

LICITACIÓN PÚBLICA PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL
Sistema de disposición final de aguas servidas de Antofagasta

Respuestas a consultas

1. ¿Los monitoreos de la columna de agua 8 estaciones + 1 estación de control, estaciones costeras y estaciones mar adentro, se pueden realizar dentro de una misma campaña o son en fechas separadas?

R: Los monitoreos de la columna de agua 8 estaciones + 1 estación de control, estaciones costeras y estaciones mar adentro, se pueden realizar dentro de una misma campaña

2. ¿Las muestras para el monitoreo de comunidades bentónicas deben ser puntuales o en triplicado?

R: Las muestras para el monitoreo de comunidades bentónicas deben ser en triplicado

3. Respecto al monitoreo de aguas servidas ¿el monitoreo compuesto de 24 horas se realiza en conjunto con el monitoreo de muestras puntuales?

R: Si, el monitoreo compuesto de 24 horas se realiza en conjunto con el monitoreo de muestras puntuales

4. Respecto al monitoreo de aguas servidas, muestras puntuales ¿el análisis de coliformes fecales, DBO5, y sólidos suspendidos totales se debe realizaren las 7 muestras obtenidas (hora 0, 4, 8, 12, 16 y 24)?

R: Las muestras puntuales se toman cada 4 horas. En un período de 24 horas, son 6 muestras. En cada muestra se realiza el análisis de coliformes fecales, DBO5, sólidos suspendidos totales se realiza a cada muestra. Se muestra a continuación un ejemplo de esquema de muestreo:

MUESTRA	ANÁLISIS
Muestra N°1, por ejemplo 11:00	Coliformes fecales, DBO5, Sólidos Suspendidos Totales
Muestra N°2, por ejemplo 15:00	Coliformes fecales, DBO5, Sólidos Suspendidos Totales
Muestra N°3, por ejemplo 19:00	Coliformes fecales, DBO5, Sólidos Suspendidos Totales
Muestra N°4, por ejemplo 23:00	Coliformes fecales, DBO5, Sólidos Suspendidos Totales
Muestra N°5, por ejemplo 03:00	Coliformes fecales, DBO5, Sólidos Suspendidos Totales
Muestra N°6, por ejemplo 07:00	Coliformes fecales, DBO5, Sólidos Suspendidos Totales

5. A que se refiere con grado de selección en los sedimentos ¿es posible que nos envíen la metodología de análisis y unidades que actualmente reportan?

R: Se adjunta a este documento el informe del primer semestre 2023

6. ¿Cuál es la duración del contrato?

R: La duración del contrato es de 2 años

7. Considerando el tiempo que demoran los análisis de laboratorio, ¿es posible ampliar el plazo de entrega de resultados a 20 días hábiles?

R: Si, es posible ampliar el plazo de resultados a 20 días

**PROGRAMA DE MONITOREO MARINO
PLANTA DE TRATAMIENTO Y EMISARIO SUBMARINO ECONSSA**

INFORME CAMPAÑA

Verano 2023

Abril 2023

Índice

1. RESUMEN.	6
2. INTRODUCCIÓN.	7
2.1.- Alcances	7
2.2.- Objetivos.	8
3. MATERIALES y MÉTODOS.	9
3.1.- Física y química de la columna de agua.	9
3.1.2.-Parámetros físicos-químicos de la columna de agua.	11
3.2.- Física y química de sedimentos.	16
3.4.- Evaluación de componente biótico.	18
3.4.1.- Intermareal de arena	18
3.4.2.- Infauna submareal.	21
4. RESULTADOS.	23
4.1.- Física y química de la columna de agua.	23
4.1.1- Correntometría lagrangiana	23
4.1.2.- Parámetros físicos y químicos de la columna de agua	26
4.1.3.- Parámetros químicos de la columna de agua	32
4.2.- Física y química de sedimentos.	36
4.2.1.- Parámetros físicos de los sedimentos submareales	36
4.2.2.- Parámetros físicos de los sedimentos intermareales	38
4.3.- Evaluación de componente biótico	40
4.3.1.- Infauna submareal.	40
4.3.2.- Intermareal de arena	49
5. DISCUSION	51
□ Física y química de agua de mar	51
□ Física y química de sedimentos submareales.	53
□ Física y química de sedimentos intermareales.	54
□ Biota submareal e intermareal	55
6. REFERENCIAS.	58
7. ANEXOS.	64

Figuras

Figura 1. Área de estudio y puntos de lance de derivadores. Campaña verano 2023.	10
Figura 2. Derivadores. A: Diseño. B: Derivador en agua. Campaña verano 2023.	11
Figura 3. Ubicación de las estaciones en que se realizó el muestreo de agua. Campaña verano 2023.	13
Figura 4. CTDO Seabird 19 plus. Campaña verano 2023.	14
Figura 5. Botella Niskin 5 L para muestreo agua de mar. Campaña verano 2023.	15
Figura 6. Ubicación de las estaciones en que se realizó el muestreo de sedimentos intermareales y submareales. Campaña verano 2023.	17
Figura 7. Draga Van Veen para muestreo sedimentos. Campaña verano 2023.	18
Figura 8. Corer para análisis comunitario. Campaña verano 2023.	19
Figura 9. Curvas hipotéticas de K-dominancia para la abundancia y la biomasa de especies de fondos sedimentarios. Se muestran los tres escenarios posibles de detectar con este método: a) no perturbada, b) moderadamente perturbada, y c) perturbada. Imágenes extraídas de Clarke y Warwick (2001).	21
Figura 10. Curva de Marea para el día 22 de marzo del año 2023. Antofagasta.	23
Figura 11. Trayectoria de derivadores en el área de estudio. Sicigia lunar, marea Llenante (Rojo derivador 1 metro. Amarillo derivador 8 metros).	24
Figura 12. Trayectoria de derivadores en el área de estudio. Cuadratura lunar, marea vaciante (Rojo derivador 1m. Amarillo derivador 8 metros).	25
Figura 13. Perfiles verticales de densidad (sigma-t) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.	26
Figura 14. Perfiles verticales de oxígeno disuelto (ml/L) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.	27
Figura 15. Perfiles verticales de turbidez (NTU) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.	28
Figura 16. Perfiles verticales de temperatura (°C) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.	29
Figura 17. Perfiles verticales de salinidad (psu) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.	30
Figura 18. Perfiles verticales de pH para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.	31
Figura 19. Valores de las concentraciones (mg/L) de Fosfato (PO ₄) y Nitrato (NO ₃) presentes en las muestras de agua de mar para las estaciones costeras y mar adentro. Verano 2023.	33
Figura 20. Valores de las concentraciones (NMP/100ml) de Coliformes totales presentes en las muestras de agua de mar para las estaciones del área de influencia de la descarga y estación control. Verano 2023.	34
Figura 21. Valores de las concentraciones (UFC/ml) de recuento de heterótrofos presentes en las muestras de agua de mar para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.	35
Figura 22. Proporción granulométrica de los sedimentos submareales de Antofagasta (Calama y El Cuadro) por estación de muestreo, según clasificación de Wentworth (1922). Grava muy fina: 4-2 mm; Arena muy gruesa: 2-1mm; Arena gruesa: 1-0,5 mm; Arena media: 0,5-0,25; Arena fina: 0,25-0,125 mm; Arena muy fina: 0,125-0,062 mm; Limo y arcilla: <0,062mm. Verano 2023.	37
Figura 23. Contenido de Carbono Orgánico Total (%) en los sedimentos submareales. Verano 2023.	37

Figura 24. A). Proporción granulométrica de los sedimentos intermareales de Antofagasta (Calama y El Cuadro) por estación de muestreo, según clasificación de Wentworth (1922). Grava muy fina: 4-2 mm; Arena muy gruesa: 2-1mm; Arena gruesa: 1-0,5 mm; Arena media: 0,5-0,25; Arena fina: 0,25-0,125 mm; Arena muy fina: 0,125-0,062 mm; Limo y arcilla: <0,062mm. **B).** Contenido de Carbono Orgánico Total (%) en los sedimentos intermareales. Verano 2023.....39

Figura 25. Abundancia (ind/m²) de los principales grupos taxonómicos y de la macrofauna total del submareal de fondos blandos. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama Campaña verano 2023.41

Figura 26. Análisis de la clasificación jerárquica basado en el índice de similitud de Bray-Curtis, para datos de abundancia en las estaciones de muestreo. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023. Fuente: Ceamar43

Figura 27. Biomasa (g/m²) de los principales grupos taxonómicos y de la macroinfauna total del submareal de fondo blando en las estaciones de muestreo. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023 Fuente: Ceamar.45

Figura 28. Riqueza de los principales grupos taxonómicos y de la macroinfauna total del submareal de fondo blando en las estaciones de muestreo. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023 Fuente: Ceamar.48

Figura 29. Curvas de k-dominancia de la macrofauna de fondos blandos en sector Playa El Cuadro y sector Calle Calama. Campaña verano 2023. Fuente: Ceamar.49

Tablas

Tabla I. Coordenadas de los puntos de lance de los derivadores para el estudio de correntometría lagrangiana (Datum WGS - 84). Campaña verano 2023.....	10
Tabla II. Coordenadas de las estaciones de muestreo de agua. (Datum: WGS 84). Campaña verano 2023.	12
Tabla III. Parámetros químicos medidos en muestras de agua de la zona de estudio. Se indica el parámetro y el laboratorio de análisis.....	16
Tabla IV. Coordenadas de las estaciones de muestreo de sedimentos submareales e intermareales. (Datum: WGS 84). Campaña verano 2023.....	16
Tabla V. Promedio de la dirección y magnitud media de las corrientes durante llenante.	24
Tabla VI. Promedio de la dirección y magnitud media de las corrientes durante la marea vaciante.	25
Tabla VII. Concentración de parámetros, generales, orgánicos, inorgánicos y microbiológicos en muestras de agua (superficie) de las estaciones costeras. Verano 2023.....	35
Tabla VIII. Concentración de parámetros generales, orgánicos, inorgánicos y microbiológicos en muestras de agua (superficie, 5 metros y 10 metros) de las estaciones mar adentro. Verano 2023.....	35
Tabla IX. Concentración de parámetros microbiológicos en muestras de agua (superficie, 5 metros y 10 metros) de las estaciones de influencia y control de la descarga submarina. Verano 2023.....	36
Tabla X. Abundancia (ind/ m ²) de macrofauna del submareal de fondos blandos. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023.....	42
Tabla XI. Biomasa (gr/ m ²) de macrofauna del submareal de fondos blandos. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023.....	46
Tabla XII. Riqueza, diversidad (Shannon) y uniformidad de macrofauna del submareal de fondos blandos. Sector Playa el Cuadro y sector Calle Calama. Campaña verano 2023.....	48
Tabla XIII. Abundancia (ind/ m ²) de macrofauna del intermareal de arena. Sector Playa el Cuadro y sector calle Calama. Campaña verano 2023.	50
Tabla XIV. Biomasa (g/m ²) de macrofauna del intermareal de arena. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023.....	50

1. RESUMEN.

La Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios S.A. (ECONSSA) ha solicitado a CEAMAR realizar el Plan de Vigilancia Ambiental de su Proyecto Ampliación de la Planta de Pretratamiento de Aguas Servidas, en particular, a lo referente a mediciones de calidad de agua, sedimentos y biota del cuerpo receptor, ubicado en la zona costera de Antofagasta, donde se realiza la descarga submarina, de acuerdo con lo definido en la RCA N°230-2014. La evaluación consta de toma de muestras de agua en 15 estaciones y muestras de sedimentos en 8 estaciones (6 submareales y 2 intermareales). Todas las muestras fueron enviadas a un laboratorio acreditado ETFA (SGS). Además, se determinaron características químicas y físicas de la columna de agua *in situ* como temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, densidad y turbidez. En las estaciones usadas para monitorear sedimentos también se caracterizaron las comunidades de infauna. También, se realizaron mediciones de corrientes lagrangianas en dos puntos ubicados uno al norte del punto de descarga y el otro al sur, con el objetivo de determinar la dinámica de las corrientes locales al momento del muestreo.

Las condiciones intrínsecas de la columna de agua como corrientes, temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto son esperables para la época del año y no se observan alteraciones producto de la operación del emisario. Una disminución en la turbiedad respecto de la campaña anterior fue observada. Los parámetros químicos medidos se encuentran dentro de los parámetros normales para el agua de mar. Se observa presencia de coliformes fecales y totales en las estaciones más cercanas al emisario, al igual que la presencia de heterótrofos, en concentraciones similares a las observadas en la campaña de verano, pero que son observadas periódicamente a lo largo de los muestreos del PVA, probablemente debido a variabilidad de las condiciones ambientales que faciliten la dispersión del flujo proveniente del emisario.

La caracterización granulométrica de los sedimentos marinos fue similar a la observada en el pasado, con un dominio de arenas gruesas, explicada por las dinámicas costeras del sector.

Las comunidades de la infauna submareal presentaron una diversidad, riqueza y composición de especies esperables para la latitud estudiada., sin perturbación ambiental, excepto en las estaciones más someras, expuestas a las marejadas invernales. Las comunidades intermareales de playas de arenas presentaron una mínima riqueza y composición de especies, compuesta por especies oportunistas, típicas de playas reflectivas muy expuestas al oleaje.

Como conclusión, no se aprecia un impacto ambiental atribuible al emisario en el ambiente biótico y abiótico el sector.

2. INTRODUCCIÓN.

La Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios S.A. (ECONSSA) ha solicitado a Ceamar, realizar el 45° informe del Plan de Vigilancia Ambiental de su Proyecto Ampliación de la Planta de Pretratamiento de Aguas Servidas, en particular en lo referente a las mediciones de calidad de agua, sedimentos y biología de la calidad del cuerpo receptor, ubicado en la zona costera frente a Antofagasta, donde se realiza la descarga submarina, de acuerdo con lo definido en la RCA N°230-2014.

A continuación, se entregan los resultados de los estudios marinos desarrollados en una campaña de mediciones de campo realizada entre los días 21 y 22 de marzo de 2023. (agua y sedimentos)

Los monitoreos y la toma de muestras fueron realizadas por CEAMAR, empresa autorizada como ETFA para el alcance muestreo de agua de mar y sedimentos marinos ante la SMA. Las muestras fueron enviadas al laboratorio autorizado ETFA SGS.

2.1.- Alcances

Los alcances de este estudio fueron estructurados en consideración a la legislación ambiental vigente en nuestro país. En lo concerniente a los aspectos propios de los estudios y muestreos marinos, estos fueron desarrollados bajo estricto cumplimiento de las normas de la autoridad marítima y todas las disposiciones vigentes para este tipo de tareas. A continuación, se destacan los principales cuerpos normativos contemplados en la realización de este estudio:

- Ley 19300 de Bases del Medioambiente
- Reglamento del Sistema de Evaluación Ambiental D.S. N°30/97 MINSEGPRES
- Resolución 223/2015 de Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).
- Permisos correspondientes al D. S. N° 711 DIRECTEMAR y la tenencia de las licencias vigentes que acreditan la autorización para las actividades de navegación, buceo y otras que se consideran de riesgo.

2.2.- Objetivos.

Objetivo general

Monitorear los potenciales efectos ambientales que pudiese generar el proceso de descarga submarina del agua de la Planta de Tratamiento, en la costa de Antofagasta.

Objetivos específicos

1. Determinar las características físico-químicas de la columna de agua del sector entorno a la descarga submarina.
2. Determinar las características físico-químicas del sedimento submareal del sector Playa El Cuadro y Calama
3. Caracterizar las comunidades biológicas tanto intermareales como submareales del sector Playa El Cuadro y Calama
4. Integrar la información y analizarla comparativamente con la legislación vigente y con estándares internacionales de calidad de agua, sedimentos y biología.

3. MATERIALES y MÉTODOS.

3.1.- Física y química de la columna de agua.

3.1.1.- Correntimetría lagrangiana

Las corrientes marinas corresponden al desplazamiento horizontal de un cierto volumen de agua por unidad de tiempo en un lugar determinado. La intensidad y dirección de este movimiento es función de las fuerzas generadoras, que a su vez son altamente variables. En zonas costeras, la topografía local ejerce una gran influencia en este movimiento, de tal forma que, para caracterizar el patrón general de circulación, es necesario conocer la trayectoria (movimiento Lagrangiano) que sigue una porción específica de agua de mar, la cual es el resultado del balance de fuerzas que actúan sobre él. Por lo tanto, este movimiento refleja el resultado final de estos agentes forzantes, sin identificarlos ni cuantificarlos, pero permitiendo obtener una visión general del sistema de circulación de un área determinada. Bajo esta perspectiva, los comportamientos y magnitudes del campo de velocidades son indicadores del transporte de masa del cuerpo de agua y de los procesos de mezcla que ocurren en el mismo. El estudio de estos es de utilidad para prevenir efectos de contaminación por desechos que se comportan conservativamente y que se viertan en el área de estudio.

Los parámetros oceanográficos medidos durante la presente campaña y el período de mediciones en el cual se realizaron se listan a continuación:

Correntimetría con Derivadores (Lagrangiana): 22 de marzo de 2023.

Marea: Pub. SHOA "Tablas de Marea de la Costa de Chile, 2023".

El estudio de correntimetría con derivadores se realizó en dos puntos de lance seleccionados al norte y sur del punto de descarga del emisario submarino (Figura 1), en período de cuadratura lunar (mareas de menor magnitud) y condición mareal de vaciante (tiempo que transcurre desde la marea alta a la baja) y llenante (tiempo que transcurre desde la marea baja al alta). Los puntos de lanzamiento se muestran en la Tabla I.

