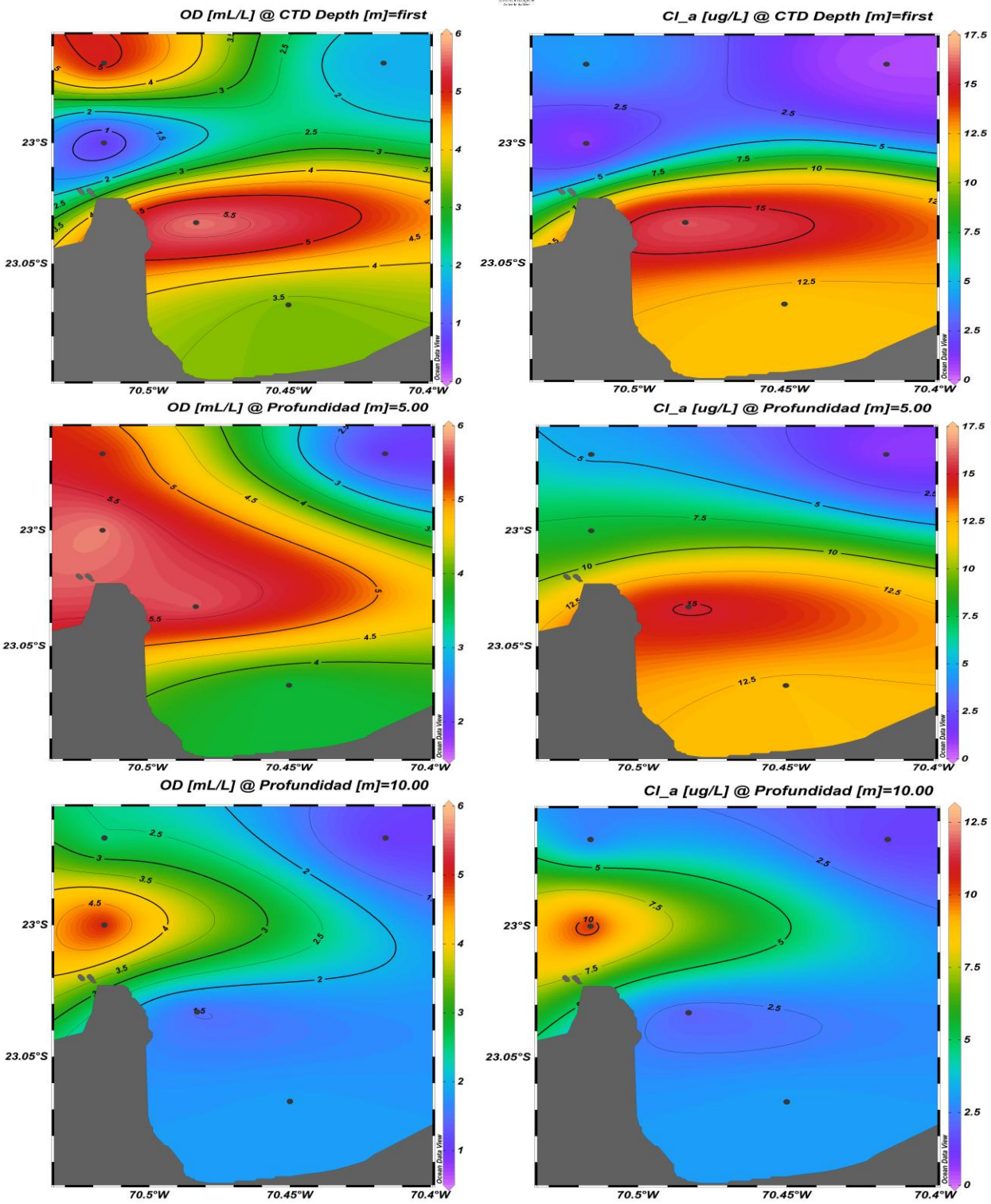


Figura 15. **Distribución del oxígeno disuelto (mL/L) (panel izquierdo) y de la biomasa fitoplanctónica (µg Clo-a/L) (panel derecho) en Mejillones a 0, 5 y 10 m de profundidad, enero 2026.**

2. Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces

El procesamiento y análisis de las 11 muestras de zooplancton colectadas durante enero de 2026, frente a los puertos de desembarque de Arica y Mejillones, permitió cuantificar la presencia de 59.113 huevos y 8.003 larvas de peces. Esto representa un decremento del 22% y del 13%, respectivamente, en comparación con los resultados obtenidos en noviembre de 2025 para las mismas fases de desarrollo. Del total de individuos cuantificados, el 75% de los huevos y el 86% de las larvas correspondieron a las especies objetivo del estudio. Cabe destacar que, la colecta de huevos de sardina española se registró en el puerto de Arica y Mejillones (**Tabla 5**).

La fase de huevos totales presentó densidades que oscilaron entre 1.474 y 10.584 huevos por 10 m². La media de huevos por estación positiva fue de 5.764 (DS=2.820,27), lo que representa un decremento del 16% en comparación con la cifra obtenida en noviembre de 2025. Esta fase de desarrollo abarcó una cobertura máxima tanto latitudinal como longitudinal. En cuanto a la distribución de huevos, la zona de Arica contribuyó con el 31% del total, mientras que Mejillones aportó el 69% (**Tabla 5**).

Las fases larvarias totales se registraron en 11 estaciones positivas, con una abundancia total de 8.003 larvas/10 m², lo que representa un decremento del 13% en comparación con noviembre de 2025. Este estadio de desarrollo mostró densidades que oscilaron entre 258 y 1.449 larvas/10 m², con una densidad promedio de 728 larvas por estación positiva. En cuanto a la distribución de larvas, la zona de Arica contribuyó con el 58% del total, mientras que Mejillones aportó el 42% (**Tabla 5**)

2.1 Anchoveta, *Engraulis ringens*

Para esta especie, se identificaron 11 estaciones positivas tanto para huevos y para larvas de anchoveta, en las cuales se recolectaron 44.476 huevos y 6.828 larvas, cifras referidas a un área superficial de 10 m². Esto representó una frecuencia porcentual del 100% y 100% para ambos estadios de desarrollo, respectivamente, reflejando actividad reproductiva en la zona explorada (**Tabla 5**).

La serie de densidad promedio Est (+) presenta variaciones interanuales notables, con años de alta intensidad reproductiva, como 2024, y otros con actividad más moderada, como 2022 y 2023. El patrón estacional no es completamente uniforme. En 2022 y 2023, la mayor actividad de desove se concentró durante la primavera y el verano austral (septiembre–diciembre), mientras que en 2024 (post El Niño) el máximo histórico se registró en otoño (mayo–junio), evidenciando un desplazamiento en la temporalidad reproductiva.

La información disponible para 2025 muestra una tendencia hacia niveles intermedios de densidad, con un máximo en enero (18.061 huevos/m²), seguido de un descenso progresivo hasta mayo (1.691 huevos/m²). Posteriormente, se observa una leve recuperación en julio (4.207 huevos/m²), septiembre (3.934 huevos/m²) y noviembre (5.863 huevos/m²). Este comportamiento podría reflejar una fase de ajuste posterior al máximo productivo, con la población manteniendo niveles de desove moderados, posiblemente en respuesta a condiciones térmicas inestables y a menores pulsos de surgencia.

En este contexto, 2025 muestra un patrón reproductivo moderado, con un pulso estival bien definido, mientras que enero de 2026 evidencia un proceso débil del ciclo reproductivo. En conjunto, el sistema parece transitar desde un año excepcionalmente productivo (2024) hacia una fase de menor intensidad, consistente con la alta variabilidad interanual característica de la anchoveta en el norte de Chile y su fuerte dependencia de las condiciones oceanográficas regionales **(Fig. 16).**

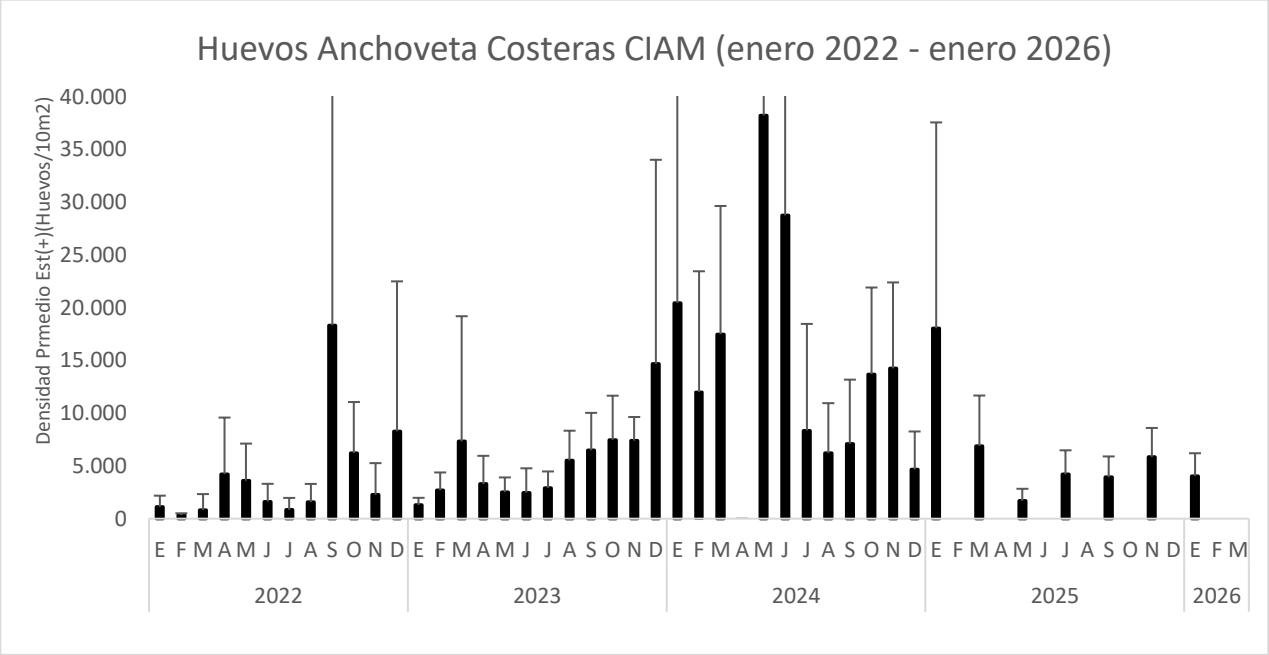
La serie de densidad de Est (+) de larvas, entre 2022 y 2025, evidencia una alta variabilidad mensual e interanual en la densidad promedio de larvas de anchoveta, reflejando fluctuaciones tanto en el éxito reproductivo como en las condiciones ambientales que determinan la supervivencia temprana de los estadios larvales.

Los datos de larvas de anchoveta, durante 2025, muestran un proceso moderado con una tendencia descendente hacia el invierno y la primavera, con valores moderados que oscilaron entre 403 y 409 larvas/m², alcanzando un mínimo en septiembre (340 larvas/m²) y registrando posteriormente un incremento en noviembre (717 larvas/m²).

Este patrón podría estar asociado a una reducción en el aporte de nutrientes o a condiciones térmicas inestables, las cuales tienden a disminuir la productividad primaria y afectar la supervivencia larval. En conjunto, los valores sugieren un ajuste de la población tras la elevada actividad reproductiva registrada en 2024 **(Fig. 16).**

En la tendencia reciente (2024–2026) se observa un año fuerte (2024), seguido de una fase de moderación (2025) y un inicio de 2026 con intensidad intermedia. La densidad promedio de estaciones positivas de larvas de anchoveta en la Zona Norte muestra una marcada variabilidad interanual, con predominio reciente de máximos primaverales durante 2023–2024 y una disminución en 2025. Enero de 2026 presenta una intensidad intermedia, sin señales de alta actividad reproductiva.

En términos generales, el sistema se mantiene funcional, aunque en una fase de menor intensidad relativa en comparación con los años más productivos del período analizado **(Fig. 16).**



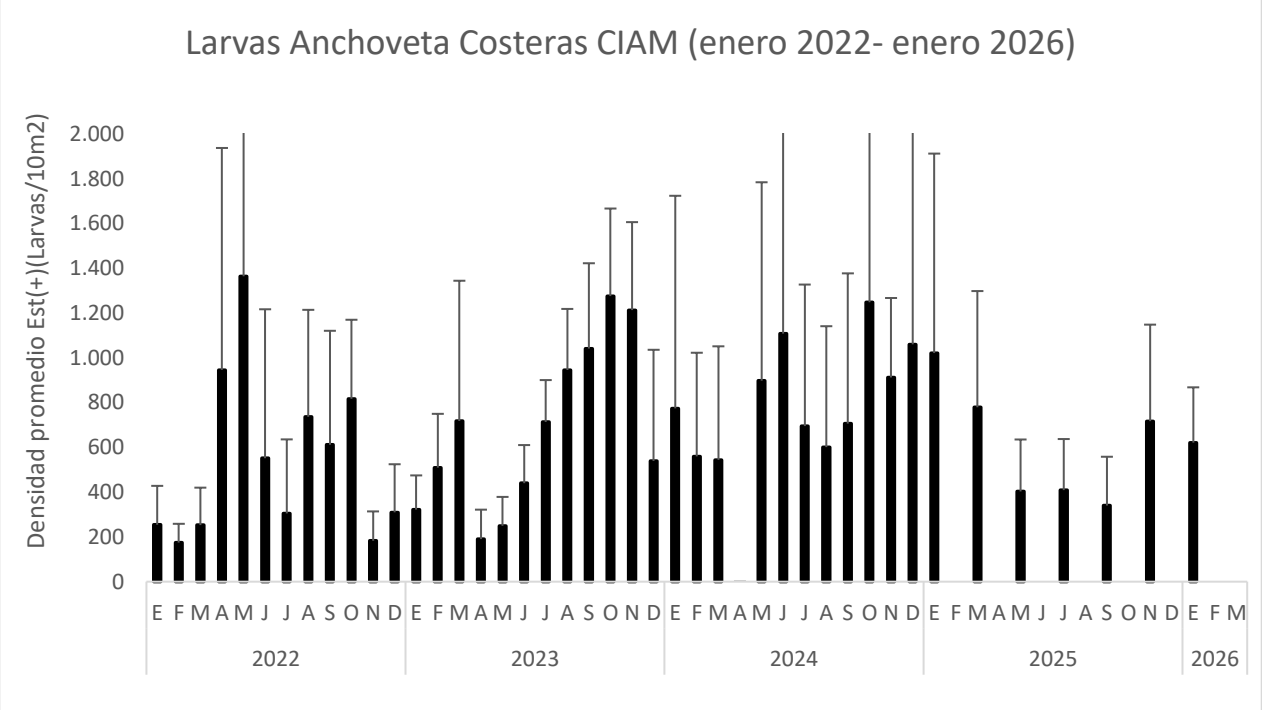
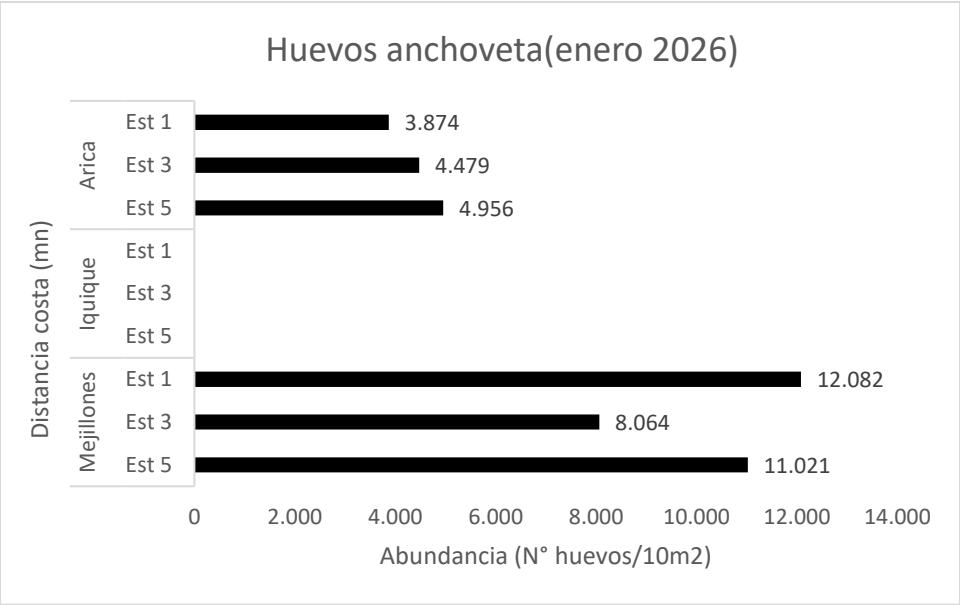