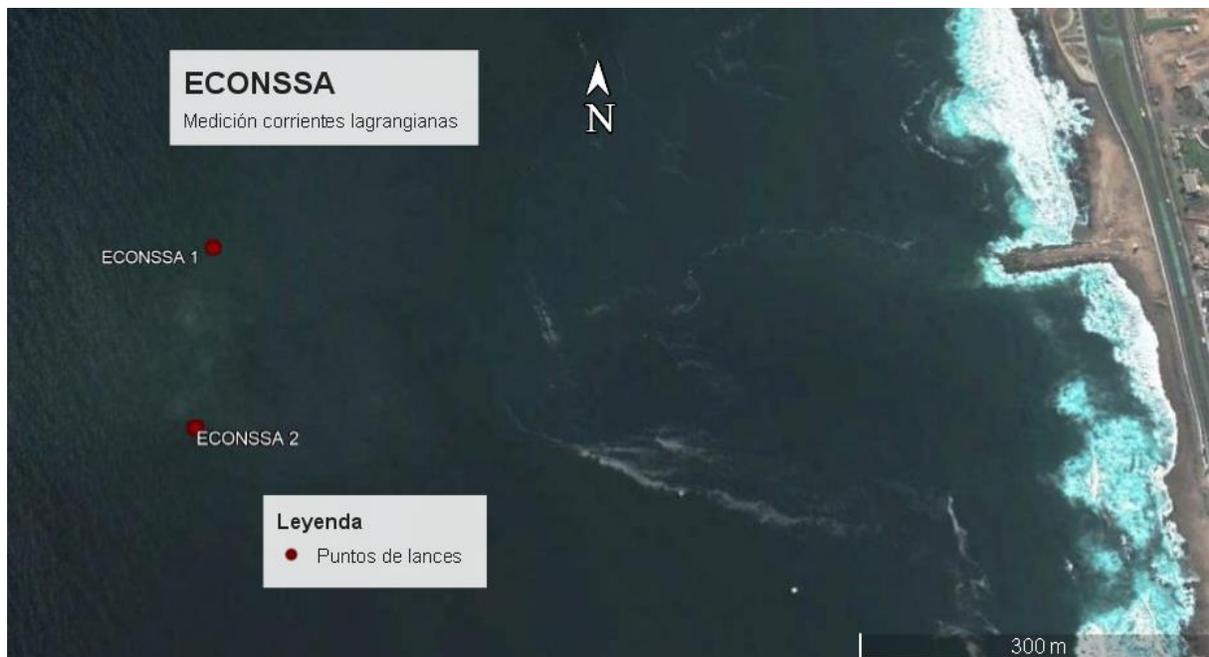


Figura 1. Área de estudio y puntos de lance de derivadores. Campaña verano 2023.

Tabla I. Coordenadas de los puntos de lance de los derivadores para el estudio de correntimetría lagrangiana (Datum WGS - 84). Campaña verano 2023.

Punto	Coordenadas	
	Este	Norte
ECONSSA 1	357102	7388066
ECONSSA 2	357102	7387896

Fuente: Ceamar.

En cada punto se desplegaron derivadores del tipo veleta cruzada, a nivel superficial (1 metro) y 8 metros de profundidad. Cada derivador constaba además de un mástil solidario al elemento de flotación, en el cual se dispusieron pequeñas banderolas identificadoras de diferentes colores (Figura 2). El recorrido de los derivadores fue seguido desde una embarcación menor y posicionado mediante sistema GPS. A partir de las sucesivas posiciones que asume el derivador en cada lance se determinó la dirección y magnitud de las corrientes asociadas, confeccionándose tablas resumen para cada punto en particular. Los resultados generales de estas experiencias son presentados a modo de Data Report (ver Anexo 1).

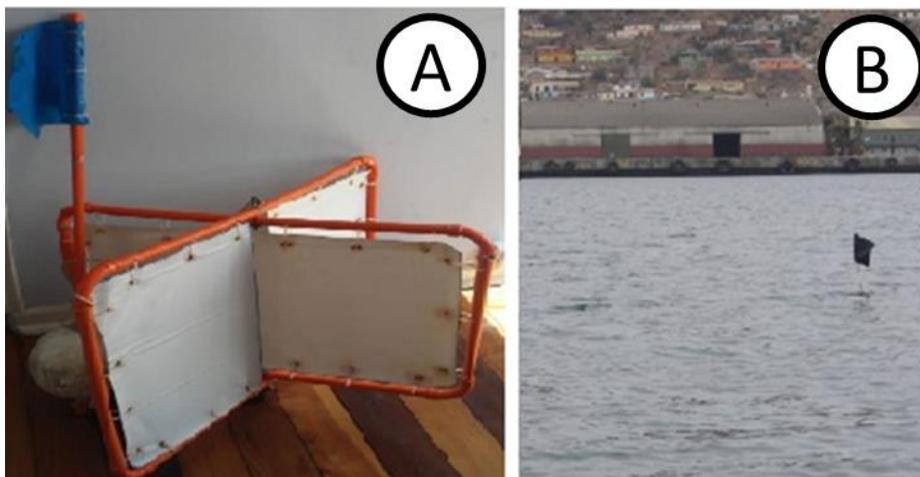


Figura 2. Derivadores. A: Diseño. B: Derivador en agua. Campaña verano 2023.

➤ Marea

La información base de marea utilizada en el presente estudio fue obtenida a partir de la Pub. SHOA “Tablas de Marea de la Costa de Chile, 2023”, publicación oficial editada por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. Al respecto, se trabajó con los datos de ocurrencia de pleamares y bajamares (y sus respectivas alturas de marea), del puerto patrón de Antofagasta.

3.1.2.-Parámetros físicos-químicos de la columna de agua

La posición y ubicación de las estaciones de muestreo se muestran en la Tabla II y en la Figura 3. La estación E Control es considerada control por encontrarse a una mayor distancia de la zona de influencia de la descarga submarina. El resto de las estaciones corresponden a las estaciones ubicadas en el sector más cercano a la zona de descarga del emisario divididas en tres grupos: Las estaciones E-1 a E-8 son las estaciones sólo de monitoreo de parámetros microbiológicos. Las estaciones C-1 a C-3, son estaciones definidas como costeras, donde además de los parámetros microbiológicos también se monitorearon parámetros inorgánicos, orgánicos y generales. Las estaciones M-1 a M-3 son las estaciones definidas como de mar adentro con un monitoreo igual al descrito para las estaciones costeras. Además, en las estaciones costeras y mar adentro se realizaron perfiles de oxígeno disuelto, turbidez y densidad.

Tabla II. Coordenadas de las estaciones de muestreo de agua. (Datum: WGS 84). Campaña verano 2023.

Estaciones	Coordenadas (UTM)			
	E	N	Química y microbiología	Física
E-1	357.650	7.387.609	X	-
E-2	357.157	7.387.472	X	-
E-3	357.075	7.387.986	X	-
E-4	357.000	7.388.500	X	-
E-5	357.683	7.388.527	X	-
E-6	357.138	7.390.153	X	-
E-7	357.096	7.391.603	X	-
E-8	356.690	7.392.499	X	-
E-Control	356.949	7.386.191	X	-
C-1	357.751	7.388.345	X	X
C-2	357.767	7.388.153	X	X
C-3	357.775	7.387.777	X	X
M-1	357.513	7.388.387	X	X
M-2	357.519	7.388.099	X	X
M-3	357.556	7.387.788	X	X

Fuente: Ceamar

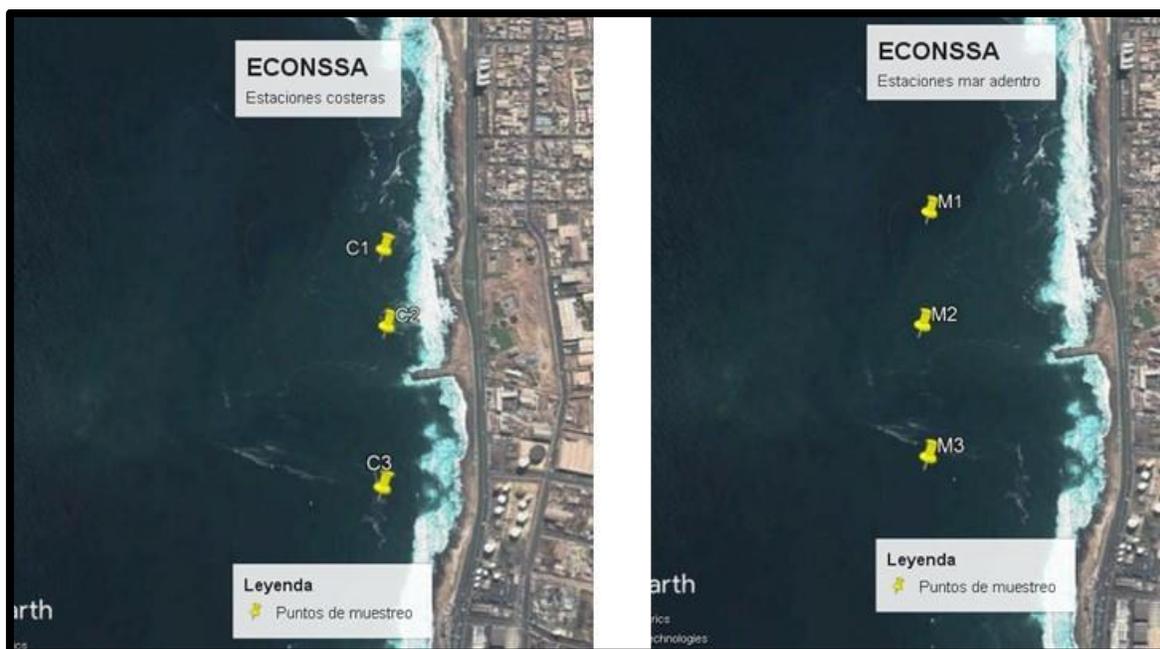


Figura 3. Ubicación de las estaciones en que se realizó el muestreo de agua. Campaña verano 2023.

Los parámetros físicos determinados en la columna de agua fueron: densidad, turbidez, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y pH. Estos parámetros fueron medidos *in situ* mediante un CTD modelo Seabird 19 plus (Figura 4), el cual cuenta con las calibraciones definidas por el fabricante. Los registros de calibración de fábrica se presentan en sección anexos. El instrumento ejecuta integraciones de la magnitud de los parámetros a medida que desciende por la columna de agua hasta la profundidad máxima permisible en cada estación. La información recolectada

se guardó en la memoria sólida de la sonda para luego ser transferida a un PC para su posterior procesamiento.

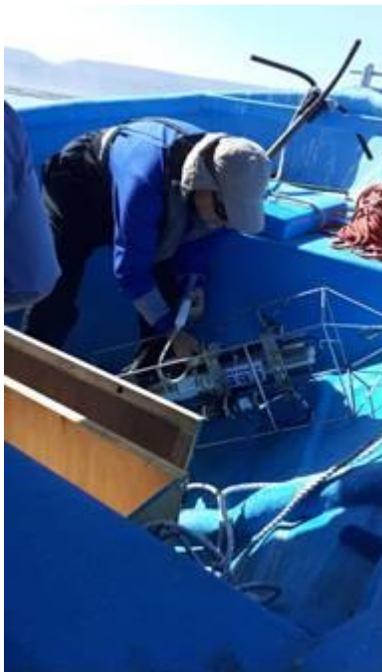


Figura 4. CTDO Seabird 19 plus V2. Campaña verano 2023.

Los parámetros químicos medidos en la columna de agua se muestran en la Tabla III. La obtención de las muestras para el análisis de agua se realizó mediante una botella oceanográfica Niskin de 5 litros (Figura 5). Las muestras fueron tomadas en todas las estaciones (Tabla II). En las estaciones identificadas como de monitoreo (E) y mar adentro (M) se colectaron muestras de agua en tres niveles de profundidad: superficie (0,3 m), 5 metros y 10 metros. En tanto para las estaciones costeras (C) sólo se tomaron muestras de superficie. Para cada una de las estaciones y niveles de muestreo se obtuvo una muestra única. Las muestras obtenidas fueron traspasadas directamente a los frascos provenientes de los laboratorios analíticos y conservadas en estos de manera de evitar contaminación externa. Luego los frascos fueron debidamente rotulados, enfriados con gel-pack de manera de mantener la temperatura bajo los 4°C y despachados a los laboratorios para su análisis, con su respectiva cadena de custodia para asegurar la trazabilidad de los resultados. Los análisis fueron realizados por el laboratorio CEA, según el parámetro de acuerdo con lo indicado en la Tabla III.



Figura 5. Botella Niskin 5 L para muestreo agua de mar. Campaña verano 2023.

Los resultados de las variables oxígeno disuelto, así como la concentración de parámetros, se compararon con la guía de la CONAMA (2004) referente a normas secundarias de agua de mar, la cual permite la clasificación de las aguas de acuerdo con las siguientes clases.

Clase 1: Muy buena calidad. Indica agua apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.

Clase 2: Buena calidad. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas y para los usos comprendidos en la Clase 3.

Clase 3: Regular calidad. Indica agua apta para actividades portuarias, navegación u otros usos de menor requerimiento en calidad de agua.

Tabla III. Parámetros químicos medidos en muestras de agua de la zona de estudio. Se indica el parámetro y el laboratorio de análisis.

PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDAD	LÍMITE CUANTIFICACIÓN
Aceites y Grasas*	SM 5520 C (ETFA 003-01)	mg/L	1.0
Coliformes fecales*	SM 9221 E.1 (ETFA 003-01)	NMP/100 ml	1.8
Coliformes totales*	SM 9221 B (ETFA 003-01)	NMP/100 ml	1.8
Heterótrofos*	SM 9215 B (ETFA 003-01)	UFC	1.0
DBO5 a 20°C*	SM 5210 B Ed23, 2017	mg/L	2.0
Detergente (SAAM)	SM 5540 C Ed23, 2017	mg/L	0.02
Fosfato	SM 4500 P E Ed22, 2012	mg/L	0.0015
Nitrato	PTL-8 versión 7	mg/L	0.155
Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D Ed 23, 2017	mg/L	0.3
Sólidos sedimentables	SM 2540 F Ed 23, 2017	ml/L	0.3

*: Subcontrato CEA a Hidrolab
Fuente: Ceamar.

3.2.- Física y química de sedimentos.

Para determinar la granulometría y el COT de los sedimentos del sector de estudio se sacaron muestras en seis estaciones submareales y dos estaciones intermareales (Tabla IV, Figura 6). Las muestras fueron sacadas mediante una draga Van Veen de 0,1 m² de mordida (Figura 7). De la draga se sacó una muestra de la capa superficial del sedimento. Esta muestra de aproximadamente 1 kg se guardó en frascos, los cuales fueron debidamente etiquetados y enviados al laboratorio correspondiente para su análisis. Las características físicas del sedimento fueron determinadas siguiendo a Buchanan & Kain (1971). La granulometría textural de los sedimentos fue realizada tamizando y separando de acuerdo con el tamaño de la partícula, grava (> 2000 µm), arena (2000-63 µm) y fango (< 63 µm). El análisis de clasificación fue realizado utilizando la escala de Udden-Wenwhort (1922). Los análisis de granulometría fueron realizados por el laboratorio CEA. Para el análisis de COT, CEA subcontrata a laboratorios ANAM (ambos autorizados ETFA para dichos análisis).

Tabla IV. Coordenadas de las estaciones de muestreo de sedimentos submareales e intermareales. (Datum: WGS 84). Campaña verano 2023.

Estaciones	Coordenadas (UTM)	
	E	N
Calama-1	357.083	7.386.348
Calama-2	357.132	7.386.327
Calama-3	357.287	7.386.347
El Cuadro-1	357.179	7.385.634
El Cuadro-2	357.061	7.385.641
El Cuadro-3	356.950	7.385.639
Calama intermareal	357.572	7.386.577
El Cuadro intermareal	357.568	7.385.693

Fuente: Ceamar.



Figura 6. Ubicación de las estaciones en que se realizó el muestreo de sedimentos intermareales y submareales. Campaña verano 2023.



Figura 7. Draga Van Veen para muestreo sedimentos. Campaña verano 2023.

3.4.- Evaluación de componente biótico.

3.4.1.- Intermareal de arena

➤ Área de estudio

La zona de estudio se encuentra en la zona costera de Antofagasta, donde los sectores compuestos por arena son de pequeñas dimensiones y se encuentran separados por tramos de rocas. Para efectos del muestreo se ubicaron dos grupos de estaciones, ubicadas una frente a la Calle Calama y la otra en el sector de playa El Cuadro. Las coordenadas de cada una de las estaciones se muestran en la Tabla IV y su ubicación espacial en la Figura 6, y se corresponden con las estaciones donde se evaluó el sedimento.

En cada estación se tomó una muestra mediante un corer de PVC de 0,01 m² de área muestral, los cuales se enterraron a una profundidad de 10 cm (Figura 8). Las muestras fueron guardadas en bolsas de polietileno con cuidado de no romperlas, fueron etiquetadas y fijadas en formalina al 4% diluida en agua de mar.



Figura 8. Corer para análisis comunitario. Campaña verano 2023

➤ Análisis en laboratorio de la infauna

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio donde fueron lavadas con agua de mar y filtradas a través de un tamiz de 1mm de abertura de malla. La fauna encontrada fue separada e identificada al nivel taxonómico más bajo posible, mediante lupa estereoscópica. Los *taxa* identificados fueron contados y pesados mediante una balanza semianalítica con una sensibilidad de 0,001 g.

➤ Análisis de los datos

Para cada una de las estaciones se obtuvo la abundancia y biomasa de la totalidad de las especies o grupos taxonómicos identificados. Se calculó para cada uno de los transectos su riqueza específica y los índices de diversidad de Shannon (en base log e) y uniformidad de Pielou.

➤ Índice de Bray-Curtis.

Para establecer las posibles similitudes observadas entre los agregados de las distintas estaciones de muestreo, se realizó un análisis de clasificación jerárquica de conglomerados, usando el índice de Bray-Curtis, según la siguiente ecuación (4):

$$(4) S_{jk} = [100 * \sum (X_{ij} - X_{ik})] / [\sum (X_{ij} + X_{ik})]$$

Donde X_{ij} y X_{ik} es la abundancia de la especie (taxón) i en la estación j y k , respectivamente, y referido como porcentaje de disimilitud. Este índice es robusto porque incorpora el coeficiente presencia/ausencia de las especies, junto con sus respectivas abundancias. Previamente, los datos fueron transformados con el método de raíz cuarta para minimizar las variaciones de las abundancias intraespecíficas. Posteriormente los conglomerados fueron construidos mediante el método de agrupamiento UPGMA, que construye el conglomerado en base a los promedios aritméticos de su similitud.

➤ Curvas de k-dominancia.

El grado de perturbación a la que se encontraba sometida la macroinfauna de cada estación fue examinado mediante las curvas de k-dominancia (Warwick, 1986), las cuales comparan las curvas de abundancia y biomasa de los *taxa* ocurriendo en cada una de las estaciones muestreadas. Este análisis muestra que, en una comunidad no perturbada, la curva de la biomasa está por sobre la de abundancia, mientras que, en una comunidad perturbada, la curva de la abundancia se encuentra por sobre la de la biomasa (Figura 9). Esto se debe a que en comunidades sin perturbación se observa un predominio de especies k estrategas, las cuales poseen un ciclo de vida más largo y que habitualmente alcanzan tallas y biomasa mayores, aunque su abundancia es menor. Por el contrario, un predominio de la abundancia sobre la biomasa se observa en aquellas comunidades dominadas por especies oportunistas del tipo r estrategas, que se caracterizan por ser especies de ciclo de vida más corto, mayor abundancia y tamaños menores.

Cuando las curvas están muy próximas o incluso si se entrecruzan, el análisis sugiere que la comunidad está bajo un efecto perturbador moderado. Este análisis de curvas ABC ha sido una técnica ampliamente utilizada para evaluar el grado de “salud ambiental” de un determinado hábitat (e.g Warwick 1986; Warwick et al. 1987). Sin embargo, eventos poblacionales como reclutamientos (i.e. presencia de numerosos individuos pequeños con baja biomasa) pueden alterar significativamente tales análisis e inducir a interpretaciones erróneas (Beukema, 1988).

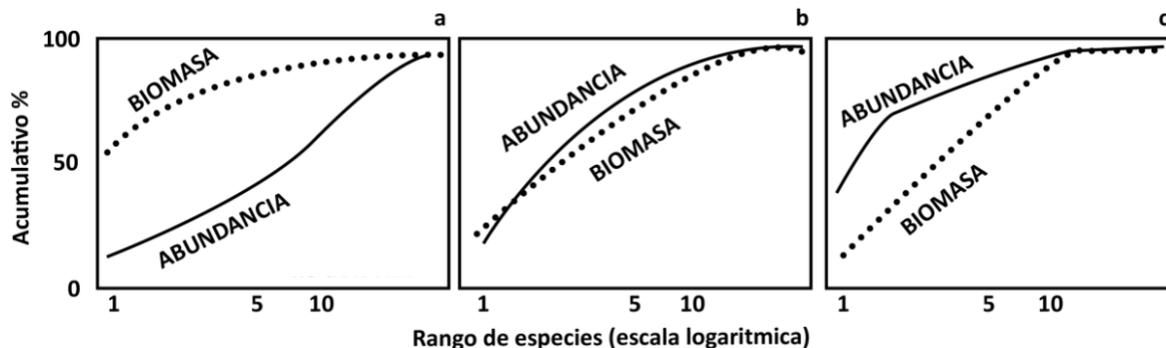


Figura 9. Curvas hipotéticas de K-dominancia para la abundancia y la biomasa de especies de fondos sedimentarios. Se muestran los tres escenarios posibles de detectar con este método: a) no perturbada, b) moderadamente perturbada, y c) perturbada. Imágenes extraídas de Clarke y Warwick (2001).

➤ **Análisis estadísticos**

La comparación de la abundancia y biomasa de las especies entre las distintas estaciones, así como la comparación de la riqueza específica y la diversidad, se realizó mediante ANOVA de una vía, previa comprobación de la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett (Sokal & Rohlf, 1981). En caso de que las varianzas no fuesen homogéneas se realizó la transformación mediante raíz cuadrada o raíz cuarta según fuese el caso. Las diferencias se compararon por medio de la prueba a posteriori de Tukey para n iguales (Zar, 1996).

3.4.2.- Infauna submareal

➤ **Toma de muestras**

Las muestras para evaluar la infauna del sector se obtuvieron en las estaciones descritas en la Tabla IV y Figura 6.

El muestreo se realizó mediante draga Van Veen de 0,1 m² de mordida. En cada una de las estaciones, se obtuvieron tres muestras (réplicas) (18 en total). Las muestras fueron guardadas en bolsas de polietileno con cuidado de no romperlas, fueron etiquetadas y fijadas en formalina al 5% diluida en agua de mar.

➤ Análisis de laboratorio para infauna.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio donde fueron lavadas con agua de mar y filtradas a través de un tamiz de 1mm de abertura de malla. La fauna encontrada fue separada e identificada al nivel taxonómico más bajo posible, mediante una lupa estereoscópica. Los taxa identificados fueron contados y pesados mediante una balanza semianalítica con una sensibilidad de 0,001 g.

Análisis de los datos

Para cada una de las estaciones se obtuvo la abundancia y biomasa de la totalidad de las especies o grupos taxonómicos identificados. Las especies fueron agrupadas en las siguientes categorías taxonómicas: Annelida (Polychaeta), Mollusca, Arthropoda (Crustacea), y otros taxa superiores menos representativos.

Para establecer las posibles similitudes observadas entre los agregados de las distintas estaciones de muestreo, se realizó un análisis de clasificación jerárquica de conglomerados, usando el índice de Bray-Curtis, según metodología descrita en el punto anterior.

El grado de perturbación a la que se encontraba sometida la macroinfauna de cada estación fue examinado mediante las curvas de k- dominancia (Warwick, 1986), las cuales comparan las curvas de dominancia de abundancia y biomasa de los taxa ocurriendo en cada una de las estaciones muestreadas.

➤ Índices de diversidad

Con la data obtenida, se calculó la riqueza específica y los índices de diversidad de Shannon y de uniformidad de Pielou.

➤ Análisis estadísticos

La comparación de la abundancia y biomasa de las especies entre las distintas estaciones, así como la comparación de la riqueza específica y la diversidad, se realizó mediante ANOVA de una vía, previa comprobación de la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett (Sokal & Rohlf, 1981). Las diferencias se compararon por medio de la prueba a posteriori de Tukey para n iguales (Zar, 1996).

4. RESULTADOS.

4.1.- Física y química de la columna de agua.

4.1.1- Correntimetría lagrangiana

Mareas

La Figura 10 muestra las alturas del nivel del mar correspondientes al área de estudio. A partir de esta información se programaron las actividades de terreno tendientes a medir las corrientes marinas mediante métodos Lagrangianos. De igual forma se establecieron dos condiciones de medición: marea vaciante y marea llenante.

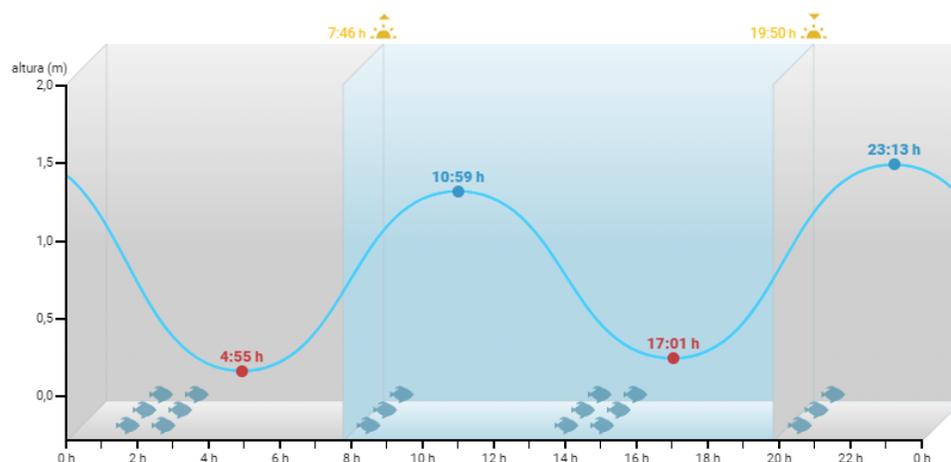


Figura 10. Curva de Marea para el día 22 de marzo del año 2023 (Imagen obtenida de tablademareas.com, Antofagasta).

Correntimetría lagrangiana

Para realizar las mediciones se posicionó un total de 8 derivadores (8 lances) de esta forma se obtuvieron 48 mediciones instantáneas y 8 velocidades medias. El detalle de estas mediciones fue:

Llenante: 4 lances – 24 mediciones instantáneas
 Vaciante: 4 lances – 24 mediciones instantáneas

Llenante.

La Figura 11 muestra las trayectorias seguidas por los derivadores (en superficie y a 8 metros de profundidad). La Tabla V muestra un resumen de la información obtenida de los lances.

Tabla V. Promedio de la dirección y magnitud media de las corrientes durante Llenante.

	ECONSSA 1		ECONSSA 2	
	Superficial	8 m	Superficial	8 m
Velocidad promedio (cm/s)	9,4	11,4	8,7	11,2
Dirección promedio	SW	SW	SW	SW

Fuente: Ceamar.

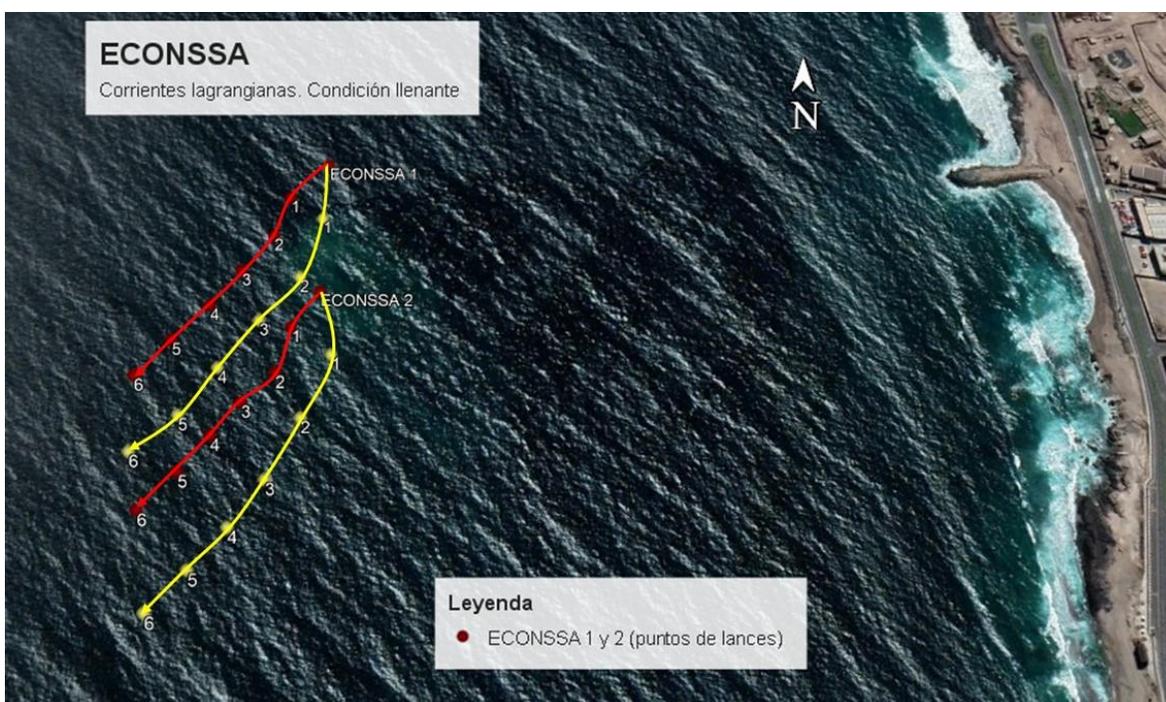


Figura 11. Trayectoria de derivadores en el área de estudio. Sicigia lunar, marea Llenante (Rojo derivador 1 metro. Amarillo derivador 8 metros).

En el punto ECONSSA 1, ubicado en la parte norte de la descarga, los derivadores superficiales se desplazaron, en promedio, con dirección SW a una velocidad de 9,4 cm/s. Los derivadores de profundidad (8 m) se desplazaron, en promedio, con dirección SW a una velocidad de 11,4 cm/s. En el punto ubicado en la parte sur de la descarga (ECONSSA 2), los derivadores superficiales se desplazaron, en promedio, con dirección SW a una velocidad de 8,7 cm/s. Los derivadores de profundidad se desplazaron, en promedio, con dirección SW a una velocidad de 11,2 cm/s (Figura 11, Tabla V).

Vaciante.

La Figura 12 muestra las trayectorias seguidas por los derivadores (superficie y 8 metros de profundidad). La Tabla VI muestra un resumen de la información obtenida de los lances.

Tabla VI. Promedio de la dirección y magnitud media de las corrientes durante la marea vaciante.

	Econssa 1		Econssa 2	
	Superficial	8 m	Superficial	8 m
Velocidad promedio (cm/s)	11,9	10,0	10,5	9,0
Dirección promedio	NE	ENE	NE	E

Fuente: Ceamar.

Durante la marea vaciante en el punto ECONSSA 1, el derivador superficial se desplazó en promedio con dirección NE a una velocidad de 11,9 cm/s. Los derivadores de profundidad (8 m) se desplazaron, en promedio, con dirección ENE a una velocidad de 10 cm/s. En el punto ubicado ECONSSA 2, los derivadores superficiales se desplazaron, en promedio, con dirección NE a una velocidad de 10,5 cm/s. Los derivadores de profundidad se desplazaron, en promedio, con dirección E a una velocidad de 9 cm/s (Figura 12, Tabla VI)

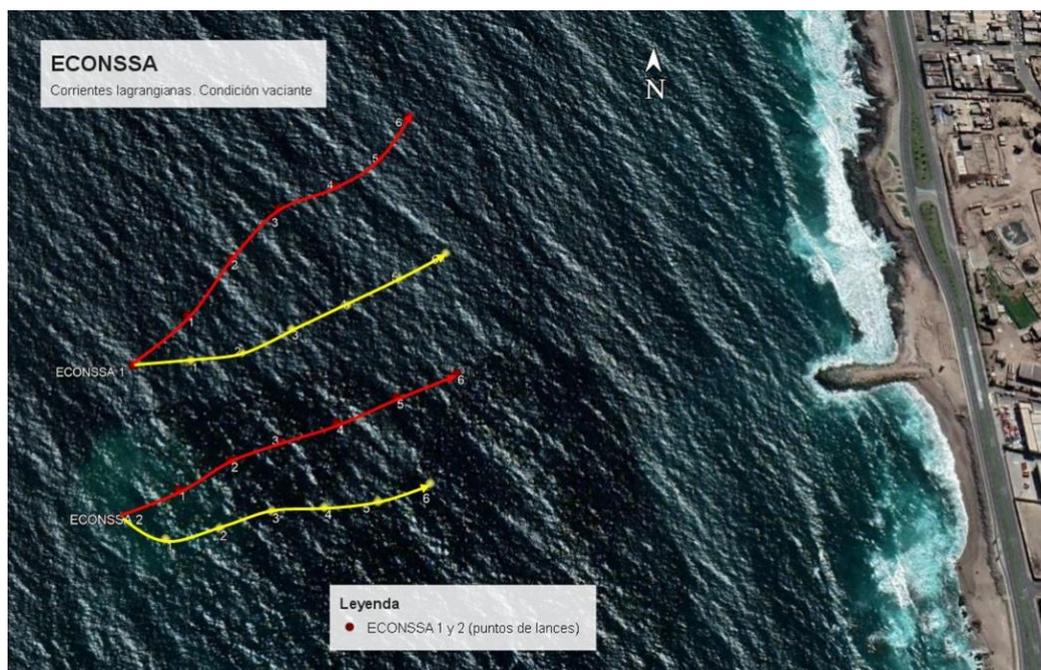


Figura 12. Trayectoria de derivadores en el área de estudio. Cuadratura lunar, marea vaciante (Rojo derivador 1m. Amarillo derivador 8 metros).

4.1.2.- Parámetros físicos y químicos de la columna de agua

➤ Densidad

Los perfiles verticales de densidad se presentan en la Figura 13. Las estaciones costeras (C-1 a C-3) presentan un aumento de densidad dentro de la columna de agua pese a la poca profundidad, con valores superficiales que van desde un mínimo de 24,418 sigma-t en la estación C-3, hasta 25,275 sigma-t en el fondo de la estación C-1 (Figura 13). Para las estaciones mar adentro (M-1 a M-3), los valores de densidad mostraron un aumento con la profundidad observándose la mayor densidad en el fondo de todas las estaciones donde la densidad alcanza un valor máximo de 26,106 sigma-t (Figura 13)

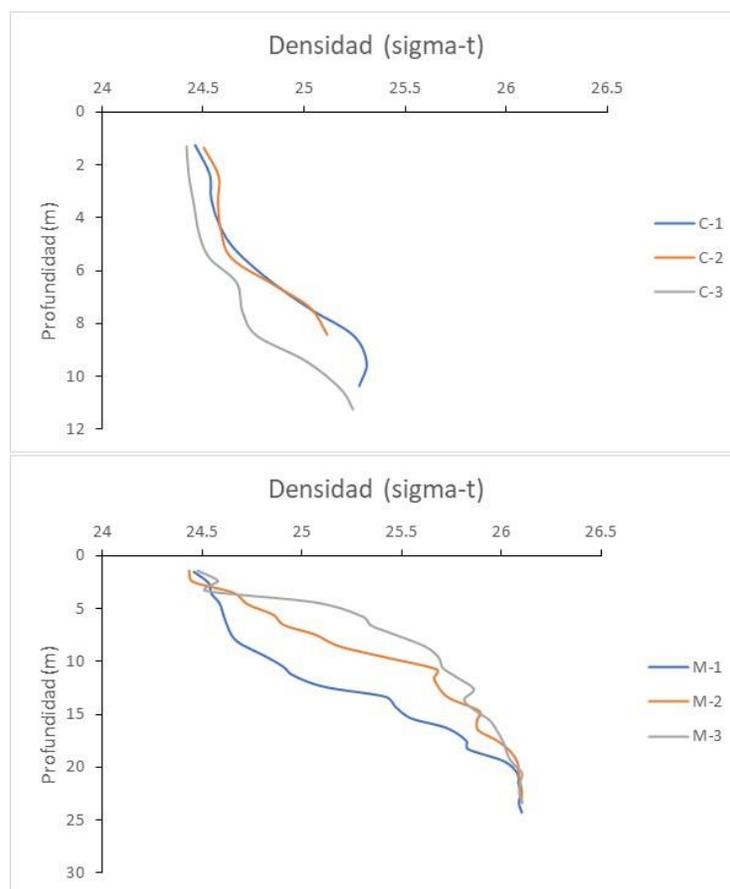


Figura 13. Perfiles verticales de densidad (sigma-t) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.