Figura 16. **Variabilidad temporal de la densidad promedio Est(+) de huevos y larvas de anchoveta, zona norte. Enero 2022 – enero 2026.**



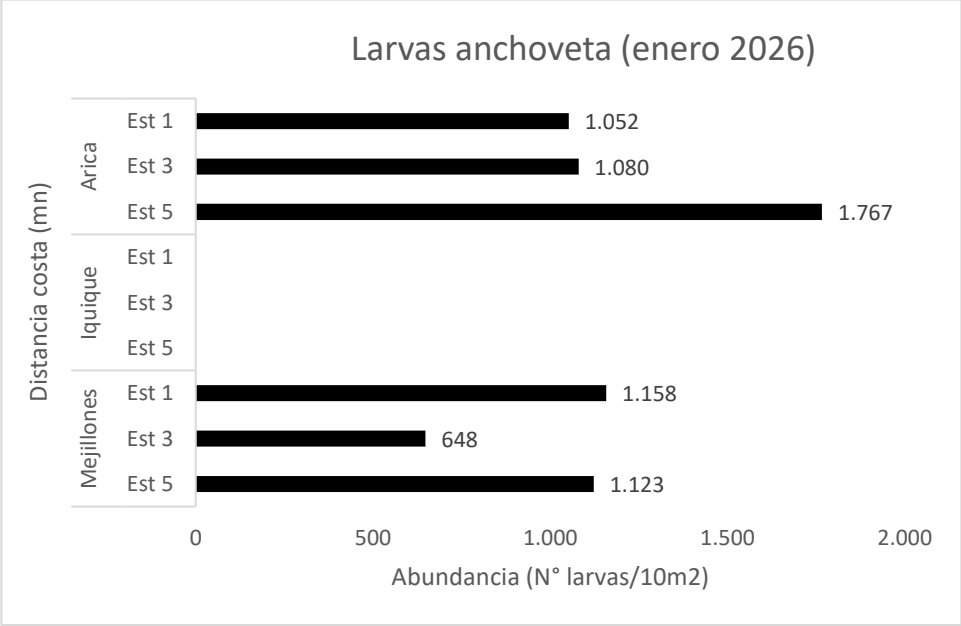


Figura 17. **Abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, con respecto a la distancia de la costa (mn), para los puertos de Arica y Mejillones enero 2026. Iquique sin información enero 2026.**

Tabla 5. Densidad promedio, constancia, dominancia numérica y rangos de huevos y larvas de peces para los puertos de Arica y Mejillones, enero 2026.

Estadígrafos Huevos	Anchoveta	Sardina	Otros Huevos	Total, Huevos
N° Total Estaciones	11	11	11	11
N° Estaciones positivas	11	4	10	11
% Est (+)	100,00	36,00	90,00	100,00
Abundancia (H/10m^2)	44.476	294	14.343	59.113
Densidad Mínima Est (+)	1.474	0	0	1.474
Densidad Máxima Est (+)	8.064	100	2.448	10.584
Std.Dev Est (+)	2164,36	36,80	713,80	2820,27
Media Est. Positivas	4.043	74	1.434	5.764
Media Est. Totales	4.043	27	1.304	5.374
Mediana	3.174	0	1.550	4.968
Constancia	100,00	36,00	90,00	100,00
Dominancia numérica	75,24	0,50	24,26	100,00
CV+(%)	0,54	0,50	0,50	0,49

Estadígrafos Larvas	Anchoveta	Sardina	Otros Larvas	Total, Larvas
N°Total Estaciones	11	11	11	11
N° Estaciones positivas	11	0	8	11
% Est (+)	100,00	0	73,00	100,00
Abundancia (L/10m^2)	6.828	0	1.175	8.003
Densidad Mínima Est (+)	258	0	0	258
Densidad Máxima Est (+)	1.173	0	282	1.449
Std.Dev Est (+)	247,12	0	96,17	330,52
Media Est. Positivas	621	0	147	728
Media Est. Totales	621	0	107	728
Mediana	648	0	100	742
Constancia	100,00	0	73,00	100,00
Dominancia numérica	86,32	0	14,68	100,00
CV+(%)	0,40	0	0,65	0,45

Las áreas de mayor abundancia de huevos por 10 m² se ubicaron a 1 y 5 millas náuticas frente a Mejillones. En Arica, la mayor presencia de huevos se registró a 3 y 5mn (**Fig. 17**).

Las larvas de anchoveta muestran una tendencia distinta, las que se localizaron a 1, 3 y 5 millas náuticas frente a Arica, representando el 57% de las larvas. En Mejillones, las mayores abundancias en 1 y 5mn, aportando el 43% de las larvas (**Fig. 17).**

El análisis de los datos CIAM para la serie de enero 2016 a enero 2026, correspondiente a la abundancia de huevos en Arica, evidencia una variabilidad interanual extrema. Los valores presentan una amplitud muy elevada, desde 370 huevos/m² en 2017 hasta 293.590 huevos/m² en 2024. La diferencia entre el mínimo y el máximo supera varios órdenes de magnitud, lo que refleja una fuerte dependencia de las condiciones oceanográficas estivales.

Al clasificar los **eneros** según su intensidad, se distinguen tres categorías. Los años de baja intensidad (<10.000 huevos/m²) incluyen 2017, 2018, 2019, 2021, 2022 y 2023, los cuales corresponden a períodos con reproducción limitada durante el verano. Los años de intensidad intermedia (10.000–20.000 huevos/m²), como 2016 y 2026, representan situaciones dentro del rango histórico considerado previo a eventos extremos. En contraste, los años de intensidad

extremadamente alta (>200.000 huevos/m²), como 2020, 2024 y 2025, reflejan eventos reproductivos masivos, probablemente asociados a una alta biomasa desovante, condiciones térmicas óptimas, elevada productividad primaria y un contexto oceanográfico favorable.

El comportamiento general sugiere que el desove estival en Arica no es constante entre años. Existen períodos con fuerte concentración espacial del desove, donde los máximos extremos podrían estar vinculados a ventanas oceanográficas particularmente favorables, alta sincronización reproductiva y mayor disponibilidad de alimento.

La baja actividad reproductiva en enero 2026 indica una respuesta adaptativa posterior a dos años excepcionalmente altos. En conjunto, el sistema muestra alta resiliencia, con pulsos reproductivos episódicos, marcada variabilidad interanual y ausencia de una tendencia lineal sostenida. No se observa evidencia de un declive estructural, sino un patrón característico de especies pelágicas con alta sensibilidad a la variabilidad ambiental **(Fig. 18).**

La serie de enero en Iquique muestra una alta variabilidad interanual, con valores que oscilan entre ausencia total de huevos en 2019 y máximos superiores a 25.000 huevos/m² en 2024. Esto evidencia que enero constituye un mes con alta sensibilidad reproductiva frente a las condiciones ambientales.

Durante la fase de baja productividad (2017–2019) se observa una disminución marcada respecto a 2016, culminando en enero en una nula actividad reproductiva en 2019 (0 huevos). Este comportamiento podría estar relacionado a condiciones oceanográficas inestables asociadas a un debilitamiento del afloramiento costero.

En 2020 se registra una recuperación significativa, coincidente con el período La Niña 2020–2022, caracterizado por mayor surgencia, aumento de la productividad primaria y mejores condiciones para el desove costero. El máximo histórico reciente se alcanza en enero 2024 (25.565 huevos/m²), correspondiente al valor más alto de toda la serie, lo que sugiere una excelente condición ambiental, alta biomasa desovante y un fuerte acoplamiento físico-biológico.

En 2025 se observa un ajuste respecto al máximo de 2024, aunque el valor se mantiene elevado (18.147 huevos/m²), indicando que el sistema continuó en una fase productiva. En conjunto, el comportamiento sugiere que la reproducción de anchoveta en enero en Iquique está fuertemente modulada por la intensidad de la surgencia, la disponibilidad trófica (clorofila-a), la estratificación térmica y la fase ENSO. En años fríos (La Niña) se registran mayores abundancias de huevos, mientras que en años cálidos (El Niño) se observa una reducción significativa del proceso reproductivo **(Fig. 18).**

La serie de enero para Mejillones también presenta alta variabilidad interanual, con valores que fluctúan entre un mínimo extremo (108 huevos/m² en 2019) y máximos históricos en 2025–2026. El máximo absoluto se registró en enero 2025 (35.600 huevos/m²), seguido por 2026 (31.167 huevos/m²).

En la fase inicial de la serie (2017–2018) se observan eventos de desove importantes, con valores superiores a 10.000 huevos/m². Posteriormente, en 2019, ocurre una reducción extrema (108 huevos/m²), coherente con condiciones regionales que reducen la surgencia, aumentan la estratificación y disminuyen la disponibilidad trófica.

Durante el período La Niña en Mejillones (eneros 2020–2021) se registra una fuerte recuperación (>13.000 huevos/m²), asociada a la intensificación del afloramiento y al incremento de la productividad primaria. Luego, entre 2022 y 2024, se observa una fase baja a intermedia, con un descenso marcado que alcanza 2.044 huevos/m², seguido de una leve recuperación progresiva en 2023–2024, con un máximo histórico reciente (eneros 2025–2026) que sugiere una condición ambiental adecuada para la actividad reproductiva **(Fig. 18).**

La serie larval de **Arica,** en enero, presenta una variabilidad interanual extremadamente alta, con valores que oscilan entre ausencia total de larvas en 2021 y máximos superiores a 12.000 larvas/m² en 2020. Esto indica que la sobrevivencia temprana (transición de huevo a larva) es altamente sensible a las condiciones ambientales.

Durante los eneros en el periodo 2016-2019, se registraron valores consistentemente bajos (<1.000 larvas/m²), lo que sugiere que, si bien el sistema reproductivo estaba activo, la sobrevivencia larval fue reducida. Este comportamiento podría estar asociado a condiciones térmicas menos favorables, menor retención costera o limitaciones en la disponibilidad trófica.

En enero de 2020 se produjo una explosión larval, alcanzando el máximo histórico (12.930 larvas/m²), coincidente con la fase fría asociada a La Niña 2020. Este período probablemente combinó una alta biomasa desovante con condiciones ambientales favorables para la retención y alimentación larval.

Sin embargo, en 2021 se observa una nula presencia de larvas, lo que evidencia un fallo en la sobrevivencia temprana. Este contraste podría explicarse por un desfase trófico, mayor advección offshore o cambios en la estructura térmica y dinámica costera.

Posteriormente, durante 2024–2025 se configura una fase altamente productiva, con valores superiores a 10.000 larvas/m² en ambos años, lo que sugiere estabilidad reproductiva sostenida y un ambiente favorable tanto en términos térmicos como tróficos.

En enero 2026 se observa un ajuste, con un descenso a 3.899 larvas/m², aunque este valor sigue siendo superior al registrado durante la fase 2016–2019, este registro podría indicar una transición ambiental asociada a cambios en la intensidad de la surgencia y mayor dispersión larval.

En conjunto, la serie sugiere que Arica responde rápidamente a las condiciones oceanográficas. La fase fría (2020–2022) favoreció la sobrevivencia larval, mientras que los máximos de 2024–2025 indican una nueva fase productiva.

El marcado contraste entre 2020 (máximo histórico) y 2021 (ausencia total) demuestra que la etapa larval constituye el eslabón más sensible del proceso de reclutamiento.

Al comparar con la serie de huevos de la zona norte, se observa que una alta abundancia de huevos no implica necesariamente una alta abundancia larval. El éxito reproductivo depende fuertemente de factores como la retención costera, la disponibilidad de alimento, una estratificación adecuada y niveles favorables de oxígeno superficial **(Fig. 19).**

La serie larval de eneros para **Iquique** muestra una alta variabilidad interanual, destacando dos años consecutivos sin registro de larvas (2018–2019) y un máximo en 2020. El período 2018-

2019 podría estar asociado a una fuerte estratificación térmica, disminución del afloramiento, baja retención costera y/o eventos cálidos regionales. Esta fase marca una ruptura en la dinámica reproductiva local.

En enero 2020 se registra el máximo de la serie (3.928 larvas/m²), coincidente con la fase fría asociada a La Niña, que habría favorecido mejores condiciones tróficas y de retención larval. Sin embargo, en 2021 se observa una reducción abrupta a 137 larvas/m², lo que sugiere mayor dispersión, incremento en la mortalidad temprana o cambios en la estructura oceanográfica.

En enero 2022 se produce una leve recuperación, con un valor moderado (2.167 larvas/m²), indicando reactivación reproductiva bajo condiciones más favorables. Posteriormente, durante 2024–2025, se observa una estabilización en niveles intermedios (842–1.543 larvas/m²), lo que sugiere un sistema activo, aunque sin alcanzar los máximos registrados en 2020. Este comportamiento podría reflejar una fase de transición ambiental.