➤ **Oxígeno disuelto**

La distribución vertical de oxígeno disuelto se presenta en la Figura 14. En general para las estaciones costeras, se aprecia una mayor concentración de oxígeno en la estación C-3 con 5,32 ml/L concentración valores que disminuyen dentro de la columna de agua, esta condición es similar en las estaciones C-1 y C-3 (Figura 14). Por su parte, en las estaciones mar adentro (M-1 a M-3), las concentraciones de oxígeno presentaron un comportamiento similar a las costeras registrándose concentraciones que disminuyen dentro de la columna de agua, observándose valores superficiales entre 5,43 ml/L en la estación M-3 hasta un máximo de 5,95 ml/L en la estación M-1. Con el aumento de la profundidad ser produjo una disminución de las concentraciones hasta valores mínimos inferiores a 0,5 ml/L en todas las estaciones valores asociados a la (ZMO) zona mínima de oxígeno (Figura 14).

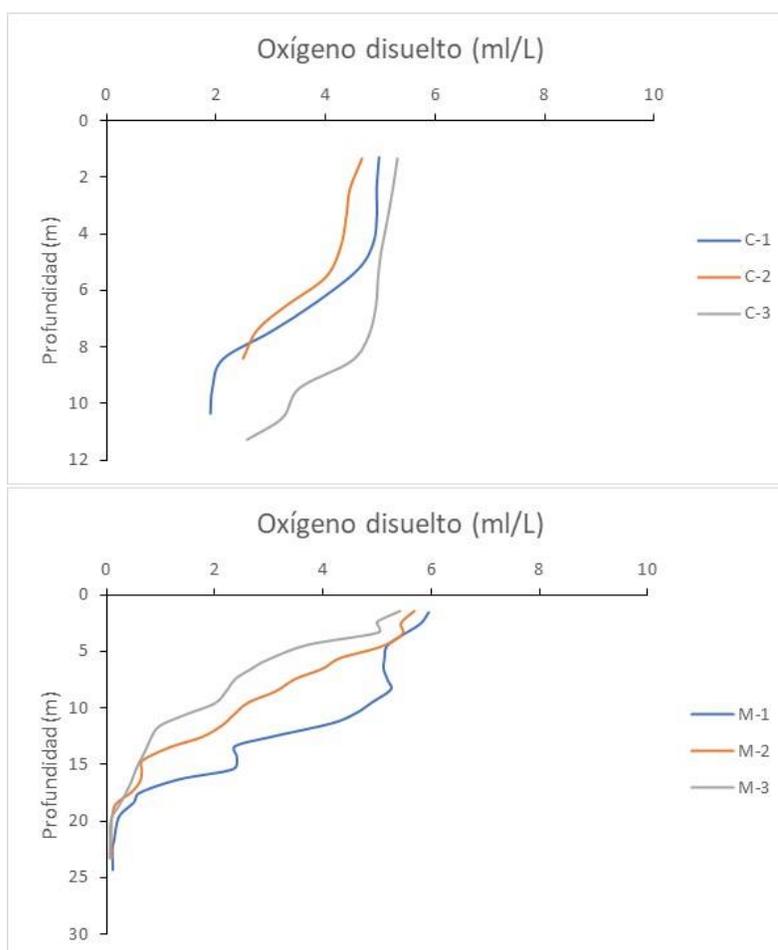


Figura 14. Perfiles verticales de oxígeno disuelto (ml/L) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.

➤ **Turbidez**

Los perfiles verticales de turbidez se aprecian en la Figura 15, donde se observan que, tanto en las estaciones costeras (C-1 a C-3) y las estaciones mar adentro (M-1 a M-3), los valores de turbidez se mantienen similares dentro de toda la columna de agua. En superficie la turbidez del agua de mar fue similar en todas las estaciones con valores máximos en torno a 2 FTU. Los registros de superficie en las estaciones costeras presentaron valores de 2,012 FTU (C-1), 2,228 FTU (C-2) y 2,062 FTU (C-3), mientras que las estaciones mar adentro, mostraron valores superficiales de 1,839 FTU, 1,661 FTU y 0,731 FTU para M-1, M-2 y M-3 respectivamente, (Figura 15).

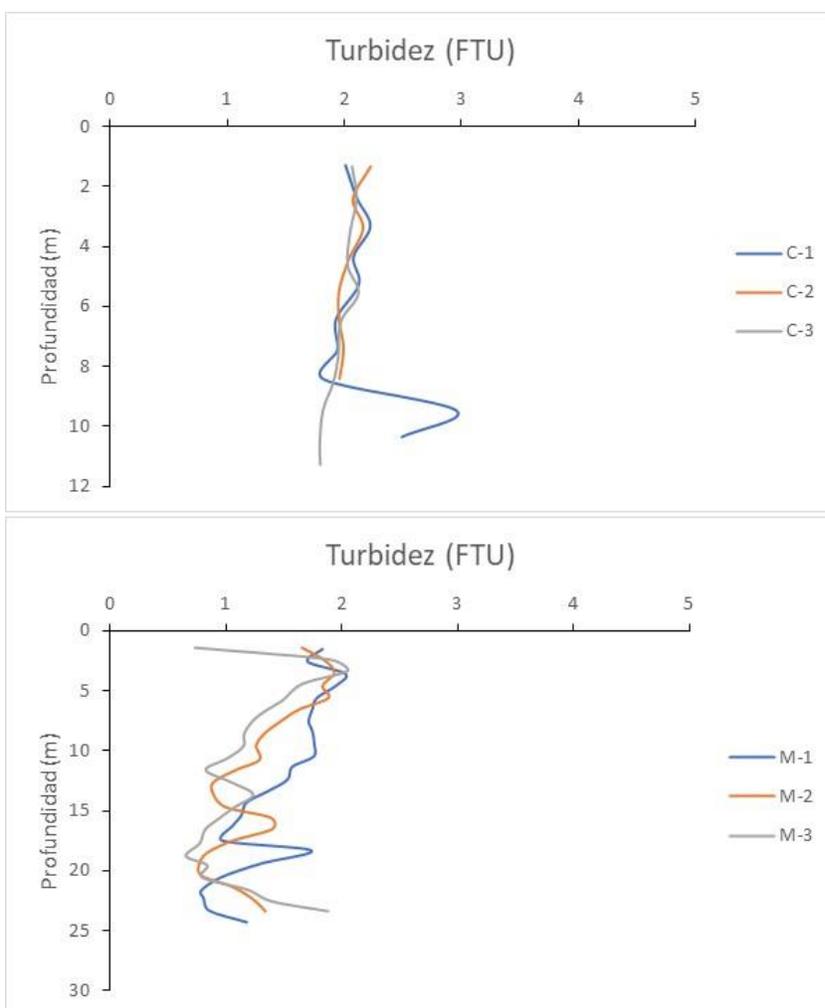


Figura 15. Perfiles verticales de turbidez (NTU) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.

➤ **Temperatura**

En la Figura 16 se presentan los perfiles verticales de temperatura, donde se aprecia que las estaciones costeras (C-1 a C-3) presentan pocas diferencias en los valores superficiales de temperatura con un mínimo de 19,98°C en la estación C-2 y un máximo de 20,24°C en la C-3. Con la profundidad la temperatura tuvo pocas variaciones en todas las estaciones, sin mostrar una termoclina. Por su parte, en las estaciones mar adentro (M-1 a M-3), los valores de temperatura superficial al igual que en las costeras presentaron pocas diferencias con registros entre los 20,09°C y 20,20°C en las estaciones M-3 y M-2 respectivamente. Con respecto a la profundidad, los registros de temperatura presentaron una disminución con la profundidad hasta un mínimo entorno a los 13,4°C en el fondo de todas las estaciones (Figura 16).

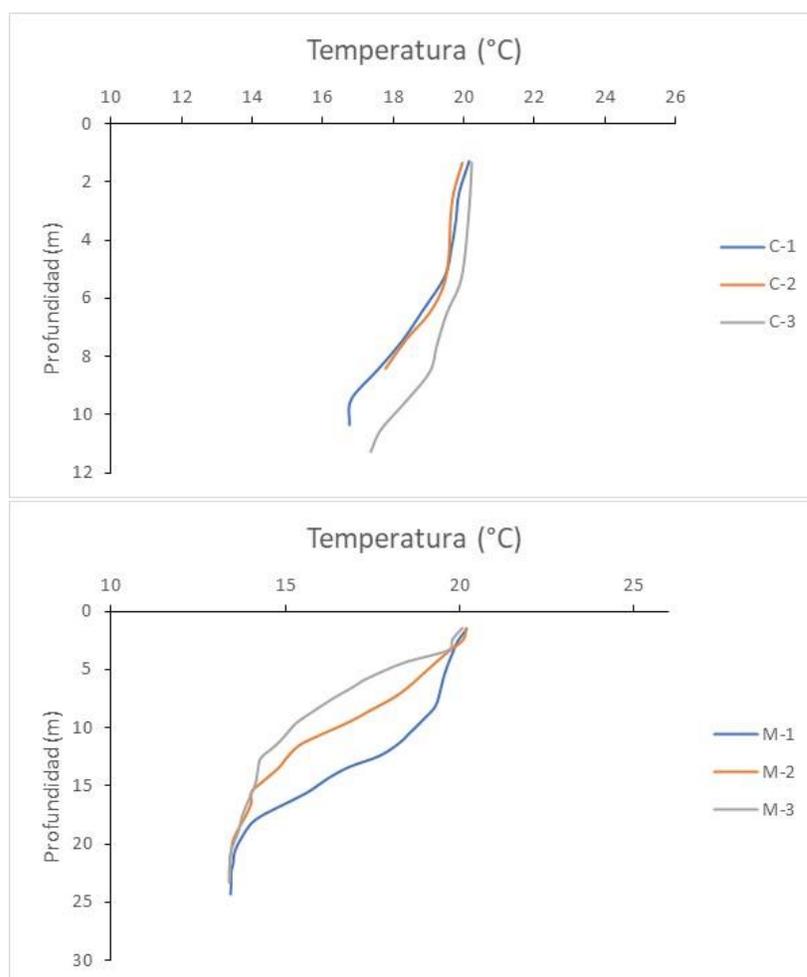


Figura 16. Perfiles verticales de temperatura (°C) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.

➤ **Salinidad**

En la Figura 17 se presentan los perfiles verticales de salinidad. En las estaciones costeras (C-1 a C-3) la salinidad presentó valores similares en toda la columna de agua con valores entre los 34,633 y 34,763 psu de superficie a fondo. En tanto, en las estaciones mar adentro (M-1 a M-3), los valores de salinidad presentaron un valor similar en toda la columna de agua con valores entre 34,641 psu en la superficie de la estación M-2 y 34,735 psu el fondo de la estación M-1 (Figura 17).

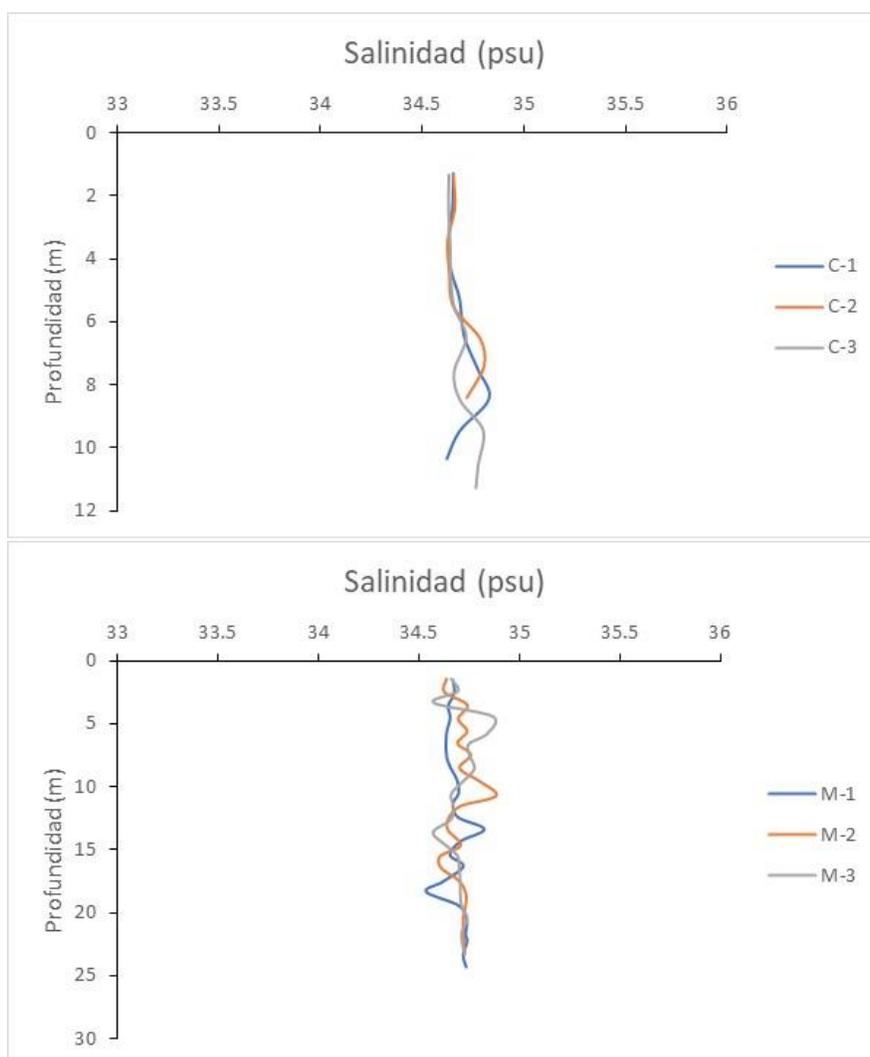


Figura 17. Perfiles verticales de salinidad (psu) para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.

➤ **pH**

Los perfiles verticales de pH se aprecian en la Figura 18, donde se observa que, tanto en las estaciones costeras (C-1 a C-3) y las estaciones mar adentro (M-1 a M-3), el pH se mantiene estable en toda la columna de agua (Figura 18). Los registros de superficie en las estaciones costeras presentaron valores de 8,451 (C-1), 8,504 (C-2) y 8,584 (C-3) en superficie. Por otra parte, en las estaciones mar adentro (M-1 a M-3), los valores de pH superficiales fueron de 8,57 (M-1), 8,524 (M-2) y 8,471 (M-3) Figura 18. Los valores superficiales registrados en todas las estaciones clasifican como Clase 1 según guía CONAMA. (Figura 18).

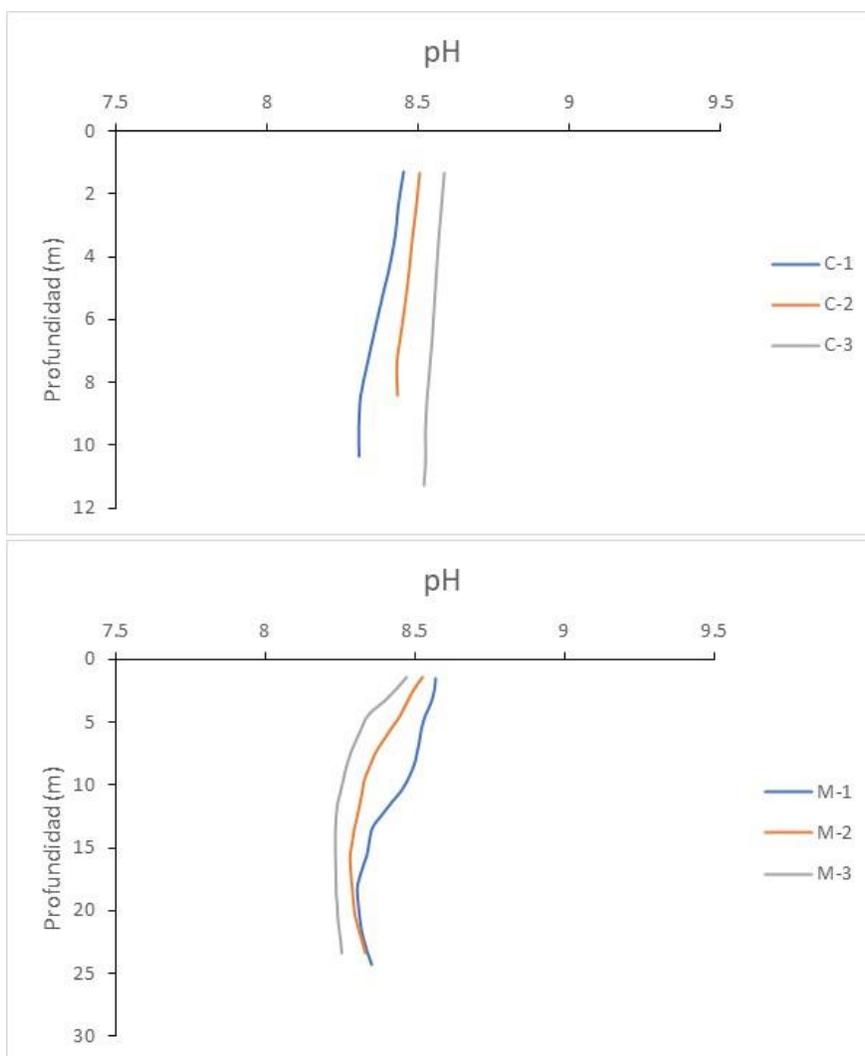


Figura 18. Perfiles verticales de pH para las estaciones costeras (arriba) y estaciones mar adentro (abajo). Verano 2023.

4.1.3.- Parámetros químicos de la columna de agua

Los certificados del laboratorio para química de agua se entregan en el Anexo 2. A continuación se describen los resultados de cada uno de los parámetros analizados, para las estaciones costeras (denominadas C) y para las estaciones profundas (denominadas M)

Parámetros generales.

➤ Sólidos sedimentables (SS)

Las concentraciones de SS registraron valores bajo el LD (<0,3 ml/l) en todas las muestras de las aguas superficiales, 5 metros y 10 metros (Tabla VII y Tabla VIII).

➤ Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los SST registraron valores que fluctuaron entre 0,4 y 2,1 mg/L en las estaciones mar adentro y entre los 1,4 y 1,6 en las estaciones costeras (Tabla VII y Tabla VIII), Para todas las muestras de superficie los resultados obtenidos en este muestreo indican agua Clase 1 o de buena calidad según guía CONAMA (2004; <25 mg/L).

Parámetros inorgánicos

➤ Fosfatos (PO₄)

Las concentraciones de fosfato registraron valores desde 0,03 mg/L hasta los 0,24 mg/L en las estaciones mar adentro. En tanto en las estaciones costeras varió entre 0,03 y 0,06 mg/L (Tabla VII, Tabla VIII y Figura 19).

➤ Nitratos (NO₃)

La concentración de nitrato registró valores desde bajo el LD (0,155 mg/L) hasta 0,19 mg/L en las estaciones mar adentro. En tanto en las estaciones costeras fue de 0,19 mg/L en todas las estaciones (Tabla VII, Tabla VIII y Figura 19).

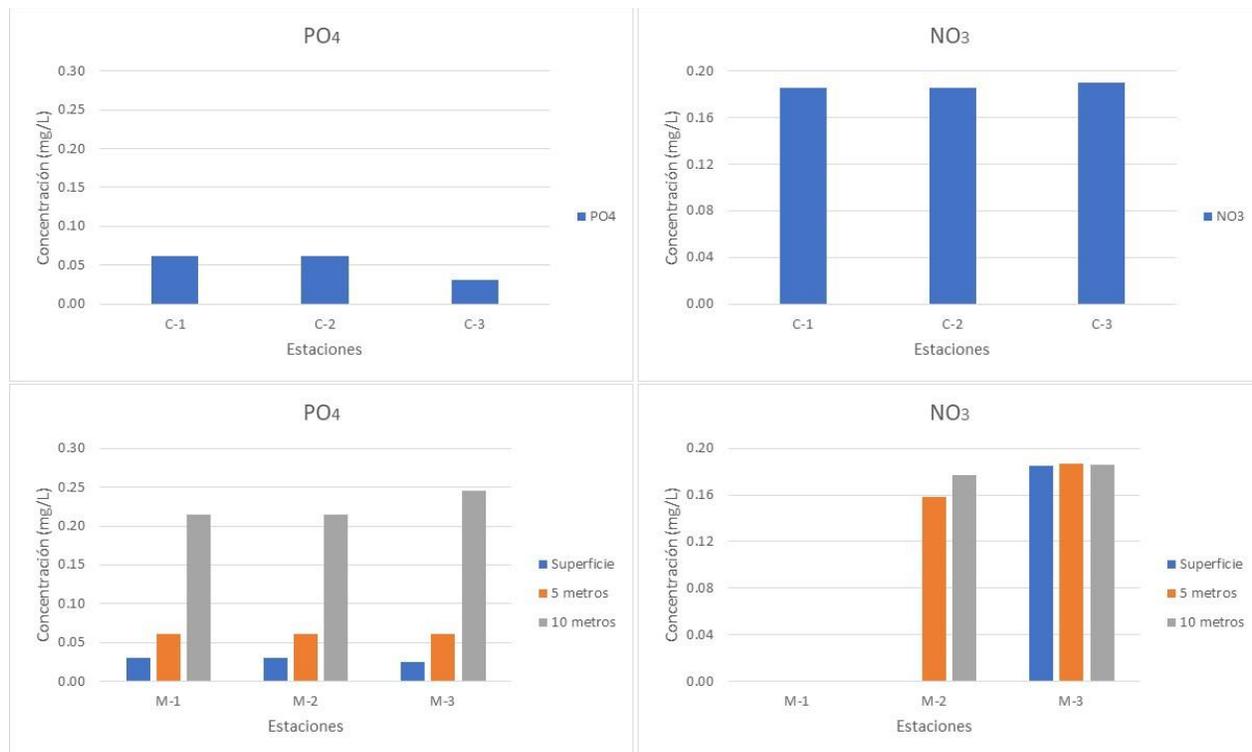


Figura 19. Valores de las concentraciones (mg/L) de Fosfato (PO₄) y Nitrato (NO₃) presentes en las muestras de agua de mar para las estaciones costeras y mar adentro. Verano 2023.

Parámetros orgánicos

Las concentraciones de Detergentes (SAAM), DBO₅, Aceites y Grasas estuvieron bajo el límite de detección en todas las estaciones y muestras (Tabla VII, Tabla VIII y Tabla IX).

Parámetros microbiológicos.

➤ Coliformes Fecales y Totales.

Las concentraciones de coliformes fecales en los tres estratos de las estaciones ubicadas en la zona de influencia identificadas como (E-1 a E-8) y la estación E-Control presentaron valores bajo el límite de detección en la mayoría de las estaciones y niveles de muestreo (Tabla IX). Sólo se registraron en las muestras E-8 10 metros (20 NMP/100ml). En cuanto a, la concentración de coliformes totales los valores fueron similares a los reportados para los fecales sólo reportándose 78 NMP/100 ml en los 10 metros de la estación E-8 (Tabla IX y Figura 20).

En las estaciones costeras (C-1 a C3), las concentraciones tanto de coliformes fecales como totales estuvieron bajo el LD (1,8 NMP/100ml), (Tabla VII). En las estaciones de mar adentro las concentraciones tanto de coliformes fecales como totales sólo fueron reportadas para el estrato

de 10 metros de las estaciones M-2 y M-3 con un valor de 130 NMP/ 100 ml para coliformes fecales, mientras que, para coliformes totales las concentraciones registradas fue de 170 NMP/100ml en M-2 y 130 NMP/100ml en M-3 (Tabla VIII).

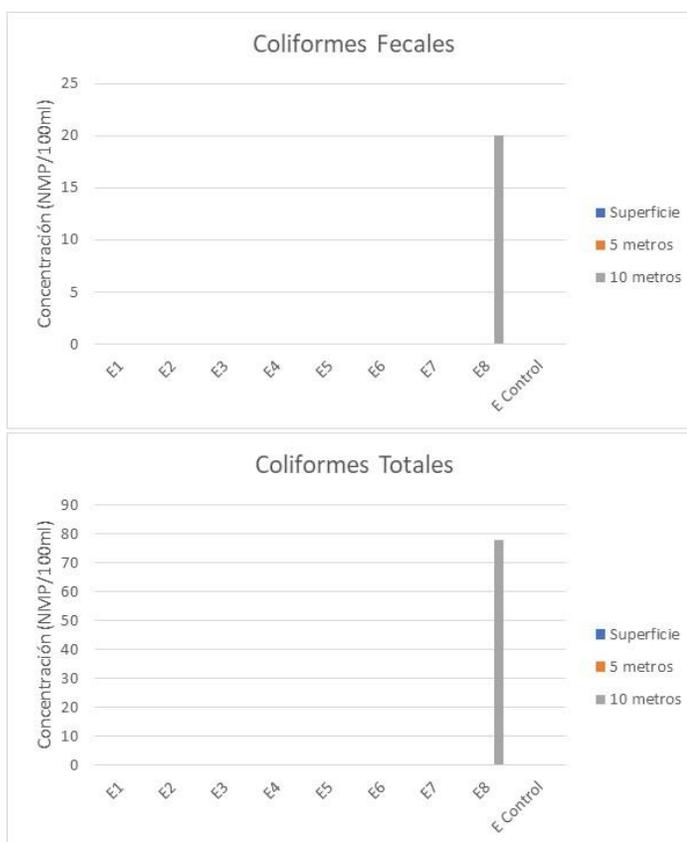


Figura 20. Valores de las concentraciones (NMP/100ml) de Coliformes fecales y totales presentes en las muestras de agua de mar para las estaciones del área de influencia de la descarga y estación control. Verano 2023.

➤ **Recuento de heterótrofos.**

Los valores de recuento de heterótrofos superficiales para las estaciones costeras estuvieron bajo el límite de detección <1 UFC/ml (Tabla VII). Para las estaciones mar adentro los valores de este parámetro fluctuaron desde bajo el límite de detección <1 UFC/ml en la estación M-1 10 metros, M-2 5 metros, M-3 superficie y M-3 5 metros hasta un máximo de 71 UFC/ml en la estación M-1 10 metros (Tabla VII y Figura 21).

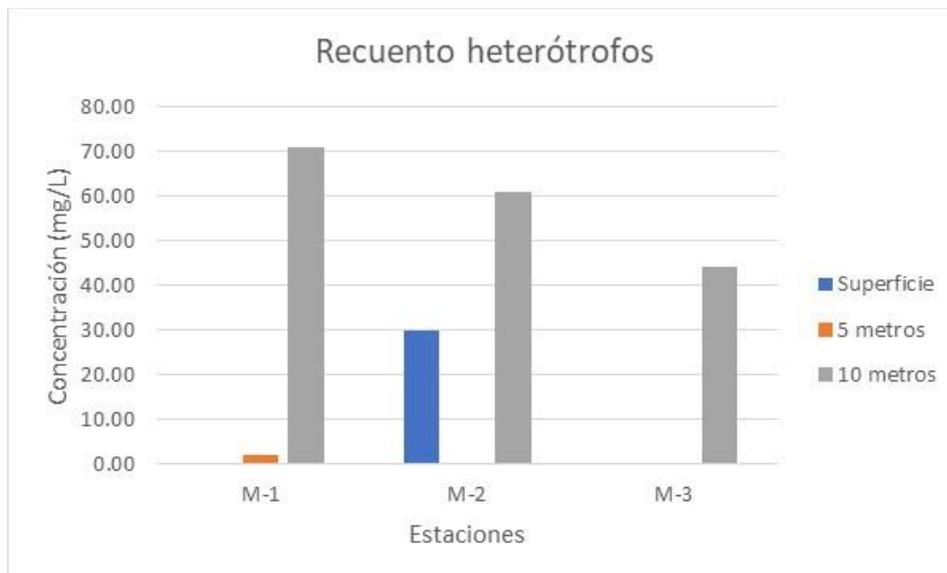


Figura 21. Valores de las concentraciones (UFC/ml) de recuento de heterótrofos presentes en las muestras de agua de mar para las estaciones mar adentro. Verano 2023.

Tabla VII. Concentración de parámetros, generales, orgánicos, inorgánicos y microbiológicos en muestras de agua (superficie) de las estaciones costeras. Verano 2023.

Estación	SS	SST	PO ₄	NO ₃	SAAM	Ay G	DBO ₅	Col. Fec.	Col. Tot.	Heterótrofos
C-1	<0,3	1,4	0,06	0,19	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	<1
C-2	<0,3	1,6	0,06	0,19	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	<1
C-3	<0,3	1,2	0,03	0,19	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	<1

Fuente: Ceamar.

Tabla VIII. Concentración de parámetros generales, orgánicos, inorgánicos y microbiológicos en muestras de agua (superficie, 5 metros y 10 metros) de las estaciones mar adentro. Verano 2023.

Estación	SS	SST	PO ₄	NO ₃	SAAM	A y G	DBO ₅	Col. Fec.	Col. Tot.	Heterótrofos
M-1 Superficie	<0,3	1,7	0,03	<0,15	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	<1
M-1 5 metros	<0,3	1,3	0,06	<0,15	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	2
M-1 10 metros	<0,3	1,2	0,21	<0,15	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	71
M-2 Superficie	<0,3	1,6	0,03	<0,15	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	30
M-2 5 metros	<0,3	2,1	0,06	0,16	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	<1
M-2 10 metros	<0,3	0,4	0,21	0,18	<0,02	<1	<2	130	170	61
M-3 Superficie	<0,3	1,5	0,02	0,19	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	<1
M-3 5 metros	<0,3	1,9	0,06	0,19	<0,02	<1	<2	<1,8	<1,8	<1
M-3 10 metros	<0,3	0,5	0,24	0,19	<0,02	<1	<2	130	130	44

Fuente: Ceamar.

Tabla IX. Concentración de parámetros microbiológicos en muestras de agua (superficie, 5 metros y 10 metros) de las estaciones de influencia y control de la descarga submarina. Verano 2023.

Estación	Col. Fecales (NMP/100ml)	Col. Totales (NMP/100ml)
E-1 Superficie	<1,8	<1,8
E-1 5 metros	<1,8	<1,8
E-1 10 metros	<1,8	<1,8
E-2 Superficie	<1,8	<1,8
E-2 5 metros	<1,8	<1,8
E-2 10 metros	<1,8	<1,8
E-3 Superficie	<1,8	<1,8
E-3 5 metros	<1,8	<1,8
E-3 10 metros	<1,8	<1,8
E-4 Superficie	<1,8	<1,8
E-4 5 metros	<1,8	<1,8
E-4 10 metros	<1,8	<1,8
E-5 Superficie	<1,8	<1,8
E-5 5 metros	<1,8	<1,8
E-5 10 metros	<1,8	<1,8
E-6 Superficie	<1,8	<1,8
E-6 5 metros	<1,8	<1,8
E-6 10 metros	<1,8	<1,8
E-7 Superficie	<1,8	<1,8
E-7 5 metros	<1,8	<1,8
E-7 10 metros	<1,8	<1,8
E-8 Superficie	<1,8	<1,8
E-8 5 metros	<1,8	<1,8
E-8 10 metros	20	78
E-Control Superficie	<1,8	<1,8
E-Control 5 metros	<1,8	<1,8
E-Control 10 metros	<1,8	<1,8

Fuente: Ceamar.

4.2.- Física y química de sedimentos.

4.2.1.- Parámetros físicos de los sedimentos submareales

Granulometría.

La composición general de los sedimentos submareales fue similar entre las estaciones realizadas en el sector Calama con respecto al sector El Cuadro. En ambos sectores se registró sobre un 82% de la composición granulométrica dominada por arenas (Figura 22).

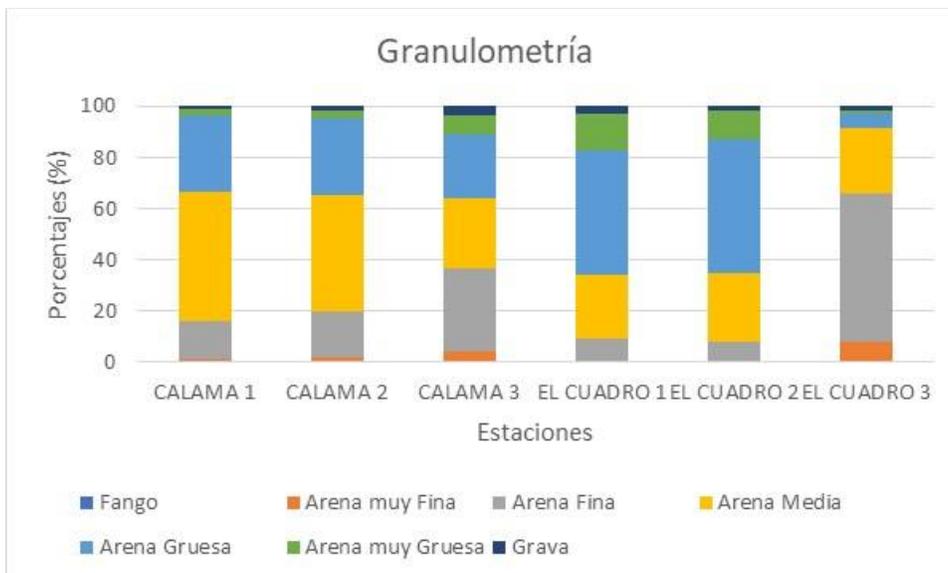


Figura 22. Proporción granulométrica de los sedimentos submareales de Antofagasta (Calama y El Cuadro) por estación de muestreo, según clasificación de Wentworth (1922). Grava muy fina: 4-2 mm; Arena muy gruesa: 2-1mm; Arena gruesa: 1-0,5 mm; Arena media: 0,5-0,25; Arena fina: 0,25-0,125 mm; Arena muy fina: 0,125-0,062 mm; Limo y arcilla: <0,062mm. Verano 2023.

Carbono Orgánico Total (COT).

El contenido de COT en los sedimentos submareales presentó concentraciones que variaron desde los 7,77% en la estación Calama 2 hasta los 8,76% en la estación El Cuadro 2 (Figura 23).