En conjunto en enero, el patrón evidencia que Iquique es altamente sensible a la variabilidad ambiental, presentando eneros con ausencia total de larvas y recuperaciones rápidas bajo condiciones frías. En comparación con Arica, Iquique muestra menor amplitud en los máximos, mayor frecuencia de bajas larvales y, posiblemente, menor retención costera o mayor influencia advectiva **(Fig. 19).**

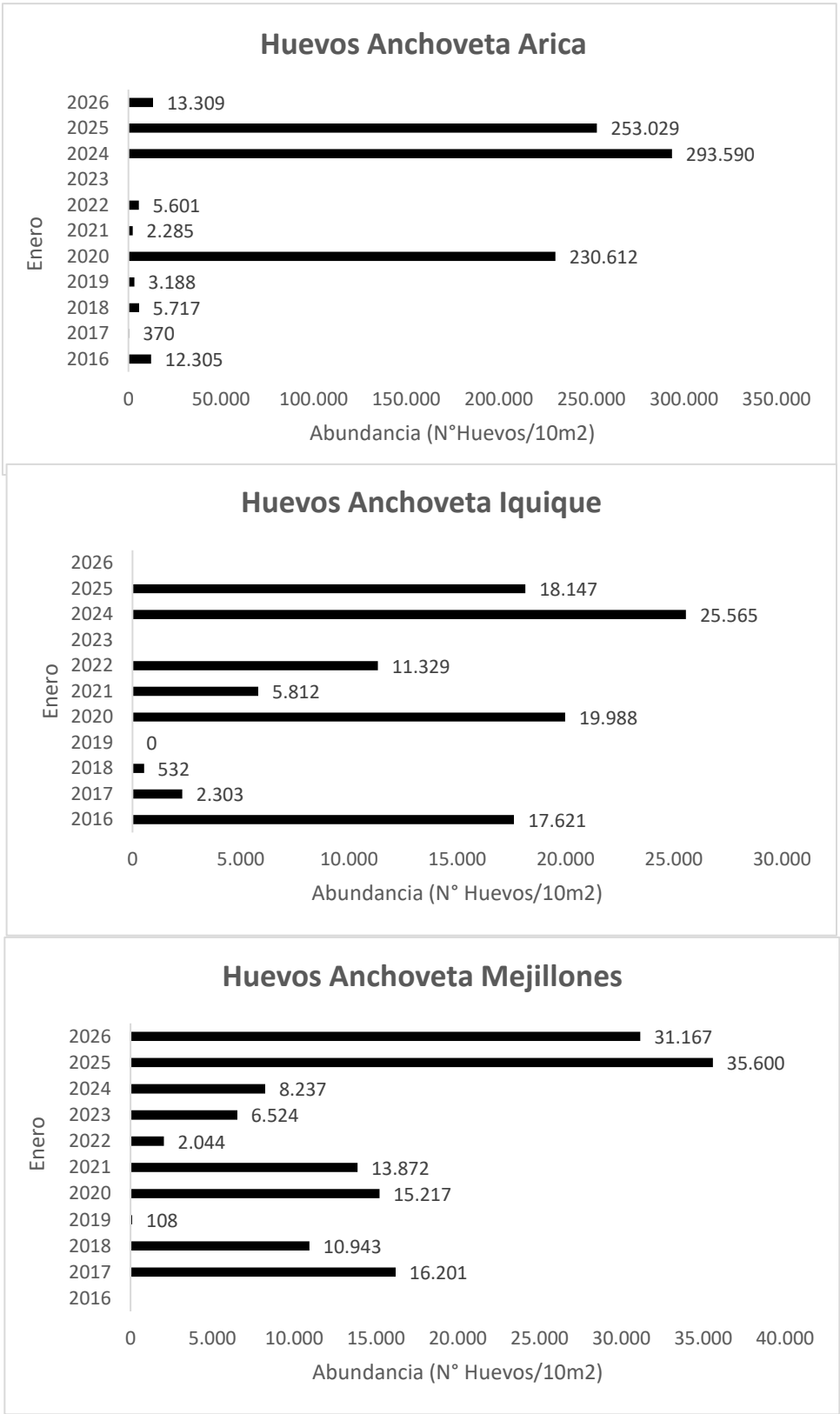
La serie larval en los eneros para **Mejillones** muestra una alta variabilidad interanual, aunque con menor amplitud en comparación con Arica. El sistema presenta pulsos productivos bien definidos, intercalados con años de baja abundancia.

En enero 2019 se observa un descenso abrupto hasta 54 larvas/m², probablemente asociado a condiciones inestables, menor retención costera y disminución de la productividad primaria. Este patrón es coherente con lo observado en otras zonas del norte durante períodos cálidos.

Durante los eneros 2023–2024 se registra una oscilación intermedia, con valores moderados (1.609 y 763 larvas/m², respectivamente). El máximo histórico reciente se alcanza en 2025 (4.822 larvas/m²), el valor más alto de la serie, lo que sugiere éxito larval, posiblemente asociado a una sobrevivencia importante y condiciones oceanográficas favorables. En 2026 se observa un ajuste, con un descenso a 2.929 larvas/m²; no obstante, este valor sigue siendo superior al promedio histórico, indicando que el sistema se mantiene productivo.

Mejillones evidencia en enero una respuesta rápida a condiciones favorables, con pulsos larvales asociados a la intensificación del afloramiento y una fuerte influencia de procesos locales de retención dentro de la bahía. En términos comparativos, presenta menor amplitud que Arica y mayor estabilidad relativa que Iquique, aunque con máximos recientes importantes durante 2025–2026.

En conjunto, no se observa una tendencia lineal clara, sino un comportamiento pulsátil característico de especies pelágicas pequeñas bajo fuerte control ambiental (**Fig. 19**).



.

Figura 18. **Abundancia de huevos de anchoveta para la zona de Arica, Iquique y Mejillones. Serie meses de enero 2016 - 2026. Iquique sin información enero 2026.**

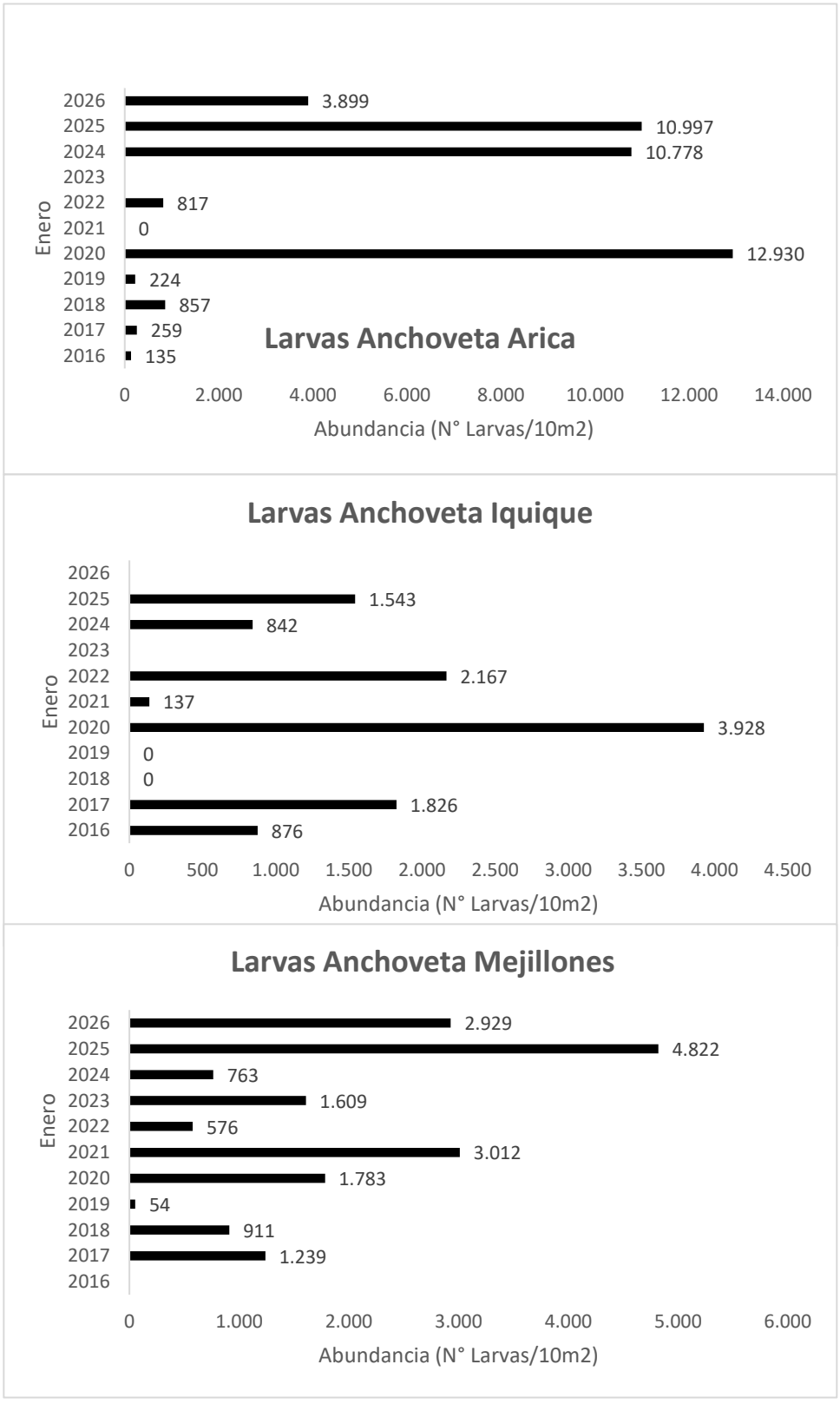


Figura 19. **Abundancia de larvas de anchoveta para la zona de Arica, Iquique y Mejillones. Serie enero 2016 - 2026. Iquique sin información enero 2026.**

La serie de variación temporal de la intensidad de desove (oct 2014-nov2025), muestra una tendencia ascendente entre 2022–2024 y una fase de declive en 2025, lo que sugiere un control ambiental interanual sobre la intensidad reproductiva de la anchoveta, posiblemente vinculado a fluctuaciones térmicas, disponibilidad de nutrientes y estabilidad de la columna de agua (**Fig. 20**).

La serie indica que durante el período 2022–2023 se registró una baja densidad de desove acompañada de alta variabilidad oceanográfica, etapa que correspondió a un período posterior a condiciones frías y que culminó con el evento El Niño 2023.

En 2024, el sistema muestra una estabilización seguida de un aumento en la densidad de desove, bajo condiciones oceanográficas favorables, con una respuesta reproductiva significativa y señales iniciales de recuperación tras el intenso evento cálido previo.

Para 2025 se observa un descenso en la actividad reproductiva, asociado a un período de transición y cambios oceanográficos caracterizados por alta variabilidad, con alternancia entre condiciones neutrales y frías. El valor registrado en enero de 2026 se presenta como moderado en comparación con varios eneros anteriores.

Desde el punto de vista ecológico y poblacional, este valor indica desove activo en pleno verano, ocupación espacial temprana, presencia de biomasa reproductiva distribuida y condiciones ambientales neutrales.

Dado que enero no suele corresponder al máximo estructural del ciclo reproductivo (el cual generalmente ocurre en invierno-primavera), un valor elevado en este mes sugiere una prolongación del período reproductivo. Bajo un escenario neutral o frío, el comportamiento probable sería la mantención de la actividad durante febrero, con una reducción en otoño y una reactivación entre julio y octubre, configurando un año reproductivo dentro de un rango medio–alto. Por otra parte, bajo un escenario neutral-cálido se observaría una disminución de la actividad reproductiva con una lenta reactivación en invierno-primavera (**Fig. 20**).

Los resultados indican que la abundancia de huevos de anchoveta estimada para enero de 2026, dentro de la serie analizada, presenta una variabilidad interanual alta, caracterizada por pulsos reproductivos explosivos intercalados con años de baja producción.

Los valores de abundancia de huevos en enero fluctúan entre un mínimo de 3.295 huevos/m² en 2019 y un máximo de 327.392 huevos/m² en 2024. El promedio para el período 2016–2026 es de aproximadamente 96.974 huevos/m². La distribución es claramente asimétrica positiva, dominada por tres años excepcionales (2020, 2024 y 2025), que elevan significativamente la media del período.

Fase I (enero), productividad moderada (2016–2018). Valores relativamente estables entre 17.000 y 30.000 huevos/m², que reflejan una actividad reproductiva dentro de rangos normales, sin eventos extraordinarios.

Fase II (enero), baja actividad reproductiva (2019). Descenso abrupto a 3.295 huevos/m², constituyendo el mínimo de la serie.

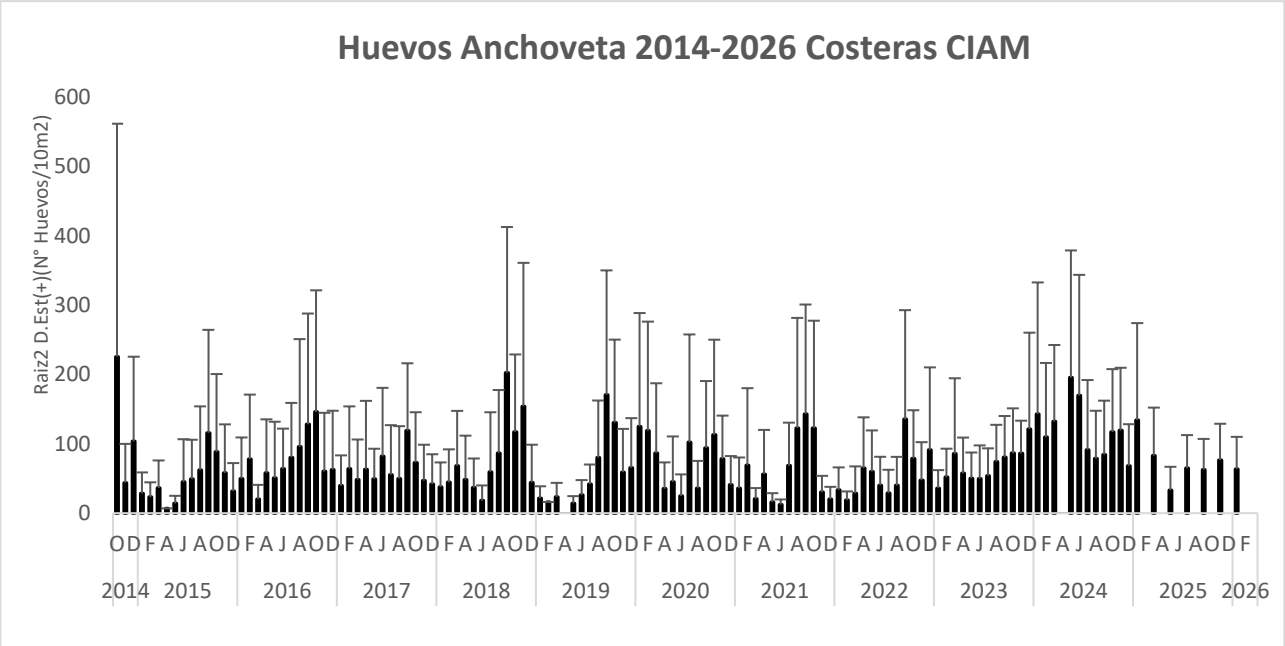
Fase III (enero), pulso explosivo (2020). Incremento hasta 265.817 huevos/m², representando un importante evento reproductivo.