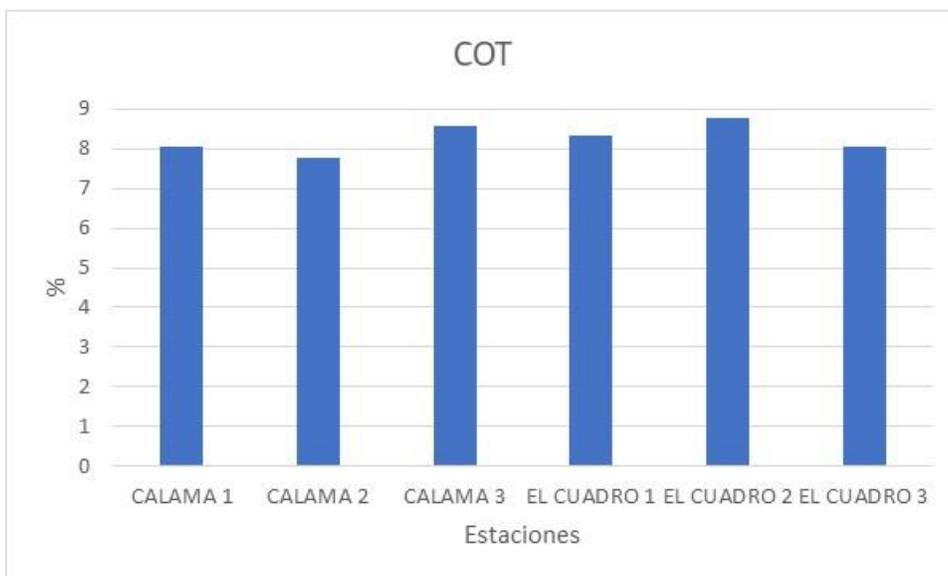


Figura 23. Contenido de Carbono Orgánico Total (%) en los sedimentos submareales. Verano 2023.

4.2.2.- Parámetros físicos de los sedimentos intermareales

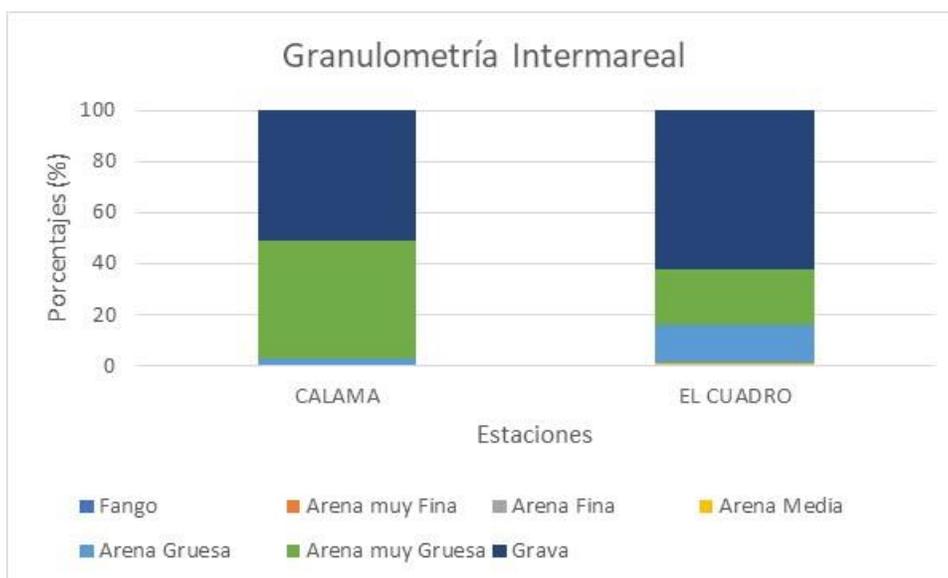
A

Granulometría.

La composición general de los sedimentos intermareales en ambos sectores fue similar con el predominio de las fracciones más gruesas. En el sector Calama se registró un dominio de las fracciones entre arena gruesa y grava concentrando más del 99,5% de la composición granulométrica en este sector (Figura 24). Por su parte, en el sector El Cuadro se registró un dominio de las fracciones entre arena gruesa y grava con un 98,72% de los granos (Figura 24 A).

Carbono Orgánico Total (COT).

El contenido de COT en los sedimentos intermareales presentó una concentración de 6,32% en el sector Calama y el 3,36% en el sector El Cuadro (Figura 24 B).



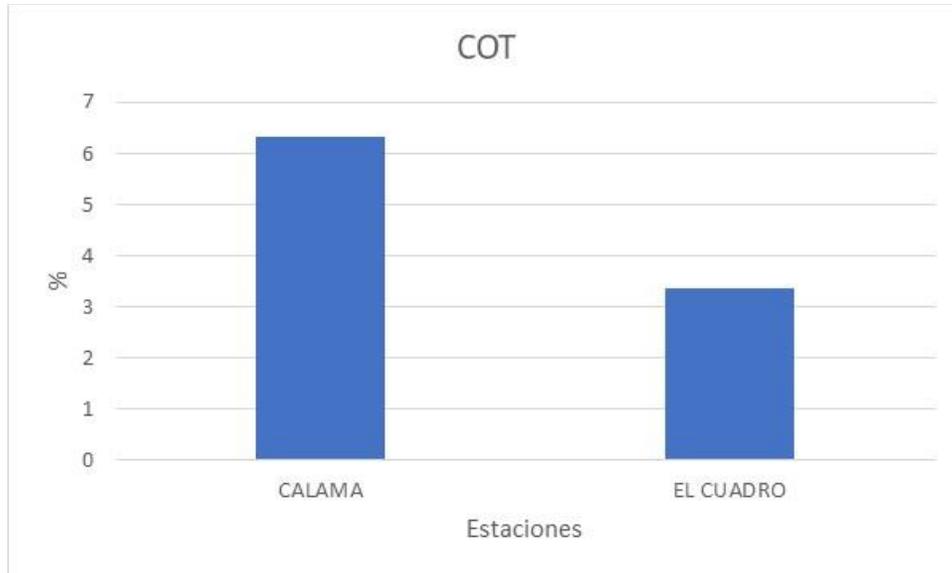


Figura 24. A) Proporción granulométrica de los sedimentos intermareales de Antofagasta (Calama y El Cuadro) por estación de muestreo, según clasificación de Wentworth (1922). Grava muy fina: 4-2 mm; Arena muy gruesa: 2-1mm; Arena gruesa: 1-0,5 mm; Arena media: 0,5-0,25; Arena fina: 0,25-0,125 mm; Arena muy fina: 0,125-0,062 mm; Limo y arcilla: <0,062mm. **B).** Contenido de Carbono Orgánico Total (%) en los sedimentos intermareales. Verano 2023.

4.3.- Evaluación de componente biótico

4.3.1.- Infauna submareal

La infauna submareal de fondos blandos estuvo compuesto por 53 taxa de invertebrados, caracterizados en densidad y abundancia, principalmente por poliquetos, moluscos y crustáceos.

Las especies más constantes en las estaciones de monitoreo del área de estudio fue un poliqueto (i.e., Paraonidae), dos moluscos (i.e., *Nassarius gayi*, *Alia unifasciata*) y un crustáceo (i.e., *Pagurus villosus*). El resto de las especies que componen la comunidad fueron clasificadas como accesorias o accidentales en el área de estudio.

Abundancia

La densidad total de macrofauna de fondos blandos submareales en el área de estudio fue de 673 ± 268 individuos por m^2 . La mayor densidad total de organismos fue registrada en la estación de Playa El Cuadro 2; que difirió significativamente de las otras estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=3,248$; $p=0,044$); en particular, la estación Calama 1, donde se registró la menor abundancia de organismos (Figura 25).

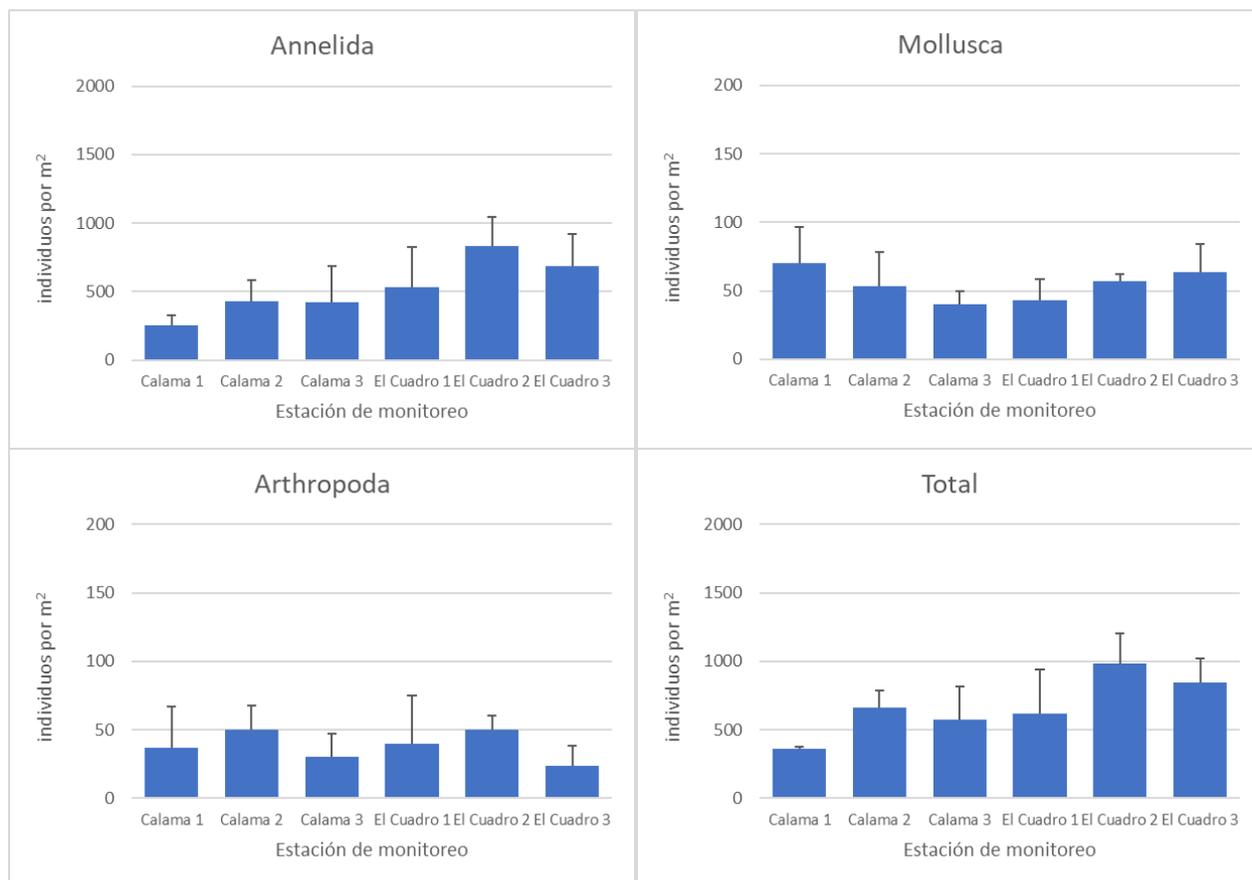
La densidad de poliquetos en el área de estudio fue de 527 ± 266 individuos por m^2 , representando el 78% de la abundancia total. La mayor densidad de poliquetos fue registrada en la estación Playa El Cuadro 2; que no difirió significativamente de la estación Calama 1, donde se registró la menor densidad de poliquetos (ANDEVA, $F_{(5,12)}=2,729$; $p=0,072$) (Figura 25).

La densidad de crustáceos artrópodos en el área de estudio fue de 38 ± 24 individuos por m^2 , representando el 6% de la abundancia total, sin cambios significativos entre estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=0,672$; $p=0,653$). La mayor densidad de crustáceos fue encontrada en Calama 2, mientras que la menor densidad fue encontrada en Playa El Cuadro 3 (Figura 25).

La densidad de moluscos fue de 54 ± 19 individuos por m^2 en el área de estudio, representando el 8% de la abundancia total. La mayor densidad de moluscos fue encontrada en la estación Calama 1; sin diferir significativamente de las otras estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=1,113$; $p=0,404$); en particular, la estación Calama 3 donde hubo la menor densidad de moluscos (Figura 25).

Las especies que más contribuyen en abundancia a la comunidad en el área de estudio fueron varios poliquetos (i.e., Paraonidae, *Pareurythoe chilensis*, *Nephtys ferrugínea*,

Maldanidae, Capitellidae, *Prionosprio peruana*, *Mediomastus*, *Cossura chilensis*, *Paraprionospio pinnata*, Syllidae), y gusanos Nematodos. En conjunto, estas especies representaron el 76% de la densidad total de la infauna en el área de estudio (Tabla X). Las otras especies que componen la comunidad fueron clasificadas, en términos de abundancia, como accesorias o accidentales en el área de estudio.



Fuente: Ceamar

Figura 25. Abundancia (ind/m²) de los principales grupos taxonómicos y de la macrofauna total del submareal de fondos blandos. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama Campaña verano 2023.

Tabla X. Abundancia (ind/ m²) de macrofauna del submareal de fondos blandos. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023

Taxa	Estación	Calama 1		Calama 2		Calama 3		El Cuadro 1		El Cuadro 2		El Cuadro 3	
		X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
ANNELIDA													
Nematoda													
Nematoda		0	0	127	117	80	70	0	0	43	40	70	62
Annelida													
Polychaeta													
Ampharetidae		0	0	0	0	40	10	0	0	0	0	0	0
Capitellidae		0	0	0	0	0	0	43	38	53	55	53	47
Cirratulidae		0	0	43	75	40	36	0	0	0	0	0	0
<i>Cossura chilensis</i>		0	0	0	0	0	0	13	23	40	36	57	49
Glyceridae		10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera</i>		0	0	3	6	3	6	0	0	0	0	0	0
Lumbrineridae		0	0	0	0	0	0	3	6	3	6	0	0
<i>Lumbrineris</i>		7	12	7	12	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Magelona phyllisae</i>		0	0	0	0	0	0	73	64	0	0	0	0
Maldanidae		0	0	0	0	0	0	110	115	60	53	37	32
<i>Mediomastus</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	60	104	70	121
<i>Nephtys ferruginea</i>		90	85	127	114	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ninoe chilensis</i>		0	0	0	0	7	6	0	0	0	0	0	0
Onuphidae		0	0	7	12	13	15	0	0	0	0	0	0
<i>Onuphis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6
Orbiniidae		0	0	0	0	0	0	7	12	7	12	0	0
Paraonidae		150	137	240	212	290	259	0	0	333	317	317	278
<i>Paraprionospio pinnata</i>		0	0	0	0	0	0	23	25	47	81	37	32
<i>Pareurythoe chilensis</i>		0	0	0	0	0	0	43	75	93	81	110	121
Pisionidae		0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	3	6
<i>Prionosprio peruana</i>		0	0	0	0	0	0	110	26	40	36	0	0
<i>Scoloplos</i>		0	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Spionidae		0	0	0	0	0	0	0	0	93	81	0	0
<i>Spiophanes duplex</i>		0	0	0	0	30	26	0	0	0	0	0	0
Syllidae		0	0	0	0	0	0	107	93	0	0	0	0
Mollusca													
Bivalvia													
<i>Carditella tegulata</i>		0	0	0	0	0	0	3	6	3	6	0	0
<i>Cyclocardia compressa</i>		0	0	0	0	0	0	3	6	3	6	0	0
<i>Nucula pisum</i>		23	21	0	0	0	0	0	0	7	12	13	12
<i>Saccella cuneata</i>		0	0	3	6	0	0	3	6	0	0	0	0
Veneridae		0	0	0	0	7	6	0	0	10	10	10	10
Gastropoda													
<i>Alia unifasciata</i>		10	10	7	12	7	12	7	6	7	12	10	10
<i>Cancellaria buccinoides</i>		3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Felicioliva peruviana</i>		3	6	3	6	0	0	3	6	7	6	3	6
<i>Nassarius coppingeri</i>		7	12	7	12	3	6	0	0	7	12	10	17
<i>Nassarius gayi</i>		23	21	23	21	10	10	20	20	10	17	13	15
<i>Polinices uber</i>		0	0	0	0	0	0	3	6	0	0	0	0
<i>Rissoina inca</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6
<i>Salitra radwini</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	0
<i>Tegula luctuosa</i>		0	0	7	12	10	17	0	0	0	0	0	0
Polyplacophora													
<i>Ischnochiton pusio</i>		0	0	3	6	3	6	0	0	0	0	0	0
Arthropoda													
Crustacea													
<i>Pagurus villosus</i>		0	0	20	20	7	12	17	15	23	25	17	15
<i>Pseudocorystes sicarius</i>		3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipoda													
<i>Ampelisca</i>		23	21	7	12	0	0	10	17	17	15	0	0
<i>Aora typica</i>		0	0	0	0	7	6	3	6	0	0	0	0
Gammaridae 1		3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6
Gammaridae 2		0	0	7	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Phoxocephalidae		3	6	7	12	3	6	7	12	0	0	0	0
Isopoda													

Taxa	Estación		Calama 1		Calama 2		Calama 3		El Cuadro 1		El Cuadro 2		El Cuadro 3	
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
Sphaerotidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	0
<i>Cleantis chilensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	0
Ostracoda														
Ostracoda sp.1	0	0	0	0	7	6	3	6	3	6	3	6	0	0
Ostracoda sp.4	3	6	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda sp.5	0	0	7	12	7	12	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Ceamar

El análisis de clasificación jerárquica detectó diferencias entre las comunidades de la macrofauna de fondos blandos en las estaciones de monitoreo (32% de similitud, estrés menor a 0,2), indicando que son comunidades con atributos comunitarios particulares. Se detectan dos grupos, el primero compuesto por las estaciones Playa El Cuadro 2 y Playa El Cuadro 3 (ca. 75% de similitud), junto con Playa El Cuadro 1 (ca. 32% de similitud). El segundo grupo está compuesto por las estaciones Calama 2 y Calama 3 (ca. 63% de similitud), junto con Calama 1 (ca. 52% de similitud), respectivamente (Figura 26).