Fase IV, ajuste y estabilización (2021–2023). Retorno a niveles moderados (6.524–21.966 huevos/m²), lo que indica que el pulso de 2020 fue episódico y no se sostuvo en el tiempo.

Fase V, máximo histórico reciente (2024–2025). En 2024 se registra el máximo absoluto de la serie (327.392 huevos/m²), seguido por 2025 (306.279 huevos/m²), segundo valor más alto. Ambos superan incluso el evento reproductivo de 2020 y constituyen la fase más intensa del período analizado.

Fase VI, ajuste 2026. Descenso a 44.476 huevos/m², valor inferior a los máximos recientes, pero aún dentro de un rango moderado, respecto al promedio histórico (**Fig. 21**).

La serie de datos biológicos y oceanográficos muestran un sistema no lineal con un control ambiental fuerte, con implicancias directas en el reclutamiento. Los pulsos de puesta de huevos en eneros de 2020, 2024 y 2025 sugieren: Potencial alto de reclutamiento en cohortes posteriores. Sin embargo, la probabilidad de proyectar biomasa futura es incierta, debido a la alta variabilidad de los procesos que ocurren en el ecosistema pelágico. El éxito final dependerá de la sobrevivencia larval y de juveniles. No todo evento alto de huevos garantiza reclutamientos fuertes (**Fig. 21**).



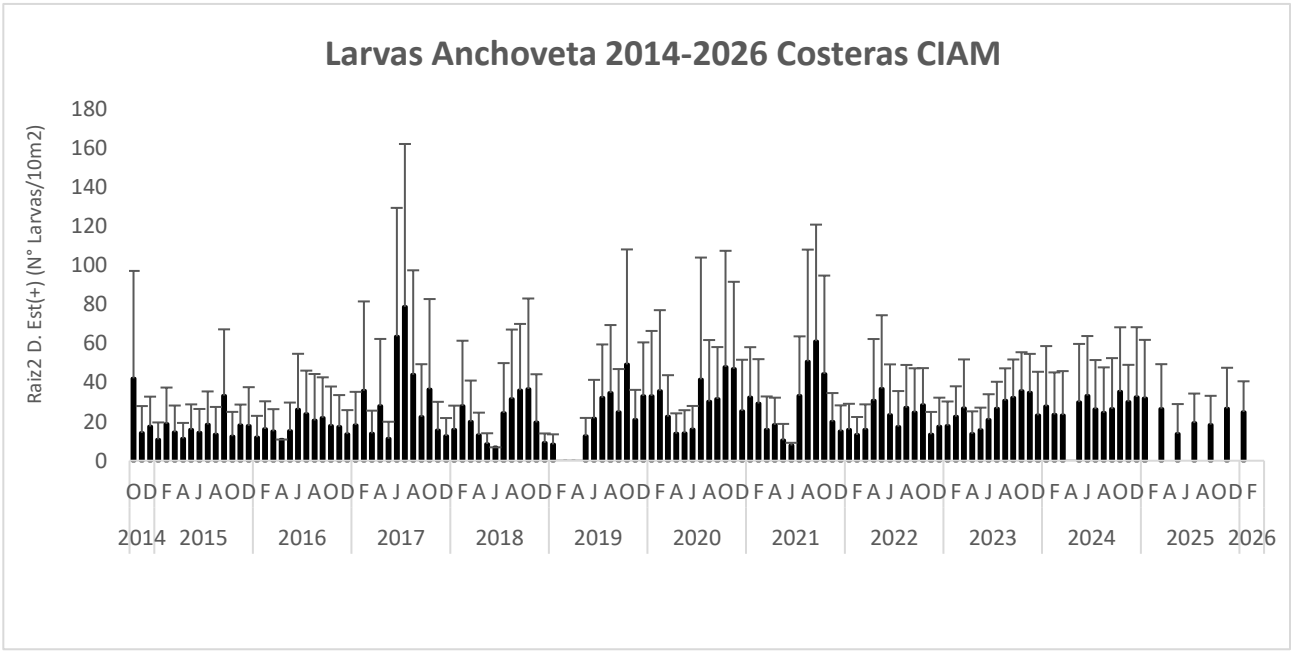
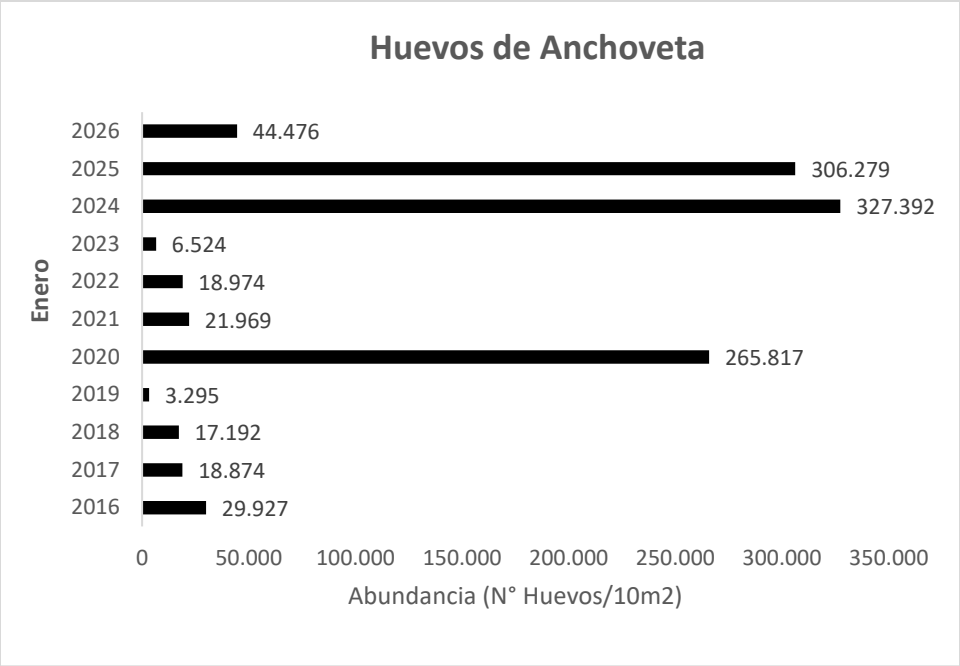


Figura 20. **Variación temporal de la intensidad del desove de anchoveta para la zona Arica, Iquique y Mejillones en el período octubre 2014 – enero 2026.**



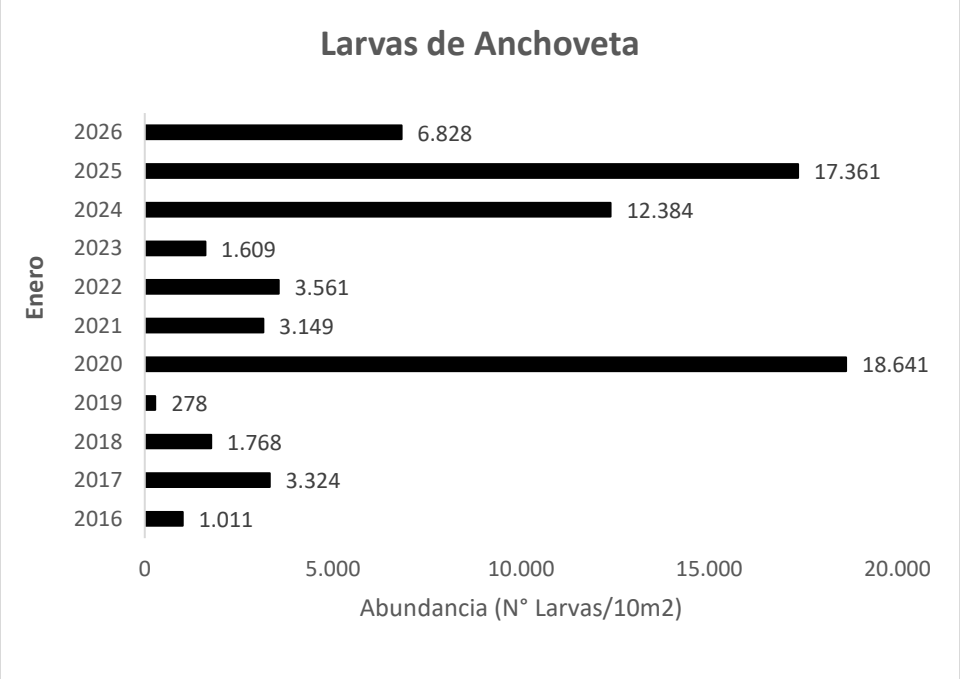


Figura 21. **Abundancia de huevos y larvas de anchoveta para la zona de Arica, Iquique y Mejillones. Meses de enero 2016 a 2026.**

El patrón estacional de la abundancia de huevos de anchoveta a lo largo de los años analizados muestra que los meses con mayor frecuencia de altos valores son julio, agosto, septiembre y octubre, lo cual coincide con el período de mayor actividad reproductiva de la anchoveta en el ecosistema costero del norte de Chile.

De enero a julio 2025, se observa un decrecimiento paulatino de la abundancia de huevos de anchoveta, en comparación con lo reportado en el primer semestre del año 2024 donde se observó abundancias importantes que superaron el rango habitual para ese periodo. (**Fig. 22**).

La serie evidencia la influencia de eventos El Niño y La Niña. Durante los años cálidos (como El Niño 2023), se observa una reducción en la abundancia de huevos en los meses clave de reproducción. Por el contrario, en años asociados a condiciones neutras o frías (La Niña) como en 2020-2021, la actividad reproductiva parece intensificarse.

El análisis de la abundancia de larvas de anchoveta entre 2015 y 2025 revela un patrón estacional bien definido, con máximos entre agosto y octubre, y mínimos entre diciembre y marzo. Sin embargo, esta estacionalidad se ha vuelto más difusa en los últimos años, con aumentos en meses inusuales, como enero y julio (2024 y 2025).

La variabilidad interanual es evidente y parece estar fuertemente influenciada por las condiciones oceanográficas regionales, como la intensidad de la surgencia costera, la disponibilidad de nutrientes y eventos climáticos globales (El Niño/La Niña). Años con condiciones favorables presentan altos niveles de abundancia larval, reflejando un entorno propicio para el reclutamiento.

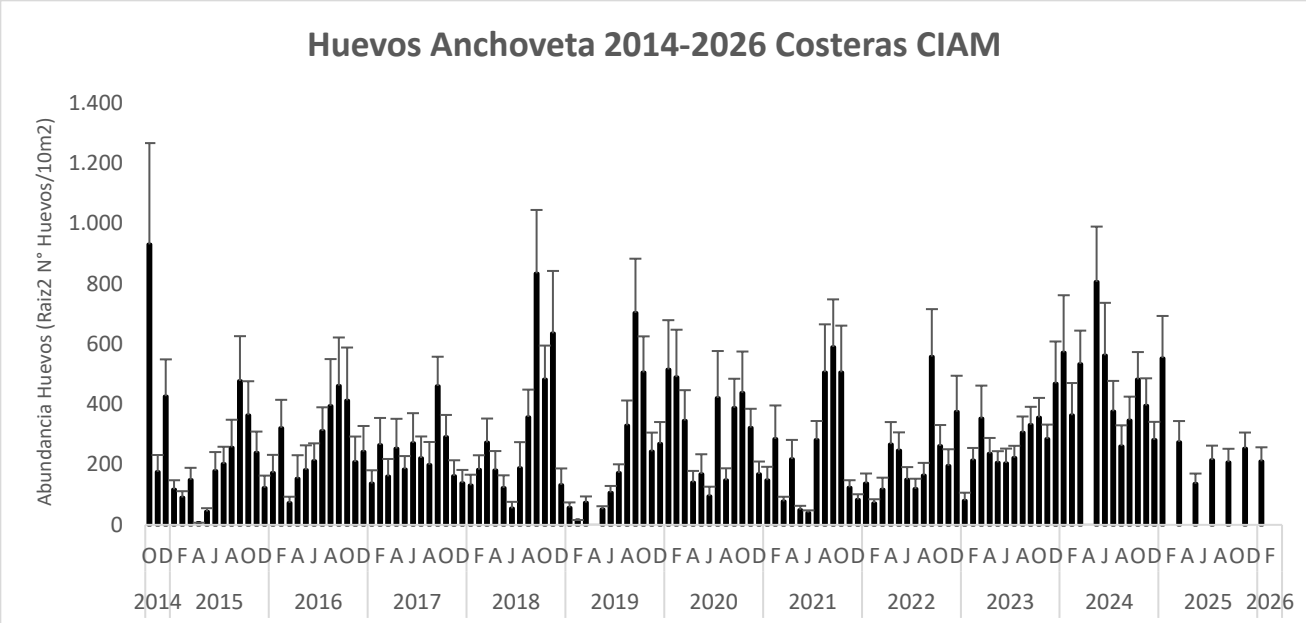
Los valores más bajos de la serie, posiblemente ligados a una persistencia de anomalías térmicas positivas y menor disponibilidad trófica para el desove.

La disminución en la abundancia de huevos puede estar influenciada por diversos factores, entre ellos el aumento de la temperatura superficial del mar (TSM), que puede afectar la distribución espacial y la sincronía del desove. Asimismo, una reducción de la biomasa reproductiva (stock desovante) y una menor disponibilidad de alimento para los adultos —especialmente en años con baja concentración de clorofila-a— pueden contribuir a una menor intensidad reproductiva.

Si se analiza estadísticamente enero de 2026 en el contexto histórico (2015–2025), se observa que el promedio de enero es aproximadamente 238, con una mediana cercana a 148. El valor registrado en enero de 2026 (211) se sitúa por encima de la mediana y levemente por debajo del promedio —este último influenciado por los valores extremos de 2024–2025— y muy por encima de los años considerados débiles. En consecuencia, puede interpretarse como un mes que presentó actividad reproductiva **(Fig. 22).**

La disminución observada en 2025 también se refleja en la baja abundancia de larvas, lo que sugiere una menor eficiencia reproductiva global y una posible reducción en el reclutamiento futuro.

En cuanto a enero de 2026, la interpretación biológica de un valor de 83 (en raíz de abundancia) implica una presencia larval temprana, condiciones favorables para la eclosión y una mortalidad inicial no excesiva. Esto indica que el sistema productivo se mantuvo funcional **(Fig. 22).**



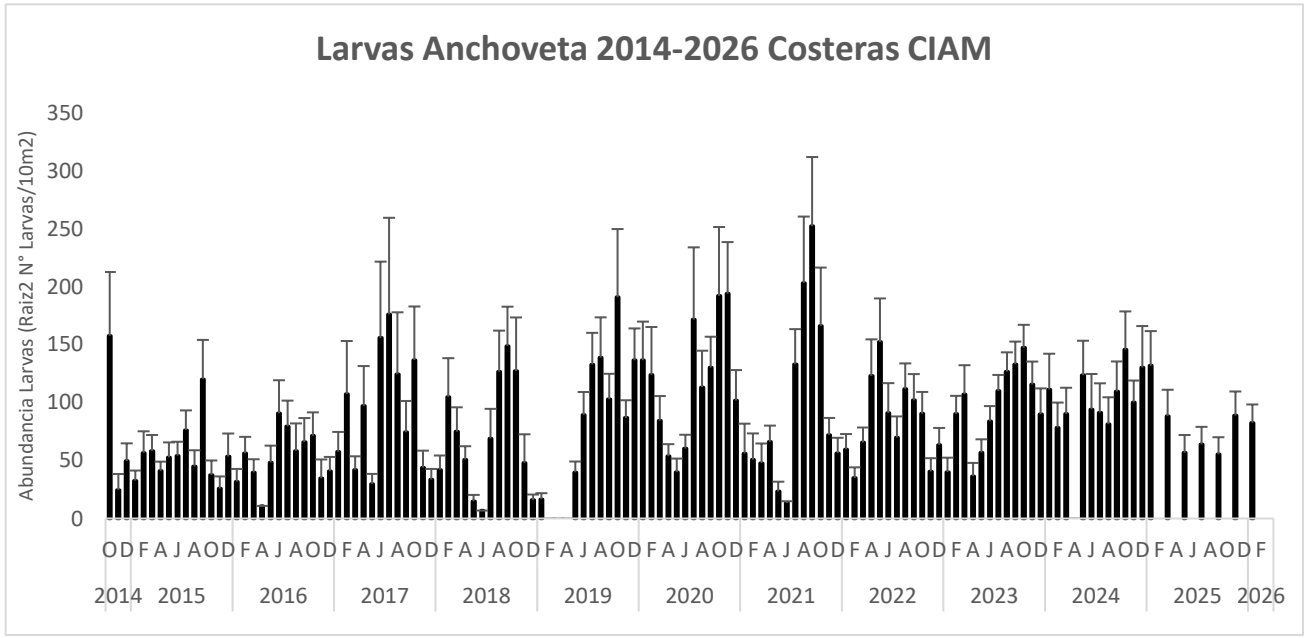


Figura 22. **Abundancia de huevos y larvas de anchoveta para los puertos de Arica, Iquique y Mejillones. Serie octubre 2014 – enero 2026.**

1.1 Sardina española (***Sardinops sagax***)

En el análisis de huevos de la sardina española, en enero 2026, se identificaron 4 estaciones con presencia positiva de huevos, recolectándose un total de 294 huevos en un área de 10 m², lo que representa una frecuencia porcentual del 36% (**Tabla 5**).

Durante esta fase del desarrollo, las abundancias de huevos fluctuaron entre 0 y 100 huevos por 10 m². La media de huevos en estaciones positivas fue de 74 huevos por 10 m², mientras que la media general, considerando todas las estaciones, fue de 27 huevos por 10 m². Las abundancias se distribuyeron Arica con 23% y Mejillones con el 77% de los huevos colectados. (**Tabla 5 y Fig. 23**).

En enero de 2026, la distribución de huevos de sardina española en relación con la distancia a la costa, mostró un predominio en 5 millas náuticas, en Arica y para Mejillones 1,3 y 5mn (**Fig. 23**).

La abundancia de huevos de sardina española frente a Arica, Iquique y Mejillones durante el período 2015–2025 exhibe una **alta variabilidad interanual**, marcada por **pulsos reproductivos intensos en 2017, 2023 y 2024**, intercalados con años de **baja actividad**. Este patrón sugiere que la sardina española responde fuertemente a **fluctuaciones ambientales**, como la temperatura superficial del mar, la productividad primaria y la intensidad de la surgencia costera.

El **repunte observado en 2023 y 2024** podría indicar un retorno de condiciones oceanográficas favorables tras un período de baja reproducción entre 2018 y 2022. Sin embargo, la **disminución en 2025** plantea la necesidad de un monitoreo continuo para determinar si se trata de una variabilidad natural o el inicio de una nueva fase de baja actividad reproductiva.

En conjunto, los resultados reflejan el **carácter oportunista y altamente variable de la reproducción de la sardina española en el ecosistema de la corriente de Humboldt**, y subrayan la importancia de integrar estos indicadores tempranos en las estrategias de manejo y conservación del recurso **(Fig. 24).**

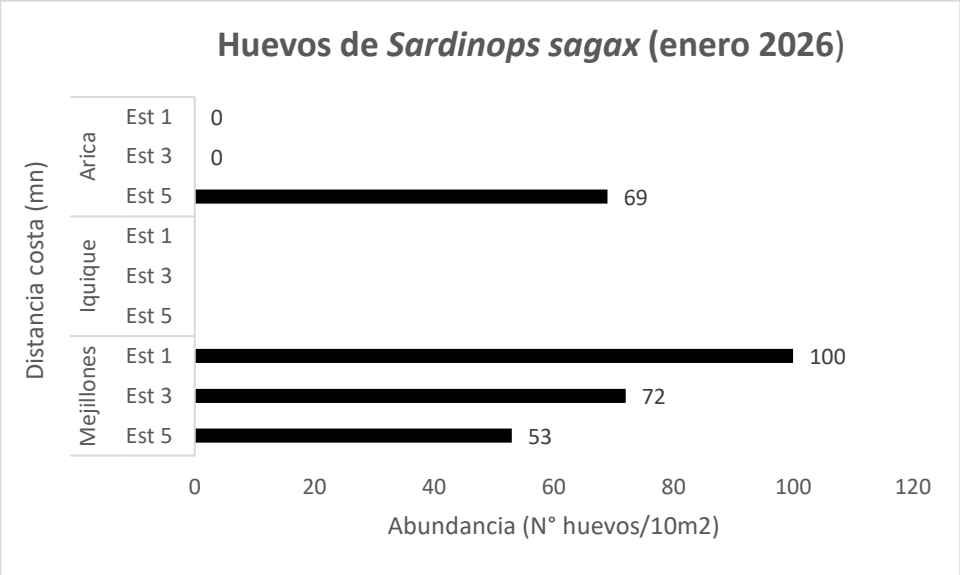


Figura 23. **Abundancia promedio de huevos de sardina española con respecto a la distancia de la costa para los puertos de Arica y Mejillones enero 2026.**

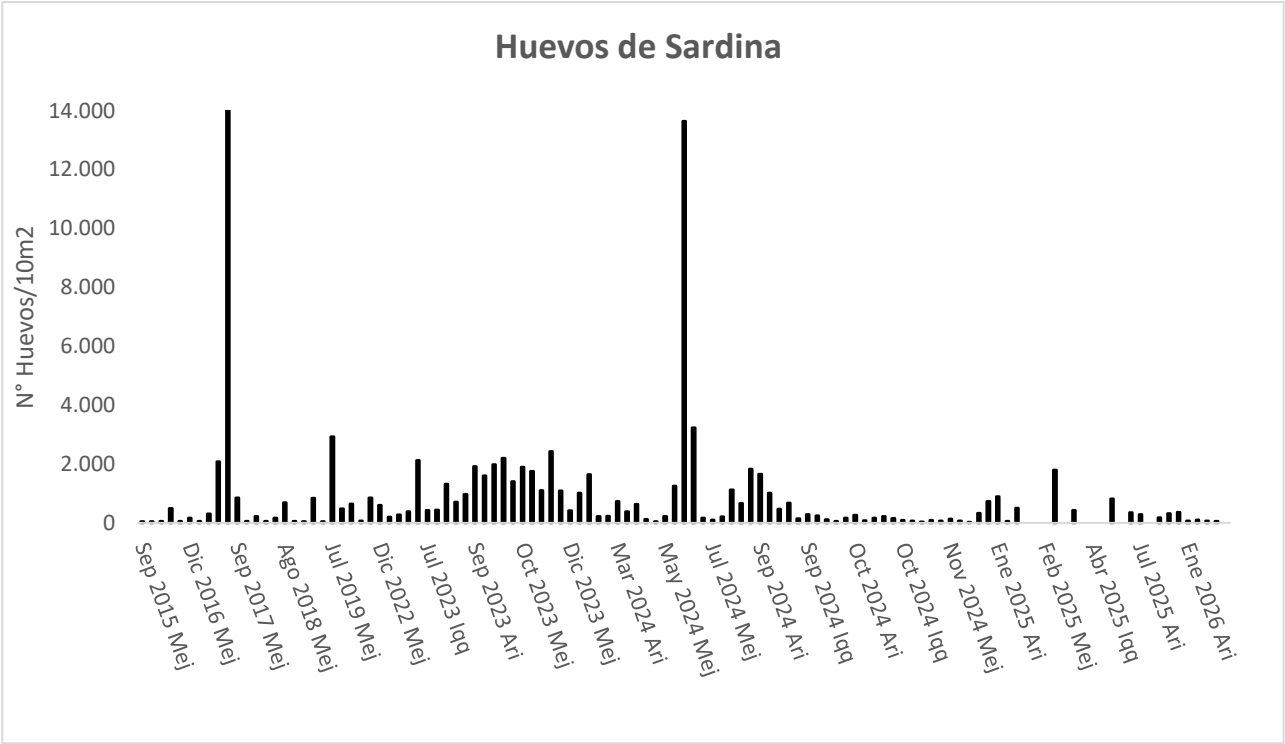


Figura 24. **Abundancia de huevos de sardina española, *Sardinops sagax,* frente a los puertos de Arica - Mejillones. Serie CIAM noviembre 2015 – enero 2026.**

CONCLUSIONES

Durante enero de 2026, el análisis de la temperatura superficial del mar (TSM) en la franja costera norte de Chile, que abarca las zonas frente a Arica y Mejillones, evidenció un patrón de variabilidad térmica moderada. Las temperaturas oscilaron entre 16,83 °C y 21,62 °C, con un promedio de 19,29 °C ± 1,433, lo que representa un incremento de 2,1 °C en comparación con los valores registrados en noviembre de 2025, con una salinidad de 34,62ups y una densidad de 24,63 kg/m³. Las temperaturas son consistentes con el **periodo estival austral**, reflejando un régimen cálido superficial. Existe **alta homogeneidad térmica regional**, con diferencias promedio menores a 0,3 °C entre zonas. Este patrón corresponde al gradiente térmico típico del norte de Chile, donde las aguas cálidas subtropicales tienen mayor influencia en Arica, mientras que en Mejillones predomina la influencia de aguas más frías asociadas a **surgencias costeras**.

En enero de 2026, los valores promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) mostraron un claro gradiente térmico latitudinal a lo largo de las localidades estudiadas. En la zona de Arica se registró una temperatura promedio de 19,16 °C, la más alta del conjunto, con valores que variaron entre 16,83 °C y 21,62 °C, y una desviación estándar baja (1,86 °C), lo que indica alta variabilidad térmica. La salinidad promedio fue de 34,66 ups, con valores mínimos y máximos entre 34,52 y 34,77 ups, también con escasa variación (DS = 0,078). La densidad promedio (24,66 kg/m³).

Arica presenta mayor variabilidad térmica (DE = 1,86 °C**)** y el mayor rango térmico (≈ 4,8 °C), lo que sugiere, influencia intermitente de surgencia costera, mezcla vertical asociada a forzamiento eólico, Posible variabilidad intramensual. Estas condiciones sugieren pulsos de surgencia costera, mezcla vertical, o variabilidad sinóptica atmosférica.

En contraste, en Mejillones se observó una temperatura promedio menor (19,45 °C), con un rango de 19,05 a 20,48 °C y una variabilidad moderada (DS = 0,55 °C). La salinidad promedio (34,58 ups) fue ligeramente inferior a la registrada en Arica, densidades (24,59 kg/m³), lo que indica que Mejillones, en contraste, muestra **condiciones más estables**, con menor dispersión térmica.

En enero de 2026, las condiciones superficiales en Arica y Mejillones evidencian un régimen típicamente estival, con temperaturas cercanas a 19,3 °C, salinidades homogéneas (~34,6 ups) y densidades controladas principalmente por la variabilidad térmica. Arica presenta mayor dispersión en temperatura y densidad, lo que sugiere mayor dinamismo físico, mientras que Mejillones muestra mayor estabilidad superficial. En conjunto, no se observan anomalías significativas, indicando un escenario oceanográfico estable en la zona norte de Chile.

En conjunto, la columna de agua en enero 2026 presenta. Temperaturas promedio (~14 °C) son significativamente menores que las superficiales (~19 °C), lo que evidencia una marcada estratificación térmica estival. El rango térmico es amplio (12,86–21,62 °C global), indicando: Presencia de aguas frías subsuperficiales asociadas a surgencia. Persistencia de aguas cálidas superficiales. Mejillones presenta mayor desviación estándar (1,78 °C), sugiriendo mayor heterogeneidad vertical o influencia de mezcla**.**

La salinidad muestra **muy baja variabilidad**, lo que indica estabilidad halina regional. Los valores son consistentes con aguas del **Sistema de la Corriente de Humboldt**, sin evidencia de

intrusiones marcadas de masas de agua externas. La estructura de densidad está principalmente controlada por la temperatura, más que por la salinidad.

Las densidades son mayores que en superficie (~24,6 kg/m³), confirmando, presencia de aguas más frías y densas en profundidad. Estratificación vertical bien definida. El rango máximo (26,416 kg/m³) sugiere influencia de aguas subsuperficiales más frías y típicas de surgencia costera. Mejillones presenta mayor variabilidad densimétrica (DE = 0,499), coherente con su mayor variabilidad térmica vertical.

En enero de 2026, la columna de agua en la zona norte presentó una marcada estratificación térmica, con temperaturas promedio cercanas a 14 °C y densidades alrededor de 26 kg/m³, evidenciando la presencia de aguas frías subsuperficiales asociadas a surgencia. La salinidad mostró baja variabilidad y alta homogeneidad regional, indicando estabilidad halina. En conjunto, las condiciones reflejan un régimen oceanográfico estival típico del Sistema de la Corriente de Humboldt, con control térmico dominante en la estructura vertical.

La serie evidencia una TSM con una **marcada variabilidad interanual**, asociada principalmente a la alternancia de eventos **El Niño y La Niña**, que modulan la estructura térmica superficial del sistema de la Corriente de Humboldt. El período incluye, condiciones cálidas extremas en 2020, transición hacia condiciones más frías en 2021–2022, nuevo calentamiento en 2023–2024, tendencia a estabilización, moderación en 2025-enero 2026. La salinidad superficial muestra baja amplitud interanual (variaciones del orden de 0,2–0,5 ups). Mayor estabilidad que la TSM, señales coherentes con la variabilidad ENSO. Recuperación hacia valores medios en 2024–2026. En términos generales, la salinidad presenta un comportamiento más conservativo que la temperatura, lo cual es consistente con la dinámica del sistema de la Corriente de Humboldt.