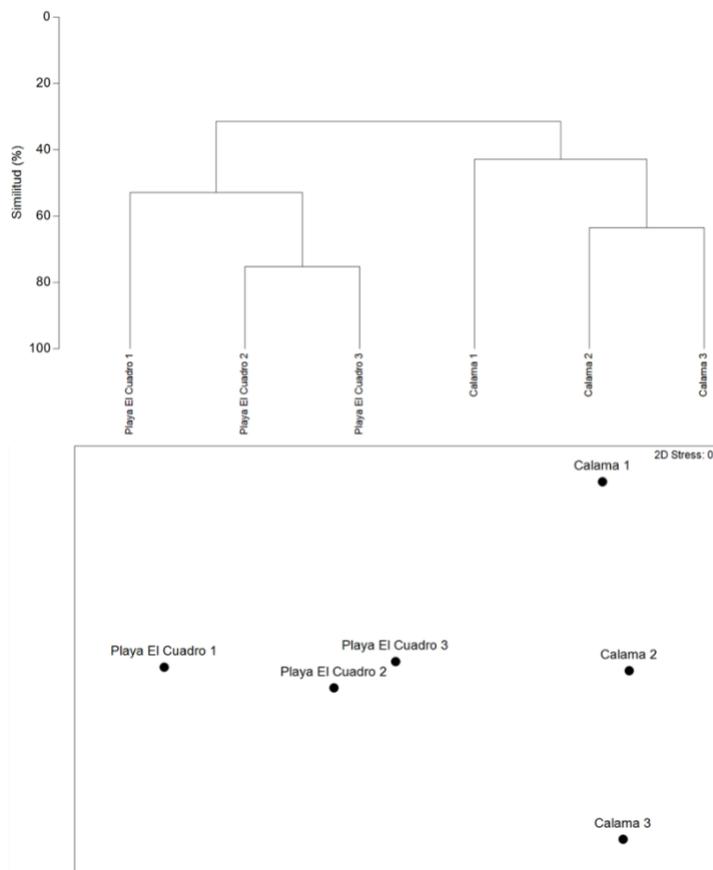


Figura 26. Análisis de la clasificación jerárquica basado en el índice de similitud de Bray-Curtis, para datos de abundancia en las estaciones de muestreo. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023. Fuente: CEAMAR.

Biomasa

La biomasa total de la macrofauna de fondos blandos submareales en el área de estudio fue de $31,92 \pm 14,45$ individuos por m^2 . La mayor biomasa fue registrada en la estación Playa El Cuadro 1; mientras que, la menor fue registrada en la estación Calama 3, sin cambios significativos entre estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=0,116$; $p=0,986$); (Figura 27).

La biomasa de poliquetos en el área de estudio fue de $2,95 \pm 2,09$ gramos por m^2 , representando el 9% de la abundancia total. La mayor densidad de poliquetos fue registrada en la estación Playa El Cuadro 2; mientras que, la menor biomasa fue registrada en Calama 1, sin cambios significativos entre estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=1,112$; $p=0,404$) (Figura 27).

La biomasa de crustáceos artrópodos en el área de estudio fue de $0,94 \pm 1,31$ gramos por m^2 , representando el 3% de la abundancia total, sin cambios significativos entre estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=1,991$; $p=0,152$). La mayor biomasa de crustáceos fue encontrada en la estación Playa El Cuadro 1, mientras que la menor densidad fue encontrada en la estación Calama 3 (Figura 27).

La biomasa de moluscos fue de $28,03 \pm 13,36$ gramos por m^2 en el área de estudio, representando el 88 de la abundancia total. La mayor biomasa de moluscos fue registrada en la estación Calama 2; mientras que, la menor biomasa fue registrada en Calama 3, sin cambios significativos entre estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=0,106$; $p=0,989$) (Figura 27).

Las especies que más contribuyen en biomasa a la comunidad en el área de estudio fueron varios moluscos gastropodos (i.e., *Nassarius gayi*, *Nassarius coppingeri*, *Tegula luctuosa*, *Alia unifasciata*, *Polinices uber* y *Felicioliva peruviana*), junto con un cangrejo ermitaño (i.e., *Pagurus villosus*). En conjunto, estas especies representaron el 87% de la biomasa total de la infauna en el área de estudio (Tabla XI). Las otras especies que componen la comunidad fueron clasificadas, en términos de la biomasa, como accesorias o accidentales en el área de estudio.

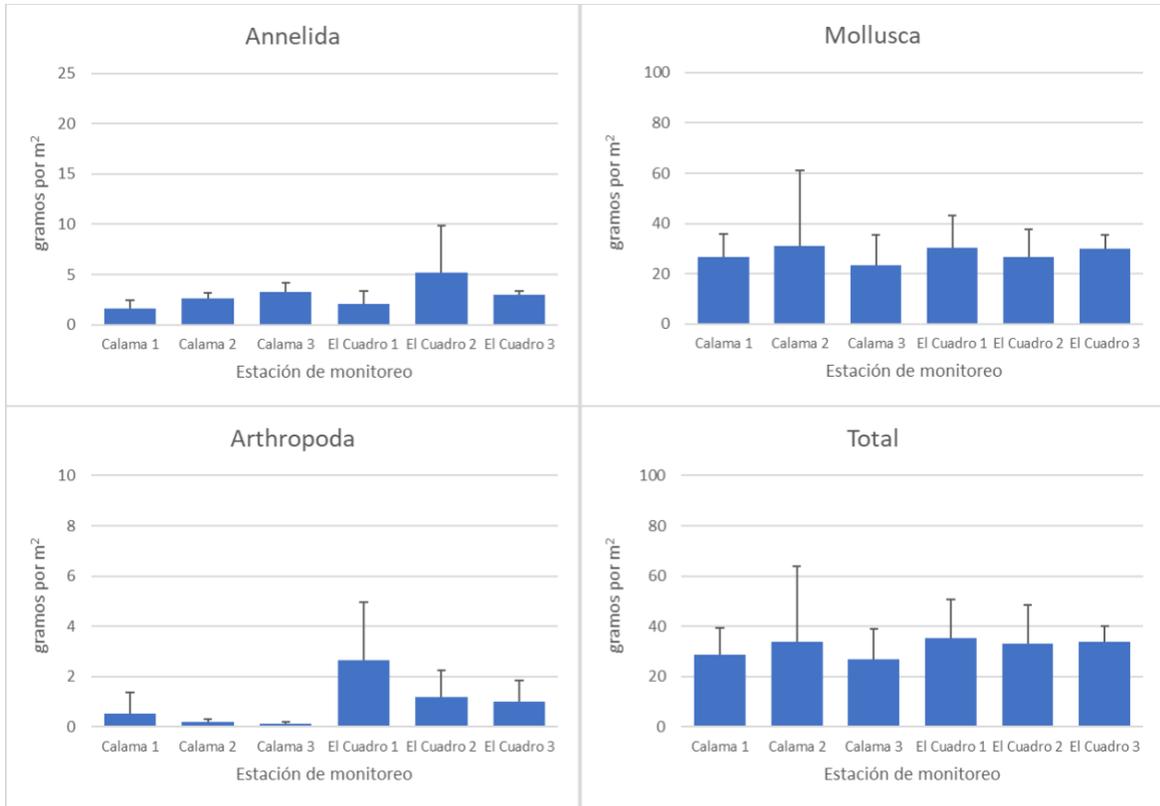


Figura 27. Biomasa (g/m^2) de los principales grupos taxonómicos y de la macroinfauna total del submareal de fondo blando en las estaciones de muestreo. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023 Fuente: CEAMAR.

Tabla XI. Biomasa (gr/ m²) de macrofauna del submareal de fondos blandos. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023

Taxa	Estación		Calama 1		Calama 2		Calama 3		El Cuadro 1		El Cuadro 2		El Cuadro 3	
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
ANNELIDA														
Nematoda														
Nematoda	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Annelida														
Polychaeta														
Ampharetidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capitellidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,35	0,35	0,32	0,22	0,19		
Cirratulidae	0,00	0,00	0,46	0,79	0,34	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cossura chilensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,14	0,21	0,18	0,16	0,14		
Glyceridae	0,22	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Glycera</i>	0,00	0,00	0,14	0,24	0,19	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lumbrineridae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lumbrineris</i>	0,09	0,16	0,07	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Magelona phyllisae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maldanidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,17	0,11	0,10	0,13	0,11		
<i>Mediomastus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,16	0,12	0,21		
<i>Nephtys ferruginea</i>	1,08	1,03	1,19	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ninoe chilensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Onuphidae	0,00	0,00	0,17	0,30	0,97	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Onuphis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,74		
Orbiniidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,10	0,05	0,09	0,00	0,00		
Paraonidae	0,19	0,16	0,55	0,48	0,94	0,83	0,00	0,00	0,66	0,57	0,72	0,68		
<i>Paraprionospio pinnata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,13	0,11	0,18	0,12	0,10		
<i>Pareurythoe chilensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,42	3,28	4,57	1,03	1,19		
Pisionidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,02	0,04		
<i>Prionosprio peruana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,11	0,14	0,12	0,00	0,00		
<i>Scoloplos</i>	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Spionidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,14	0,00	0,00		
<i>Spiophanes duplex</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Syllidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mollusca														
Bivalvia														
<i>Carditella tegulata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	1,01	0,84	1,46	0,00	0,00		
<i>Cylocardia compressa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,16	0,12	0,20	0,00	0,00		
<i>Nucula pisum</i>	0,34	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,20	0,18	0,16		
<i>Saccula cuneata</i>	0,00	0,00	0,16	0,28	0,00	0,00	0,18	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00		
Veneridae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,11	0,00	0,00	0,13	0,12	0,17	0,17		
Gastropoda														
<i>Alia unifasciata</i>	3,44	3,75	1,64	2,84	2,63	4,55	2,90	2,63	2,44	4,23	3,10	2,90		
<i>Cancellaria buccinoides</i>	1,89	3,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
<i>Felicialiva peruviana</i>	4,42	7,65	5,81	10,07	0,00	0,00	7,75	13,43	6,32	6,66	7,75	13,42		
<i>Nassarius coppingeri</i>	3,09	5,35	2,82	4,88	1,08	1,88	0,00	0,00	6,12	10,59	5,53	9,57		
<i>Nassarius gayi</i>	13,57	12,11	13,91	14,24	7,24	8,29	13,55	12,35	10,55	18,27	13,15	15,47		
<i>Polinices uber</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,42	9,38	0,00	0,00	0,00	0,00		
<i>Rissoina inca</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,10		
<i>Salitra radwini</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,08	0,00	0,00		
<i>Tegula luctuosa</i>	0,00	0,00	6,15	10,65	12,08	20,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Polyplacophora														
<i>Ischnochiton pusio</i>	0,00	0,00	0,42	0,73	0,25	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Arthropoda														
Crustacea														
<i>Pagurus villosus</i>	0,00	0,00	0,14	0,12	0,05	0,09	2,59	2,27	1,13	1,08	0,97	0,85		
<i>Pseudocorystes sicarius</i>	0,46	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Amphipoda														
<i>Ampelisca</i>	0,03	0,03	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00		
<i>Aora typica</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00		
Gammaridae 1	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02		

Taxa	Estación	Calama 1		Calama 2		Calama 3		El Cuadro 1		El Cuadro 2		El Cuadro 3	
		X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
Gammaridae 2		0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Phoxocephalidae		0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Isopoda													
Sphaeromatidae		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Cleantis chilensis</i>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Ostracoda													
Ostracoda sp.1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Ostracoda sp.4		0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Ceamar

Riqueza de especies

La macrofauna de fondos blandos submareales tuvo una riqueza de 10 ± 2 especies en el área de estudio. La mayor riqueza fue registrada en Playa El Cuadro 2; que difirió significativamente de las otras estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=4,064$; $p=0,022$); en particular, Calama 1, que registró el menor valor de riqueza (Figura 28, **Error! Reference source not found.**Tabla XII).

Los poliquetos tuvieron una riqueza de 5 ± 2 especies en el área de estudio. La mayor riqueza de poliquetos fue registrada en Playa El Cuadro 2 y Playa El Cuadro 1; que difirió significativamente de las otras estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=5,864$; $p=0,006$); en particular, Calama 1, que registró el menor valor de riqueza (Figura 28, **Error! Reference source not found.**Tabla XII).

La riqueza de moluscos fue de 3 ± 1 especies en el área de estudio, sin cambios significativos entre estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=1,120$; $p=0,401$). La mayor riqueza de moluscos fue registrada en Playa El Cuadro 2 y Playa El Cuadro 3; mientras que, la menor riqueza fue registrada en las otras estaciones (Figura 28).

La riqueza de artrópodos fue de 2 ± 1 especies en el área de estudio, sin cambios significativos entre estaciones (ANDEVA, $F_{(5,12)}=0,373$; $p=0,858$). La riqueza de artrópodo fue similar en todas las estaciones; excepto, en Playa El Cuadro 3, donde se registró la menor riqueza (Figura 28).

El índice de diversidad de Shannon Wiener H' fue de $1,65 \pm 0,34$ decil/ind. para la macrofauna de fondos blandos en el área de estudio. El mayor valor de H' fue registrado en las estaciones Playa El Cuadro 1 y Playa El Cuadro 2, sin cambios significativos respecto a la estación Calama 1, que presentó el menor valor de H' (ANDEVA, $F_{(5,12)}=2,277$; $p=0,113$) (Figura 28, Tabla XII).

El índice de uniformidad Pielou J' fue de $0,72 \pm 0,10$ para la macrofauna de fondos blandos en el área de estudio. El mayor valor de J' fue registrado en la estación Playa El Cuadro 1, que difirió significativamente de la estación Calama 3, que presentó un valor menor (ANOVA de una vía, $F_{(5,12)}=1,307$; $p=0,324$) (Tabla XII).

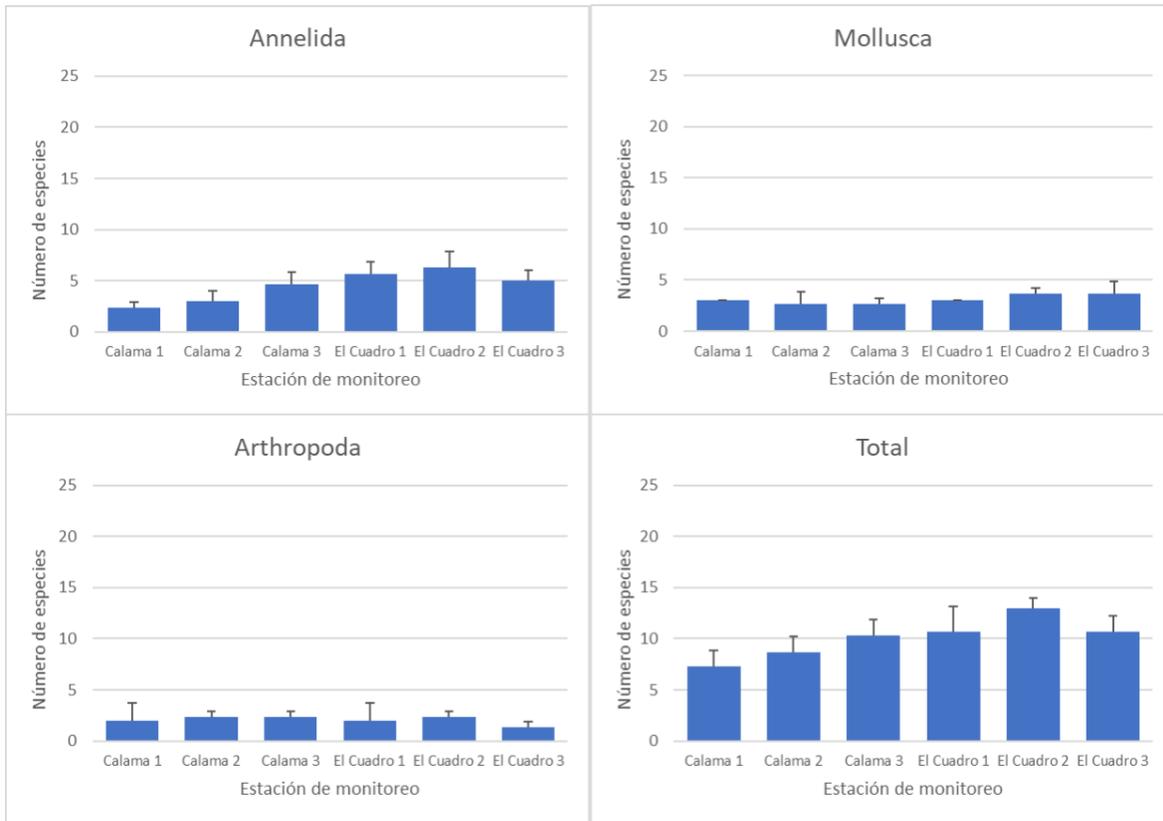


Figura 28. Riqueza de los principales grupos taxonómicos y de la macrofauna total del submareal de fondo blando en las estaciones de muestreo. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023 Fuente: CEAMAR.

Tabla XII. Riqueza, diversidad (Shannon) y uniformidad de macrofauna del submareal de fondos blandos. Sector Playa el Cuadro y sector Calle Calama. Campaña verano 2023.

Índices ecológicos	Diversidad Shannon-Wiener (H)		Uniformidad de Pielou (J)		Riqueza de especies (S)	
	X	DS	X	DS	X	DS
Calama 1	1,36	0,34	0,68	0,11	7	2
Calama 2	1,45	0,09	0,68	0,03	9	2
Calama 3	1,53	0,32	0,66	0,14	10	2
El Cuadro 1	1,95	0,21	0,83	0,00	11	3
El Cuadro 2	1,95	0,31	0,76	0,11	13	1
El Cuadro 3	1,68	0,36	0,71	0,11	11	2

Fuente: Ceamar.