Arica la TSM con un máximo absoluto 23,5 °C (enero 2020), valores elevados también en 2022 (21,07 °C) y 2024 (21,8 °C). Descenso progresivo en enero 2025; 20,72 °C y enero 2026; 19,16 °C. El pick de 2020 corresponde claramente a un evento cálido intenso (El Niño 2019–2020). Posteriormente se observa enfriamiento relativo, sugiriendo debilitamiento del forzamiento cálido ecuatorial y mayor influencia de surgencia costera. La disminución hacia 2026 indica acoplamiento océano-atmósfera más neutro, mayor ventilación superficial.

La salinidad el máximo 34,900 ups (enero 2019), mínimo 34,600 ups (enero 2025). Promedio aproximado del período: ~34,75. En enero 2019–2020, valores relativamente altos (34,87–34,90 ups). El 2021 descenso a 34,660 ups el 2024–2026 leve disminución respecto a la media histórica. El descenso posterior a 2020 puede estar asociado a mayor influencia de aguas superficiales menos salinas. Intensificación de mezcla vertical. Modulación por surgencia costera. Arica mantiene, salinidades levemente superiores al resto de las estaciones, coherente con su ubicación más cercana a aguas subtropicales.

Iquique la TSM presenta una variabilidad más moderada que Arica. Valores relativamente estables entre 18–19 °C, mínimo destacado; 17,34 °C (2022). Recuperación posterior, 18,24 °C (2025). Iquique presenta menor amplitud térmica interanual, probablemente por mayor influencia directa de surgencia costera, mayor mezcla vertical y menor influencia directa de ondas Kelvin cálidas comparado con Arica. La salinidad presentó un máximo, de 34,850 ups (2019), mínimo 34,420 ups (2021). Recuperación en 2024–2025 (34,730 ups). Iquique presenta mayor variabilidad interanual que Arica. El mínimo de 2021 (34,420 ups) coincide con fase fría (La Niña), lo que puede

reflejar: Intensificación de surgencia. Mayor incorporación de aguas subsuperficiales relativamente menos salinas. Mayor mezcla vertical.

Mejillones la TSM el máximo extremo 22,4 °C (enero 2020), marcado en 2021–2022 (~16–17 °C), progresiva 2023–2026. En enero 2026 (19,45 °C), valor elevado respecto a promedio histórico. Mejillones muestra una alta sensibilidad a eventos cálidos. Fuerte enfriamiento post-2020 asociado a intensificación de surgencia. Recuperación térmica reciente, posiblemente vinculada al evento El Niño 2023–2024. La salinidad presentó su máximo 34,740 ups (2019), mínimo 34,460 (2020), 2026 34,580 ups. Comportamiento destacado, enero 2020 presenta un descenso marcado (34,460 ups). En enero 2023 nuevamente muestra valores relativamente bajos (34,540 ups). Recuperación parcial posterior, Mejillones es altamente influenciado por procesos locales de surgencia, la disminución de salinidad en enero 2020 puede estar asociada a estratificación superficial producto de calentamiento extremo. Ingreso de masas de agua modificadas, alteraciones en la circulación costera.

El análisis de perfiles térmicos en Arica y Mejillones revela que la isoterma de 15°C presentó una marcada variabilidad espacial durante enero 2026, reflejando diferencias locales en los procesos de mezcla y surgencia costera.

En **Arica**, la isoterma de 15°C se encuentra en una **posición relativamente somera**, lo que indica, presencia de aguas frías subsuperficiales cercanas a la superficie. Moderada estratificación térmica. Influencia activa de procesos de surgencia costera.

Transecto Sur La profundidad es **homogénea (7 m en todas las estaciones)**: Indica estabilidad horizontal. Sugiere una estructura térmica bien organizada. No se observa inclinación significativa de la isoterma. Esto podría reflejar, condiciones de viento relativamente uniformes. Surgencia moderada pero estable.

Transecto Norte Mayor variabilidad (5–9 m), **3mn; 5 m (más somera)** → posible núcleo activo de surgencia. **5mn; 9 m (más profunda)** → probable relajación local o mayor estratificación. Esto sugiere, inclinación leve de la isoterma. Variabilidad meso-escala, posible influencia de forzamiento local (viento, topografía submarina).

Considerando que en enero 2026. La TSM en Arica fue ~19,16 °C (moderadamente cálida). La salinidad superficial fue ~34,66 ups. La presencia de la isoterma de 15 °C a ~7 m indica que, no existe una profundización extrema asociada a eventos cálidos fuertes. El sistema no presenta una estratificación intensa como la observada en enero 2020. Se mantiene cierta ventilación vertical. Una isoterma de 15 °C somera implica: Mayor disponibilidad de nutrientes en la capa eufótica. Potencial soporte para productividad primaria. Condiciones favorables para la retención de huevos y larvas de anchoveta. Posible cercanía de la oxiclina a superficie si la surgencia es activa.

En enero 2026, la isoterma de 15 °C en Arica: Se ubicó a una profundidad promedio de ~7 m. Mostró homogeneidad en el transecto sur. Presentó variabilidad moderada en el transecto norte. Refleja un sistema costero dinámico, sin estratificación extrema. Sugiere condiciones oceanográficas relativamente favorables para procesos productivos costeros.

Durante enero de 2026, en **Mejillones** la isoterma de 15°C, se presenta **somera en el norte (4 m)**, señal clara de surgencia activa. **Profundización progresiva hacia 5mn en el transecto sur (12 m)**, mayor estratificación fuera de la costa. Esto indica una **estructura inclinada de la isoterma**,

típica de sistemas de surgencia costera donde, las aguas frías ascienden cerca de la costa y la termoclina se profundiza mar adentro.

Transecto Sur gradiente claro, 7 m → 8 m → 12. Esto sugiere, relajación progresiva de la surgencia hacia el fuera de la costa. Mayor estabilidad térmica en 5mn. Desarrollo de una capa superficial más cálida mar adentro. La profundización hasta 12 m indica una columna más estratificada en el límite externo del transecto.

Transecto Norte mayor contraste espacial, 1mn: 4 m (muy somera) 5mn: 8 m Esto evidencia, núcleo activo de surgencia en la zona costera. Inclinación marcada de la termoclina. Posible intensificación local del viento costero.

En enero 2026 Mejillones presentó TSM ~19,45 °C, salinidad ~34,58. La presencia de la isoterma de 15 °C entre 4 y 12 m indica existencia de un fuerte gradiente térmico superficial. Moderada estratificación. Sistema activo, no dominado por calentamiento extremo. No se observa profundización excesiva (>15 m), lo que descarta un escenario tipo El Niño intenso.

Una isoterma somera en 1mn (4 m), favorece aporte de nutrientes a la zona eufótica. Potencial aumento de productividad primaria. Condiciones favorables para retención larval. Profundización a 12 m en 5mn. Mayor estabilidad térmica fuera costa. Posible mayor retención de masa de agua cálida superficial. La configuración observada es típica de un sistema de surgencia activo, pero no extremo.

La estructura observada sugiere, condiciones neutras a cálidas moderadas. Surgencia presente y funcional. Ausencia de profundización anómala asociada a eventos cálidos intensos. El sistema mantiene su dinámica clásica costa–fuera de costa. En enero 2026, la isoterma de 15 °C en Mejillones, se ubicó a una profundidad promedio de ~7,8 m. Presentó fuerte inclinación vertical. Mostró núcleo activo de surgencia en 1mn (4 m). Indicó un sistema dinámico y productivo. No evidenció estratificación extrema.

En la región de Arica, el análisis de los valores de oxígeno disuelto superficial registrados en las seis estaciones. Promedio total (6 estaciones): 5,14 ml O_2/L **Mínimo:** 4,61 ml O_2/L (5mn norte) **Máximo:** 5,59 ml O_2/L (5mn sur) **Rango:** 0,98 ml O_2/L **Variabilidad:** baja a moderada (distribución relativamente homogénea)

Los valores se encuentran dentro de un rango típico para aguas superficiales costeras del sistema de la Corriente de Humboldt en verano, aunque ligeramente por debajo de condiciones altamente oxigenadas (>6 ml O_2/L).

Transecto Sur Presenta **incremento progresivo costa–océano** (4,97 → 5,44 → 5,59 ml O_2/L). Sugiere: Mayor ventilación oceánica hacia el exterior. Posible influencia de mezcla superficial o menor consumo biológico en estaciones más alejadas. **Promedio sur:** 5,33 ml O_2/L.

Transecto Norte Comportamiento distinto: Valores relativamente homogéneos en 1 y 3mn (≈5,1 ml O_2/L). Disminución marcada en 5mn (4,61 ml O_2/L). **Promedio norte:** 4,96 ml O_2/L Esta disminución offshore podría indicar: Intrusión superficial de aguas con menor contenido de oxígeno. Mayor estratificación térmica en el sector norte. Influencia incipiente de aguas subsuperficiales más pobres en oxígeno.

Gradiente espacial y estructura superficial Se observa una **asimetría latitudinal**: El transecto sur está más oxigenado. El transecto norte muestra señal de menor ventilación en la estación oceánica. Esto sugiere que la estructura superficial no es completamente homogénea y que podrían estar actuando: Diferencias en intensidad de mezcla vertical. Variabilidad en productividad primaria local. Influencia diferencial de surgencia costera.

En verano (enero), el sistema suele presentar: Mayor estratificación térmica. Aumento del consumo biológico. Eventuales afloramientos intermitentes. Los valores registrados (~5 ml O_2/L) indican: Condiciones superficiales bien oxigenadas. Sin evidencia de hipoxia superficial. Posible desacople parcial entre costa y zona oceánica en el transecto norte.

El oxígeno superficial en Arica durante enero 2026 muestra, buena oxigenación superficial general. Gradiente costa–océano positivo en el transecto sur. Disminución oceánica en el transecto norte, posiblemente asociada a procesos de estratificación o intrusión de masas de agua menos ventiladas. La estructura observada es consistente con la dinámica estival del sistema de la Corriente de Humboldt, donde predominan procesos de mezcla superficial moderada y variabilidad espacial en la ventilación.

En Mejillones, La concentración promedio de oxígeno superficial fue aproximadamente 6,01 ml O_2/L, con un rango entre 5,39 y 6,46 ml O_2/L. La amplitud total es baja (≈1,07 ml O_2/L), lo que indica condiciones relativamente homogéneas en la capa superficial durante el período de muestreo. Estos valores corresponden a una **masa de agua superficial bien oxigenada**, típica de zonas costeras influenciadas por ventilación atmosférica y procesos de mezcla.

Gradiente costa–océano, en ambos transectos se observa una **tendencia general al aumento del oxígeno hacia estaciones más oceánicas**: En el **transecto sur**, el máximo se registra a 3mn (6,46 ml O_2/L), manteniéndose alto a 5mn (6,07 ml O_2/L). En el **transecto norte**, el valor más bajo ocurre en la estación costera (1mn: 5,39 ml O_2/L) y aumenta hacia 5mn (6,17 ml O_2/L). Este patrón sugiere: Mayor influencia de **aguas costeras ligeramente más pobres en oxígeno** en estaciones próximas a la costa. Mejor ventilación o influencia de aguas más oceánicas hacia 3–5mn.

El **transecto sur** presenta valores levemente superiores y más consistentes. El **transecto norte** muestra el mínimo regional (5,39 ml O_2/L), lo que podría estar asociado a: Influencia local de procesos de surgencia, mayor estabilidad superficial, o aporte de aguas subsuperficiales ligeramente menos oxigenadas. No obstante, las diferencias son moderadas y no indican condiciones hipóxicas.

Los valores observados (≈6 ml O_2/L) son característicos de: Capa superficial bien ventilada. Influencia del intercambio aire-mar. Posible aporte de producción primaria reciente (fotosíntesis), especialmente en zonas de surgencia activa como Mejillones. No se observan indicios de intrusión de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) en superficie durante este muestreo.

En enero 2026, la capa superficial frente a Mejillones presentó **baja variabilidad espacial, leve gradiente costa–océano.** Condiciones consistentes con una estructura superficial estable y ventilada. El sistema muestra un estado ambiental superficial favorable desde el punto de vista de disponibilidad de oxígeno disuelto.

La serie temporal de clorofila-a para enero 2026 en Arica, el gradiente costa-océano. En el

transecto sur se observa una mayor concentración en la estación intermedia (3mn: 4,10 mg/m³), lo que sugiere una zona de máxima productividad posiblemente asociada a: Procesos de surgencia costera moderada, retención local de biomasa fitoplanctónica.

En el **transecto norte**, el valor máximo se registra en 5mn (3,70 mg/m³), indicando un desplazamiento de la biomasa hacia zonas más oceánicas.

El **promedio del transecto sur** (3,16 mg/m³) es superior al del **transecto norte** (2,24 mg/m³). Esto sugiere mayor productividad en el sector sur durante enero 2026. La mayor variabilidad espacial en el norte podría estar asociada a: Mayor mezcla vertical. Influencia de masas de agua menos productivas en superficie

Contexto estacional, enero corresponde al periodo estival austral, cuando puede intensificarse la estratificación superficial, limitando el aporte de nutrientes. La productividad depende fuertemente de eventos locales de surgencia. Los valores observados (1,26–4,10 mg/m³) indican una productividad moderada, típica del sistema de la Corriente de Humboldt bajo condiciones no extremas.

Durante enero 2026 en Arica: Se observa **productividad fitoplanctónica moderada y espacialmente heterogénea**. El **transecto sur presenta mayor concentración promedio**, con un núcleo productivo en 3mn. El transecto norte muestra una señal más oceánica, con máximos alejados de la costa.

La serie temporal de clorofila-a para enero de 2026, en Mejillones, **señal costera muy intensa en el transecto sur.** El valor de **14,78 mg/m³ en 1mn (transecto sur)** es muy elevado y representa un **evento de alta productividad fitoplanctónica,** probable influencia directa de **surgencia costera activa.** Posible acumulación o retención de biomasa dentro de la bahía de Mejillones, la fuerte disminución hacia 3mn (5,90 mg/m³) y 5mn (2,80 mg/m³) indica un **marcado gradiente costa-océano**, típico de sistemas de surgencia intensos.

Sector norte señal más oceánica Los valores en el transecto norte (1,54 y 1,94 mg/m³). Son considerablemente más bajos Indican condiciones más oligotróficas Sugieren menor influencia directa de surgencia o mayor mezcla con aguas oceánicas

Contexto del sistema de la Corriente de Humboldt. En verano austral la estratificación superficial suele aumentar. Sin embargo, eventos locales de viento pueden generar **pulsos intensos de surgencia**, especialmente en Mejillones, zona conocida por su alta productividad. El valor de 14,78 mg/m³ es consistente con: Pulsos productivos asociados a surgencia. Posible desarrollo de floraciones fitoplanctónicas.

Durante enero 2026 en Mejillones: Se registró una **alta productividad costera en el transecto sur**, con un máximo muy elevado en 1mn. Se observa un **gradiente decreciente hacia mar abierto**, característico de sistemas de surgencia activos. El transecto norte presentó condiciones más estables y menos productivas.

El procesamiento y análisis de las 11 muestras de zooplancton colectadas durante enero de 2026, frente a los puertos de desembarque de Arica y Mejillones, permitió cuantificar la presencia de 59.113 huevos y 8.003 larvas de peces. Esto representa un decremento del 22% y del 13%,

respectivamente, en comparación con los resultados obtenidos en noviembre de 2025 para las mismas fases de desarrollo. Del total de individuos cuantificados, el 75% de los huevos y el 86% de las larvas correspondieron a las especies objetivo del estudio. Cabe destacar que, la colecta de huevos de sardina española se registró en el puerto de Arica y Mejillones.

La fase de huevos totales presentó densidades que oscilaron entre 1.474 y 10.584 huevos por 10 m². La media de huevos por estación positiva fue de 5.764 (DS=2.820,27), lo que representa un decremento del 16% en comparación con la cifra obtenida en noviembre de 2025. Esta fase de desarrollo abarcó una cobertura máxima tanto latitudinal como longitudinal. En cuanto a la distribución de huevos, la zona de Arica contribuyó con el 31% del total, mientras que Mejillones aportó el 69%.

Las fases larvarias totales se registraron en 11 estaciones positivas, con una abundancia total de 8.003 larvas/10 m², lo que representa un decremento del 13% en comparación con noviembre de 2025. Este estadio de desarrollo mostró densidades que oscilaron entre 258 y 1.449 larvas/10 m², con una densidad promedio de 728 larvas por estación positiva. En cuanto a la distribución de larvas, la zona de Arica contribuyó con el 58% del total, mientras que Mejillones aportó el 42%.

Para anchoveta, ***Engraulis ringens***, se identificaron 11 estaciones positivas tanto para huevos y para larvas de anchoveta, en las cuales se recolectaron 44.476 huevos y 6.828 larvas, cifras referidas a un área superficial de 10 m². Esto representó una frecuencia porcentual del 100% y 100% para ambos estadios de desarrollo, respectivamente, reflejando actividad reproductiva en la zona explorada.

La serie de densidad promedio Est (+) presenta variaciones interanuales notables, con años de alta intensidad reproductiva, como 2024, y otros con actividad más moderada, como 2022 y 2023. El patrón estacional no es completamente uniforme. En 2022 y 2023, la mayor actividad de desove se concentró durante la primavera y el verano austral (septiembre–diciembre), mientras que en 2024 (post El Niño) el máximo histórico se registró en otoño (mayo–junio), evidenciando un desplazamiento en la temporalidad reproductiva.

La información disponible para 2025 muestra una tendencia hacia niveles intermedios de densidad, con un máximo en enero (18.061 huevos/m²), seguido de un descenso progresivo hasta mayo (1.691 huevos/m²). Posteriormente, se observa una leve recuperación en julio (4.207 huevos/m²), septiembre (3.934 huevos/m²) y noviembre (5.863 huevos/m²). Este comportamiento podría reflejar una fase de ajuste posterior al máximo productivo, con la población manteniendo niveles de desove moderados, posiblemente en respuesta a condiciones térmicas inestables y a menores pulsos de surgencia.

En este contexto, 2025 muestra un patrón reproductivo moderado, con un pulso estival bien definido, mientras que enero de 2026 evidencia un proceso débil del ciclo reproductivo. En conjunto, el sistema parece transitar desde un año excepcionalmente productivo (2024) hacia una fase de menor intensidad, consistente con la alta variabilidad interanual característica de la anchoveta en el norte de Chile y su fuerte dependencia de las condiciones oceanográficas regionales.

La serie de densidad de Est (+) de larvas, entre 2022 y 2025, evidencia una alta variabilidad mensual e interanual en la densidad promedio de larvas de anchoveta, reflejando fluctuaciones

tanto en el éxito reproductivo como en las condiciones ambientales que determinan la supervivencia temprana de los estadios larvales.

Los datos de larvas de anchoveta, durante 2025, muestran un proceso moderado con una tendencia descendente hacia el invierno y la primavera, con valores moderados que oscilaron entre 403 y 409 larvas/m², alcanzando un mínimo en septiembre (340 larvas/m²) y registrando posteriormente un incremento en noviembre (717 larvas/m²).

Este patrón podría estar asociado a una reducción en el aporte de nutrientes o a condiciones térmicas inestables, las cuales tienden a disminuir la productividad primaria y afectar la supervivencia larval. En conjunto, los valores sugieren un ajuste de la población tras la elevada actividad reproductiva registrada en 2024.

En la tendencia reciente (2024–2026) se observa un año fuerte (2024), seguido de una fase de moderación (2025) y un inicio de 2026 con intensidad intermedia. La densidad promedio de estaciones positivas de larvas de anchoveta en la Zona Norte muestra una marcada variabilidad interanual, con predominio reciente de máximos primaverales durante 2023–2024 y una disminución en 2025. Enero de 2026 presenta una intensidad intermedia, sin señales de alta actividad reproductiva.

En términos generales, el sistema se mantiene funcional, aunque en una fase de menor intensidad relativa en comparación con los años más productivos del período analizado.

Las áreas de mayor abundancia de huevos por 10 m² se ubicaron a 1 y 5 millas náuticas frente a Mejillones. En Arica, la mayor presencia de huevos se registró a 3 y 5mn.

Las larvas de anchoveta muestran una tendencia distinta, las que se localizaron a 1, 3 y 5 millas náuticas frente a Arica, representando el 57% de las larvas. En Mejillones, las mayores abundancias en 1 y 5mn, aportando el 43% de las larvas.

El análisis de los datos CIAM para la serie de enero 2016 a enero 2026, correspondiente a la abundancia de huevos en Arica, evidencia una variabilidad interanual extrema. Los valores presentan una amplitud muy elevada, desde 370 huevos/m² en 2017 hasta 293.590 huevos/m² en 2024. La diferencia entre el mínimo y el máximo supera varios órdenes de magnitud, lo que refleja una fuerte dependencia de las condiciones oceanográficas estivales.

Al clasificar los eneros según su intensidad, se distinguen tres categorías. Los años de baja intensidad (<10.000 huevos/m²) incluyen 2017, 2018, 2019, 2021, 2022 y 2023, los cuales corresponden a períodos con reproducción limitada durante el verano. Los años de intensidad intermedia (10.000–20.000 huevos/m²), como 2016 y 2026, representan situaciones dentro del rango histórico considerado previo a eventos extremos. En contraste, los años de intensidad extremadamente alta (>200.000 huevos/m²), como 2020, 2024 y 2025, reflejan eventos reproductivos masivos, probablemente asociados a una alta biomasa desovante, condiciones térmicas óptimas, elevada productividad primaria y un contexto oceanográfico favorable.

El comportamiento general sugiere que el desove estival en Arica no es constante entre años. Existen períodos con fuerte concentración espacial del desove, donde los máximos extremos podrían estar vinculados a ventanas oceanográficas particularmente favorables, alta sincronización

reproductiva y mayor disponibilidad de alimento.

La baja actividad reproductiva en enero 2026 indica una respuesta adaptativa posterior a dos años excepcionalmente altos. En conjunto, el sistema muestra alta resiliencia, con pulsos reproductivos episódicos, marcada variabilidad interanual y ausencia de una tendencia lineal sostenida. No se observa evidencia de un declive estructural, sino un patrón característico de especies pelágicas con alta sensibilidad a la variabilidad ambiental

La serie de enero en Iquique muestra una alta variabilidad interanual, con valores que oscilan entre ausencia total de huevos en 2019 y máximos superiores a 25.000 huevos/m² en 2024. Esto evidencia que enero constituye un mes con alta sensibilidad reproductiva frente a las condiciones ambientales.

Durante la fase de baja productividad (2017–2019) se observa una disminución marcada respecto a 2016, culminando en enero en una nula actividad reproductiva en 2019 (0 huevos). Este comportamiento podría estar relacionado a condiciones oceanográficas inestables asociadas a un debilitamiento del afloramiento costero.

En 2020 se registra una recuperación significativa, coincidente con el período La Niña 2020–2022, caracterizado por mayor surgencia, aumento de la productividad primaria y mejores condiciones para el desove costero. El máximo histórico reciente se alcanza en enero 2024 (25.565 huevos/m²), correspondiente al valor más alto de toda la serie, lo que sugiere una excelente condición ambiental, alta biomasa desovante y un fuerte acoplamiento físico-biológico.

En 2025 se observa un ajuste respecto al máximo de 2024, aunque el valor se mantiene elevado (18.147 huevos/m²), indicando que el sistema continuó en una fase productiva. En conjunto, el comportamiento sugiere que la reproducción de anchoveta en enero en Iquique está fuertemente modulada por la intensidad de la surgencia, la disponibilidad trófica (clorofila-a), la estratificación térmica y la fase ENSO. En años fríos (La Niña) se registran mayores abundancias de huevos, mientras que en años cálidos (El Niño) se observa una reducción significativa del proceso reproductivo.

La serie de enero para Mejillones también presenta alta variabilidad interanual, con valores que fluctúan entre un mínimo extremo (108 huevos/m² en 2019) y máximos históricos en 2025–2026. El máximo absoluto se registró en enero 2025 (35.600 huevos/m²), seguido por 2026 (31.167 huevos/m²).

En la fase inicial de la serie (2017–2018) se observan eventos de desove importantes, con valores superiores a 10.000 huevos/m². Posteriormente, en 2019, ocurre una reducción extrema (108 huevos/m²), coherente con condiciones regionales que reducen la surgencia, aumentan la estratificación y disminuyen la disponibilidad trófica.

Durante el período La Niña en Mejillones (eneros 2020–2021) se registra una fuerte recuperación (>13.000 huevos/m²), asociada a la intensificación del afloramiento y al incremento de la productividad primaria. Luego, entre 2022 y 2024, se observa una fase baja a intermedia, con un descenso marcado que alcanza 2.044 huevos/m², seguido de una leve recuperación progresiva en 2023–2024, con un máximo histórico reciente (eneros 2025–2026) que sugiere una condición ambiental adecuada para la actividad reproductiva. El máximo histórico reciente (2025–2026) sugiere una excelente condición ambiental, alta biomasa desovante, fuerte éxito reproductivo y

posible expansión espacial del desove.

La serie larval de Arica presenta una variabilidad interanual extremadamente alta, con valores que oscilan entre ausencia total de larvas en 2021 y máximos superiores a 12.000 larvas/m² en 2020. Esto indica que la sobrevivencia temprana (transición de huevo a larva) es altamente sensible a las condiciones ambientales.

Durante los eneros en el periodo 2016-2019, se registraron valores consistentemente bajos (<1.000 larvas/m²), lo que sugiere que, si bien el sistema reproductivo estaba activo, la sobrevivencia larval fue reducida. Este comportamiento podría estar asociado a condiciones térmicas menos favorables, menor retención costera o limitaciones en la disponibilidad trófica.

En enero de 2020 se produjo una explosión larval, alcanzando el máximo histórico (12.930 larvas/m²), coincidente con la fase fría asociada a La Niña 2020. Este período probablemente combinó una alta biomasa desovante con condiciones ambientales favorables para la retención y alimentación larval. Sin embargo, en 2021 se observa una nula presencia de larvas, lo que evidencia un fallo en la sobrevivencia temprana. Este contraste podría explicarse por un desfase trófico, mayor advección offshore o cambios en la estructura térmica y dinámica costera.

Posteriormente, durante 2024–2025 se configura una fase altamente productiva, con valores superiores a 10.000 larvas/m² en ambos años, lo que sugiere estabilidad reproductiva sostenida y un ambiente favorable tanto en términos térmicos como tróficos.

En 2026 se observa un ajuste, con un descenso a 3.899 larvas/m², aunque este valor sigue siendo superior al registrado durante la fase 2016–2019. Esto podría indicar una transición ambiental asociada a cambios en la intensidad de la surgencia y mayor dispersión larval.

En conjunto, la serie sugiere que Arica responde rápidamente a las condiciones oceanográficas. La fase fría (2020–2022) favoreció la sobrevivencia larval, mientras que los máximos de 2024–2025 indican una nueva fase productiva.

El marcado contraste entre 2020 (máximo histórico) y 2021 (ausencia total) demuestra que la etapa larval constituye el eslabón más sensible del proceso de reclutamiento.

Al comparar con la serie de huevos de la zona norte, se observa que una alta abundancia de huevos no implica necesariamente una alta abundancia larval. El éxito reproductivo depende fuertemente de factores como la retención costera, la disponibilidad de alimento, una estratificación adecuada y niveles favorables de oxígeno superficial**.**

La serie de larvas de anchoveta en enero para Arica evidencia una alta variabilidad interanual, con eventos extremos tanto de máxima producción (2020, 2024–2025) como de mínima (2021). La dinámica observada sugiere una fuerte dependencia de las condiciones oceanográficas regionales y confirma que el éxito larval es un indicador altamente sensible del estado ambiental y del potencial de reclutamiento del stock.

La serie larval de eneros para Iquique muestra una alta variabilidad interanual, destacando dos años consecutivos sin registro de larvas (2018–2019) y un máximo en 2020. El período 2018-2019 podría estar asociado a una fuerte estratificación térmica, disminución del afloramiento, baja

retención costera y/o eventos cálidos regionales. Esta fase marca una ruptura en la dinámica reproductiva local.

En enero 2020 se registra el máximo de la serie (3.928 larvas/m²), coincidente con la fase fría asociada a La Niña, que habría favorecido mejores condiciones tróficas y de retención larval. Sin embargo, en 2021 se observa una reducción abrupta a 137 larvas/m², lo que sugiere mayor dispersión, incremento en la mortalidad temprana o cambios en la estructura oceanográfica.

En enero 2022 se produce una leve recuperación, con un valor moderado (2.167 larvas/m²), indicando reactivación reproductiva bajo condiciones más favorables. Posteriormente, durante 2024–2025, se observa una estabilización en niveles intermedios (842–1.543 larvas/m²), lo que sugiere un sistema activo, aunque sin alcanzar los máximos registrados en 2020. Este comportamiento podría reflejar una fase de transición ambiental.

En conjunto en enero, el patrón evidencia que Iquique es altamente sensible a la variabilidad ambiental, presentando eneros con ausencia total de larvas y recuperaciones rápidas bajo condiciones frías. En comparación con Arica, Iquique muestra menor amplitud en los máximos, mayor frecuencia de bajas larvales y, posiblemente, menor retención costera o mayor influencia advectiva.

La serie de larvas de anchoveta en enero para Iquique presenta alta variabilidad interanual, con un mínimo larval en 2018–2019 seguido de una recuperación significativa en 2020. Posteriormente, el sistema muestra oscilaciones intermedias sin alcanzar nuevamente el máximo registrado. La dinámica sugiere fuerte dependencia de la variabilidad oceanográfica regional y posibles diferencias en retención y productividad respecto a otras zonas del norte de Chile.

La serie larval para Mejillones muestra una alta variabilidad interanual, aunque con menor amplitud en comparación con Arica. El sistema presenta pulsos productivos bien definidos, intercalados con años de baja abundancia.

En enero 2019 se observa un descenso abrupto hasta 54 larvas/m², probablemente asociado a condiciones inestables, menor retención costera y disminución de la productividad primaria. Este patrón es coherente con lo observado en otras zonas del norte durante períodos cálidos.

Durante los eneros 2023–2024 se registra una oscilación intermedia, con valores moderados (1.609 y 763 larvas/m², respectivamente). El máximo histórico reciente se alcanza en 2025 (4.822 larvas/m²), el valor más alto de la serie, lo que sugiere éxito larval, posiblemente asociado a una sobrevivencia importante y condiciones oceanográficas favorables. En 2026 se observa un ajuste, con un descenso a 2.929 larvas/m²; no obstante, este valor sigue siendo superior al promedio histórico, indicando que el sistema se mantiene productivo.

Mejillones evidencia en enero una respuesta rápida a condiciones favorables, con pulsos larvales asociados a la intensificación del afloramiento y una fuerte influencia de procesos locales de retención dentro de la bahía. En términos comparativos, presenta menor amplitud que Arica y mayor estabilidad relativa que Iquique, aunque con máximos recientes importantes durante 2025–2026.

En conjunto, no se observa una tendencia lineal clara, sino un comportamiento pulsátil característico de especies pelágicas pequeñas bajo fuerte control ambiental.

La serie de larvas de anchoveta en enero para Mejillones presenta alta variabilidad interanual con un mínimo en 2019 y una recuperación sostenida que culmina en un máximo histórico en 2025. La dinámica sugiere fuerte control oceanográfico, especialmente vinculado a procesos de surgencia y retención costera. El período 2025–2026 refleja una fase altamente favorable para la sobrevivencia larval en la zona.

La serie de variación temporal de la intensidad de desove (oct 2014-nov2025), muestra una tendencia ascendente entre 2022–2024 y una fase de declive en 2025, lo que sugiere un control ambiental interanual sobre la intensidad reproductiva de la anchoveta, posiblemente vinculado a fluctuaciones térmicas, disponibilidad de nutrientes y estabilidad de la columna de agua.

La serie indica que durante el período 2022–2023 se registró una baja densidad de desove acompañada de alta variabilidad oceanográfica, etapa que correspondió a un período posterior a condiciones frías y que culminó con el evento El Niño 2023.

En 2024, el sistema muestra una estabilización seguida de un aumento en la densidad de desove, bajo condiciones oceanográficas favorables, con una respuesta reproductiva significativa y señales iniciales de recuperación tras el intenso evento cálido previo.

Para 2025 se observa un descenso en la actividad reproductiva, asociado a un período de transición y cambios oceanográficos caracterizados por alta variabilidad, con alternancia entre condiciones neutrales y frías. El valor registrado en enero de 2026 se presenta como moderado en comparación con varios eneros anteriores.

Desde el punto de vista ecológico y poblacional, este valor indica desove activo en pleno verano, ocupación espacial temprana, presencia de biomasa reproductiva distribuida y condiciones ambientales neutrales.

Dado que enero no suele corresponder al máximo estructural del ciclo reproductivo (el cual generalmente ocurre en invierno-primavera), un valor elevado en este mes sugiere una prolongación del período reproductivo. Bajo un escenario neutral o frío, el comportamiento probable sería la mantención de la actividad durante febrero, con una reducción en otoño y una reactivación entre julio y octubre, configurando un año reproductivo dentro de un rango medio-alto. Por otra parte, bajo un escenario neutral-cálido se observaría una disminución de la actividad reproductiva con una lenta reactivación en invierno-primavera.

Los resultados indican que la abundancia de huevos de anchoveta estimada para enero de 2026, dentro de la serie analizada, presenta una variabilidad interanual alta, caracterizada por pulsos reproductivos explosivos intercalados con años de baja producción.

Los valores de abundancia de huevos en enero fluctúan entre un mínimo de 3.295 huevos/m² en 2019 y un máximo de 327.392 huevos/m² en 2024. El promedio para el período 2016–2026 es de aproximadamente 96.974 huevos/m². La distribución es claramente asimétrica positiva, dominada por tres años excepcionales (2020, 2024 y 2025), que elevan significativamente la media

del período.

La serie de datos biológicos y oceanográficos muestran un sistema no lineal con un control ambiental fuerte, con **implicancias directas en el reclutamiento**. Los pulsos de puesta de huevos en eneros de 2020, 2024 y 2025 sugieren: Potencial alto de reclutamiento en cohortes posteriores. Sin embargo, la probabilidad de proyectar biomasa futura es incierta, debido a la alta variabilidad de los procesos que ocurren en el ecosistema pelágico. El éxito final dependerá de la sobrevivencia larval y de juveniles. No todo evento alto de huevos garantiza reclutamientos fuertes.

La serie de abundancia de huevos de anchoveta en enero (2016–2026) evidencia una dinámica altamente variable, con disminución en 2019 seguido de pulsos explosivos en 2020 y especialmente en 2024–2025, que constituyen los máximos históricos del período. La estructura temporal sugiere fuerte control oceanográfico, particularmente asociado a variabilidad ENSO y a la intensidad del afloramiento costero. El comportamiento no muestra tendencia lineal, sino un patrón episódico dominado por eventos extremos que determinan la dinámica reproductiva del stock.

El patrón estacional de la abundancia de huevos de anchoveta a lo largo de los años analizados muestra que los meses con mayor frecuencia de altos valores son julio, agosto, septiembre y octubre, lo cual coincide con el período de mayor actividad reproductiva de la anchoveta en el ecosistema costero del norte de Chile.

De enero a julio 2025, se observa un decrecimiento paulatino de la abundancia de huevos de anchoveta, en comparación con lo reportado en el primer semestre del año 2024 donde se observó abundancias importantes que superaron el rango habitual para ese periodo.

La serie evidencia la influencia de eventos El Niño y La Niña. Durante los años cálidos (como El Niño 2023), se observa una reducción en la abundancia de huevos en los meses clave de reproducción. Por el contrario, en años asociados a condiciones neutras o frías (La Niña) como en 2020-2021, la actividad reproductiva parece intensificarse.

El análisis de la abundancia de larvas de anchoveta entre 2015 y 2025 revela un patrón estacional bien definido, con máximos entre agosto y octubre, y mínimos entre diciembre y marzo. Sin embargo, esta estacionalidad se ha vuelto más difusa en los últimos años, con aumentos en meses inusuales, como enero y julio (2024 y 2025).

La variabilidad interanual es evidente y parece estar fuertemente influenciada por las condiciones oceanográficas regionales, como la intensidad de la surgencia costera, la disponibilidad de nutrientes y eventos climáticos globales (El Niño/La Niña). Años con condiciones favorables presentan altos niveles de abundancia larval, reflejando un entorno propicio para el reclutamiento.

Los valores más bajos de la serie, posiblemente ligados a una persistencia de anomalías térmicas positivas y menor disponibilidad trófica para el desove.

La disminución en la abundancia de huevos puede estar influenciada por diversos factores, entre ellos el aumento de la temperatura superficial del mar (TSM), que puede afectar la distribución espacial y la sincronía del desove. Asimismo, una reducción de la biomasa reproductiva (stock desovante) y una menor disponibilidad de alimento para los adultos —especialmente en años con baja concentración de clorofila-a— pueden contribuir a una menor intensidad reproductiva.

Si se analiza estadísticamente enero de 2026 en el contexto histórico (2015–2025), se observa que el promedio de enero es aproximadamente 238, con una mediana cercana a 148. El valor registrado en enero de 2026 (211) se sitúa por encima de la mediana y levemente por debajo del promedio —este último influenciado por los valores extremos de 2024–2025— y muy por encima de los años considerados débiles. En consecuencia, puede interpretarse como un mes que presentó actividad reproductiva.

La disminución observada en 2025 también se refleja en la baja abundancia de larvas, lo que sugiere una menor eficiencia reproductiva global y una posible reducción en el reclutamiento futuro.

En cuanto a enero de 2026, la interpretación biológica de un valor de 83 (en raíz de abundancia) implica una presencia larval temprana, condiciones favorables para la eclosión y una mortalidad inicial no excesiva. Esto indica que el sistema productivo se mantuvo funcional

En términos generales, se observa un escenario de estabilidad relativa dentro de la variabilidad natural del sistema.

En el análisis de **huevos de la sardina española, en enero 2026**, se identificaron 4 estaciones con presencia positiva de huevos, recolectándose un total de 294 huevos en un área de 10 m², lo que representa una frecuencia porcentual del 36%.

Durante esta fase del desarrollo, las abundancias de huevos fluctuaron entre 0 y 100 huevos por 10 m². La media de huevos en estaciones positivas fue de 74 huevos por 10 m², mientras que la media general, considerando todas las estaciones, fue de 27 huevos por 10 m². Las abundancias se distribuyeron Arica con 23% y Mejillones con el 77% de los huevos colectados.

En enero de 2026, la distribución de huevos de sardina española en relación con la distancia a la costa, mostró un predominio en 5 millas náuticas, en Arica y para Mejillones 1,3 y 5mn.

La abundancia de huevos de sardina española frente a Arica, Iquique y Mejillones durante el período 2015–2025 exhibe una **alta variabilidad interanual**, marcada por **pulsos reproductivos intensos en 2017, 2023 y 2024**, intercalados con años de **baja actividad**. Este patrón sugiere que la sardina española responde fuertemente a **fluctuaciones ambientales**, como la temperatura superficial del mar, la productividad primaria y la intensidad de la surgencia costera.

El **repunte observado en 2023 y 2024** podría indicar un retorno de condiciones oceanográficas favorables tras un período de baja reproducción entre 2018 y 2022. Sin embargo, la **disminución en 2025** plantea la necesidad de un monitoreo continuo para determinar si se trata de una variabilidad natural o el inicio de una nueva fase de baja actividad reproductiva.

En conjunto, los resultados reflejan el **carácter oportunista y altamente variable de la reproducción de la sardina española en el ecosistema de la corriente de Humboldt**, y subrayan la importancia de integrar estos indicadores tempranos en las estrategias de manejo y conservación del recurso**.**

ANEXO I: RÍO SAN JOSE – REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA – ENERO 2026



Foto 1. **Descenso del Río San José, desde el Altiplano Andino, atravesando el valle de Azapa hasta desembocar en el océano Pacifico en la ciudad de Arica, enero 2026.**

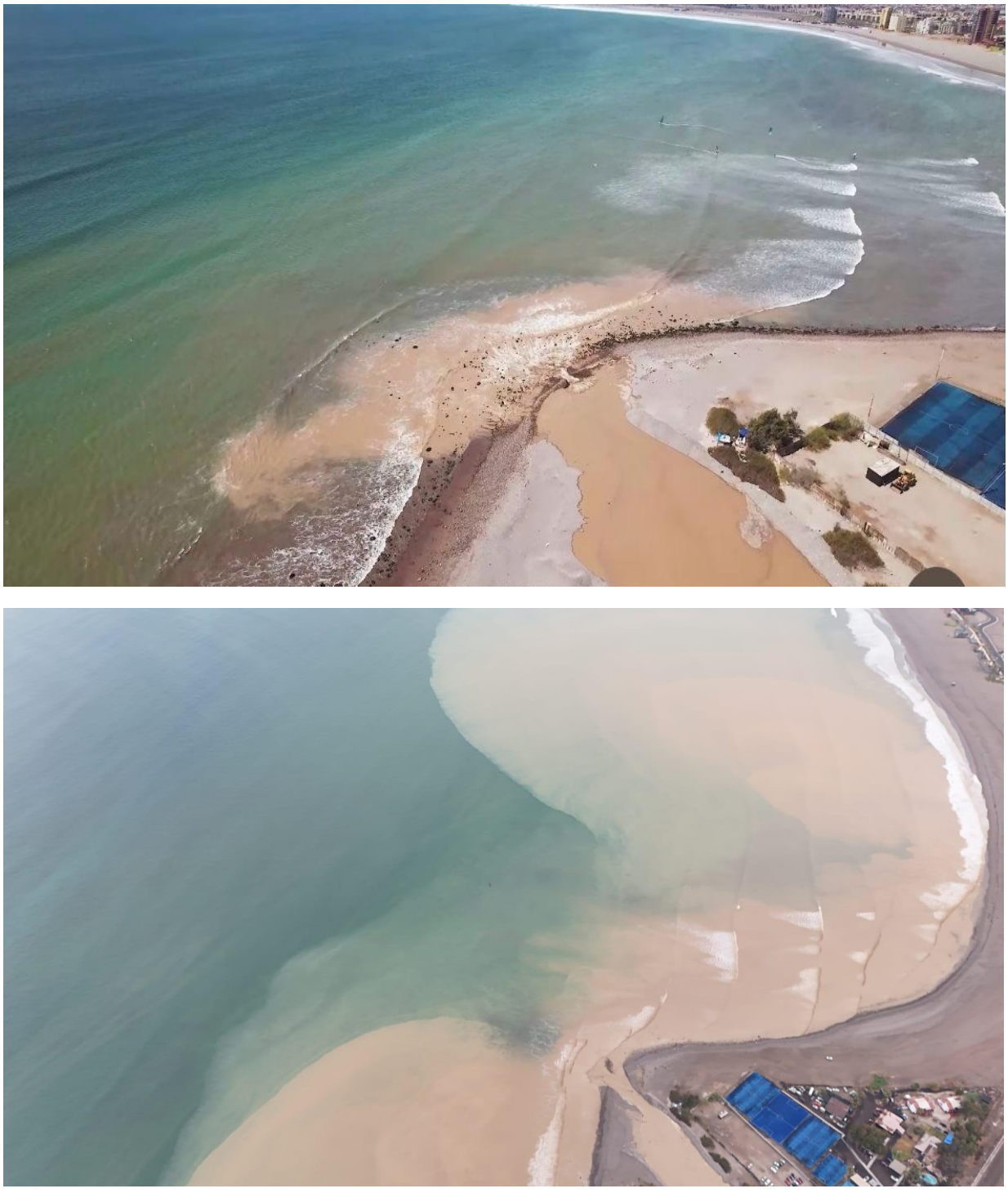


Foto 2. **Descarga del afluente, del Río San José, en la playa Chinchorro en la ciudad de Arica, enero 2026.**



Foto 3. **Vista aérea de la magnitud, del ingreso de las aguas del Río San José a playa Chinchorro cubriendo hasta las tres millas náuticas, enero 2026.**