Curvas de K-dominancia

El análisis de las curvas de K-dominancia (ABC) de la macrofauna de fondos blandos por estación de monitoreo se presenta en la Figura 29. Según el análisis, incluido el índice W de Warwick, las estaciones de monitoreo Calama 1, Calama 2 y Calama 3 indican una condición ambiental “moderadamente perturbado”. En cambio, Playa El Cuadro 1, Playa El Cuadro 2 y Playa El Cuadro 3 tuvieron una condición ambiental “no perturbada”.

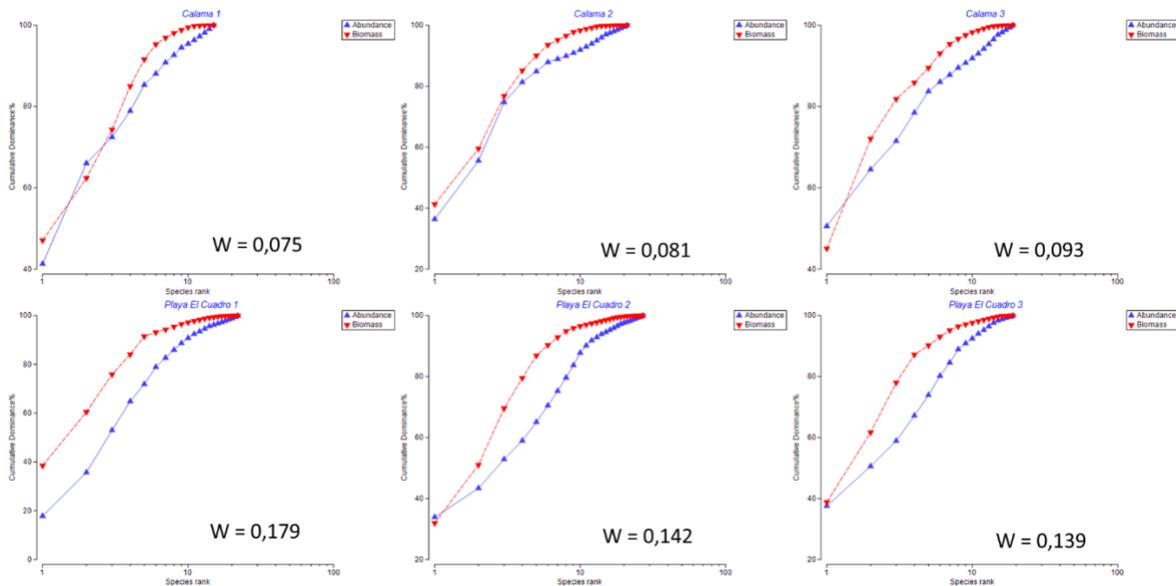


Figura 29. Curvas de k-dominancia de la macrofauna de fondos blandos en sector Playa El Cuadro y sector Calle Calama. Campaña verano 2023. Fuente: CEAMAR.

4.3.2.- Intermareal de arena

La franja del intermareal de arena en el área de estudio se caracteriza por una playa de arena, gravilla y conchuela fragmentada, interrumpida por roqueríos y plataformas rocosas que predominan en el paisaje costero. La composición de especies en el intermareal de arena fue de gusanos nematodos, cuatro poliquetos anélidos y un crustáceo artrópodo. La riqueza de especies del intermareal de arena fue de seis especies en el sector Calama y de cuatro especies en el sector de Playa El Cuadro (Tabla XIII). Los poliquetos Gliceridae y Spionidae fueron abundantes en ambos sectores (i.e., Calama, Playa El Cuadro), respectivamente (Tabla XIII).

Respecto de la biomasa, la tendencia en composición y dominancia es semejante a la descrita para la abundancia en ambos sectores; pero, con un dominio del crustáceo *Emerita analoga* (Tabla XIV).

No se realizaron análisis de variables univariadas (i.e., índices de diversidad, índice de w, curvas K dominancia), ni análisis multivariados de comunidades debido a la escasa composición y riqueza de especies que produce inconsistencia en los resultados.

Tabla XIII. Abundancia (ind/ m²) de macrofauna del intermareal de arena. Sector Playa el Cuadro y sector calle Calama. Campaña verano 2023.

	Calama		Playa El Cuadro	
	X	DS	X	DS
NEMATODA				
Nematoda	396	686	554	494
ANNELIDA				
Polychaeta				
Gliceridae	317	274	238	238
Nephtyidae	79	137	0	0
Orbiniidae	79	137	0	0
Spionidae	238	238	396	363
Arthropoda				
Crustacea				
<i>Emerita analoga</i>	950	856	1821	1685

Fuente: Ceamar.

Tabla XIV. Biomasa (g/m²) de macrofauna del intermareal de arena. Sectores Playa el Cuadro y sector frente calle Calama. Campaña verano 2023.

	Calama		Playa El Cuadro	
	X	DS	X	DS
NEMATODA				
Nematoda	0,40	0,69	0,79	0,69
ANNELIDA				
Polychaeta				
Gliceridae	7,52	6,98	7,05	6,59
Nephtyidae	4,12	7,13	0,00	0,00
Orbiniidae	3,33	5,76	0,00	0,00
Spionidae	2,77	2,63	2,30	2,08
Arthropoda				
Crustacea				
<i>Emerita analoga</i>	94,70	82,32	163,99	157,90

Fuente: Ceamar.

5. DISCUSION

Física y química de agua de mar

➤ Correntometría

En la campaña de verano 2023, la corriente lagrangiana medida con derivadores, circula entorno a la componente este y suroeste, tanto en marea llenante como en marea vaciante, lo cual ha sido habitual en el área de estudio durante las campañas anteriores. En general, en marea llenante, los derivadores subsuperficiales (8 m de profundidad) presentan mayor velocidad promedio que los derivadores superficiales; mientras que, en marea vaciante, los derivadores superficiales registraron mayor velocidad, aunque con poca diferencia en magnitud. La mayor velocidad observada ocurrió durante la marea vaciante con un valor de 11,9 cm/s en los derivadores superficiales del punto ECONSSA 1. Lo cual difiere con los resultados de la campaña anterior, debido al incremento del viento a partir del mediodía, que genera un mayor arrastre en la capa superficial del agua. La dirección de la corriente durante la marea llenante según los derivadores muestran un predominio SW, tanto en superficie como a los 8 m de profundidad. En la marea vaciante, la corriente tuvo dirección E-NE en ambos puntos (ECONSSA 1 y ECONSSA 2) y estratos (i.e., superficial, 8 m de profundidad). En general, distintos forzantes (i.e., viento, topografía de la costa, mareas) interactúan para determinar las corrientes costeras en el área de estudio (Valdés et al. 2012); no obstante, en ambos puntos de muestreo (i.e., Playa El Cuadro, Calama), la dirección y velocidad de las corrientes muestran una tendencia similar.

➤ Parámetros del agua de mar

En general los valores de parámetros físicos del agua de mar (i.e, densidad, OD, temperatura, salinidad y pH) fueron las esperables para la latitud y la estación de verano, registrándose una columna de agua típica de estaciones costeras sin estratificación por lo que no se observó la presencia de clinas (oxiclina, termoclina), al igual que, en las estaciones de mayor profundidad. En general, para el resto de los parámetros la columna de agua se mostró estable con las características habituales de la zona.

Las concentraciones de OD fueron homogéneos en los primeros metros de la columna de agua, lo que estaría asociado a los procesos de difusión con la atmósfera y al proceso de fotosíntesis realizada por el fitoplancton. Pese a la poca profundidad de las estaciones

se registró una disminución de las concentraciones de oxígeno con la profundidad registrándose valores asociados a la ZMO, en las estaciones de mar afuera, situación que no había sido reportada en muestreos anteriores. Durante esta campaña, las masas de agua presentes en el área de estudio corresponden a Clase 1 para OD, según guía CONAMA 2004, con un porcentaje de saturación promedio de 103,18%.

Los registros de turbidez poca variación dentro de la columna de agua en todas las estaciones con un máximo de 2,957 FTU, el cual es superior a lo reportado por Monsalve (2018) en la Bahía de Tocopilla (0,06 NTU), la bahía de Taltal 0,059 NTU y Antofagasta (0,082NTU), zonas industrializadas. Sin embargo, este valor máximo no supera el valor límite de emisión de parámetros generales y nutrientes establecido por la consejería de agua, agricultura y medio ambiente de Murcia (50 NTU) y es inferior al máximo reportado en la campaña anterior de invierno 2022.

Los registros superficiales de pH clasifican las aguas presentes como Clase 1, según la guía CONAMA. con registros que se mantienen en toda la columna de agua. Los valores de pH registrados en el presente muestreo (>8) son superiores a los registrado por Ampuero (2018) en la costa del Perú (7,95). Los valores obtenidos son similares a los reportados en el muestreo anterior corroborando que en la zona los valores de pH son estables durante todo el año.

➤ **Química y microbiología del agua**

Los sólidos sedimentables presentaron valores bajo el LD en todas las muestras realizadas. Por su parte, los sólidos totales suspendidos tuvieron valores por sobre el límite de detección, con registros que permiten clasificar las aguas de superficie como Clase 1 de buena calidad de agua (CONAMA, 2004). El los valores de los sólidos suspendidos concuerda con la turbidez observada durante esta campaña.

Las concentraciones de nitrato obtenidas durante la presente campaña fueron inferiores a lo reportado durante el verano 2022 y a la campaña anterior invierno 2020. En la presente campaña los valores de nitrato fueron cercanos a los reportados por Valdenegro & Silva (2002) durante los cruceros CIMAR en el golfo del Corcovado y Moraleda 0,01 y 0,02 mg/L respectivamente. Al igual que en campañas anteriores los registros de la presente campaña son inferiores a los reportados por Peñalver (2005) frente a las costas de la Región de Coquimbo.

Para la presente campaña la concentración de coliformes fecales fue inferior a la registrada en el verano 2022 y a la campaña de invierno de 2020, donde las estaciones cercanas al emisario (E3, E4 y E5) mostraron la mayor concentración de hasta 350.000 NMP/100ml, por su parte, en la campaña actual el máximo y único valor registrado fue de 20 NMP/100 ml a los 10 metros de la estación E-8. Históricamente se ha observado en el sector campañas donde se observan aumentos importantes en la presencia de coliformes fecales mientras que, en otras campañas, como la de verano de 2020 y la actual la concentración es menor, esto daría cuenta de la variabilidad de este parámetro, posiblemente debido a diferencias en los volúmenes descargados por el emisario y a la variabilidad de las condiciones ambientales del momento (por ejemplo, factores dispersantes como marejadas o viento). De esta forma para el agua de mar superficial en las inmediaciones del emisario se pueden clasificar como Clase 1 de acuerdo a la guía de la CONAMA, al igual que, en las estaciones un poco alejadas como las estaciones denominadas mar adentro y costeras. Al igual que, las campañas de invierno de 2020 y verano 2020 la estación control no reportó concentraciones de coliformes fecales y totales, a diferencia de los reportado en la campaña anterior (invierno 2022) lo que concuerda con la experiencia de correntimetría lagrangiana, donde las corrientes no fluyen hacia dicho sector. La concentración de los coliformes totales presentaron características similares a los fecales con valores que clasifican como Clase 1 (<70 NMP/100 ml) para las aguas superficiales de todas las estaciones, tanto costeras, mar adentro y las estaciones cercanas al emisario. De igual manera que, en los coliformes fecales sólo se reportó concentración en la muestra M-8 10 metros con un valor de 78 NMP/100 ml.

El conteo de heterótrofos se utiliza para verificar la calidad de los proveedores de agua siendo una valiosa herramienta de control de procesos de tratamiento de las aguas. Los recuentos elevados de bacterias heterótrofas pueden indicar la existencia de una alteración en los procesos o incluso de un peligro para la salud pública. Los valores del conteo de heterótrofos son similares a los observados en la campaña de invierno y verano 2021 e inferiores a los reportados en las campañas anteriores del PVA, donde por ejemplo se han reportado valores de hasta 25000 ufc/ml.

Física y química de sedimentos submareales

Para la presente campaña se registraron composiciones granulométricas similares a la de invierno 2022 registrándose en ambos sectores un predominio desde arena fina hasta arena gruesa, las que en conjunto explican más del 84% del total de los granos

registrados en las estaciones Calama 1, Calama 2 y Calama 3. Por su parte, en el sector El Cuadro los granos entre arena media y arena muy gruesa explican más del 88% de la composición en las estaciones El Cuadro 1 y 2. Mientras que, en el Cuadro 3 dominan las arenas muy finas con más de un 57% de la composición, diferente a lo registrado en el invierno 2022. A diferencia de otras campañas las condiciones observadas son el resultado del grado de exposición en que se encuentran ubicadas las estaciones dentro de la bahía, similar a lo descrito por Cupul-Magaña *et al.* (2006) en bahía Cullera. Por lo que, el arribo de fuertes marejadas ocurridas durante los últimos años que, en el período comprendido desde el año 2015 hasta febrero 2023 se han registrado más de 145 eventos de marejadas (MOP y SHOA), vinculadas con la dinámica de corrientes de la bahía podrían tener influencia en el transporte sedimentológico del sector, movilizandando las fracciones más finas hacia otros sectores de la bahía (Brown & McLachlan, 1990).

La concentración de COT en los sedimentos submareales registrados en la presente campaña para todas las estaciones tanto en el sector de Calama como en El Cuadro se registraron valores sobre el 2% en todas las estaciones, siendo estos valores similares a los reportados en la campaña de verano 2022 e invierno 2022. Esta concentración clasifica como baja de acuerdo con Hyland *et al.* (2000), quienes en su estudio realizado en las costas del atlántico norte consideran que ambientes con valores de COT inferiores a 500 g/Kg son buenos para el desarrollo de comunidades. Respecto de las campañas anteriores, los valores observados se encuentran por encima de la variabilidad histórica y sobre el 0,5% de comparación utilizado.

Física y química de sedimentos intermareales

El análisis granulométrico realizado en el Estudio de Línea base de este sector de la playa frente a Calle Calama, describió la presencia de un sedimento compuesto por las fracciones gruesas del grano, siendo superior al 97%. En este muestreo el tamaño de partícula mantiene un tamaño parecido al registrado en anteriores campañas, con un 99,86% del grano presente entre arena gruesa y grava similar a los datos históricos de este sector.

Por su parte, en el sector de Playa el Cuadro los resultados del Estudio de Línea Base, también describieron un predominio de las fracciones más grandes. Los resultados obtenidos en este monitoreo ambiental muestran que en esta zona sobre el 98,72% de los sedimentos se clasifican entre arenas gruesas a gravas, similar a lo registrado en el las

campañías anteriores, demostrando que, en este punto también se observa una mayor tendencia al cambio de granulometría, predominando partículas más grandes.

Es importante destacar que, la composición granulométrica de los sectores Calama y El Cuadro no se puede atribuir al efecto del efluente. Esta se explicaría por el efecto de las corrientes marinas o el clima marítimo, que agita y traslada las partículas más pequeñas a otros sitios, quedando los granos de mayor tamaño (Brown and McLachlan, 1990).

La concentración de COT en los sedimentos intermareal fue similar en ambos sectores (>3%), siendo similares a los observados en la campaña de verano 2021 y superiores a los reportados en invierno 2022. No obstante, estos valores están por debajo de lo descrito por Hyland *et al.* (2000), quienes en su estudio realizado en las costas del atlántico norte consideran que ambientes con valores de COT inferiores a 500 g/Kg son buenos para el desarrollo de comunidades. Esta concentración está cercana al valor establecido como bueno para el desarrollo de comunidades por lo que, se debe considerar en los muestreos a realizar en el futuro.

Biota submareal e intermareal

Los sedimentos de un sistema acuático reflejan la calidad ambiental de una zona, así como las variaciones temporales de ciertos parámetros hidrológicos y químicos (Azevedo *et al.*, 1988). La porción superior de los sedimentos marinos es habitada por organismos muy diversos, desde bacterias hasta macroinvertebrados. Estos organismos tienen incidencia en el transporte y mezcla de partículas sedimentarias y en los flujos de elementos traza (interface agua sedimento) al producir cambios en las reacciones redox que ocurren en la superficie del suelo marino (Burdige, 2006).

El ensamble de la macrofauna de fondos blandos submareales colectado en la presente campaña del PVA, es el comúnmente descrito en el submareal de la zona norte y centro de Chile (Lancellotti & Vásquez, 2000). El phylum Annelida fue el grupo dominante en términos de abundancia y riqueza; mientras que, el phylum Mollusca fue el grupo dominante en biomasa. Esta cualidad del ensamble de la macrofauna es una característica común en los fondos marinos blandos, y es un indicativo de buena salud ambiental y de una comunidad estable (Jørgensen *et al.* 2016). En general, la dominancia de moluscos, poliquetos anélidos y crustáceos artrópodos es una condición normal del ensamble de la macrofauna de fondos blandos submareales en el norte de Chile (Thiel *et al.*, 2007). Complementariamente, las curvas ABC basadas en la k-dominancia de la infauna da cuenta de la buena calidad ambiental de los sedimentos, donde ninguna de las estaciones de

estudio presentó señales de perturbación ambiental (Warwick et al., 1987); y, además, el resto de los parámetros comunitarios para dichas estaciones muestran condiciones normales. Los índices univariados y multivariados obtenidos durante la presente campaña indican una persistencia en la estructura comunitaria detectada en las campañas anteriores.

El intermareal de arena se mostró pobre en términos de riqueza y abundancia de las especies observadas, influenciado fuertemente por los escasos de dicho sustrato en ambos sectores. Esta escasez de sustrato y las perturbaciones generadas por la rompiente del sector explican la presencia casi exclusiva de poliquetos en el sector, aunque ninguno de estos son indicadores de contaminación por materia orgánica, por lo que no se observaría un efecto del emisario en este ambiente. Además, la composición y riqueza de especies persiste respecto a lo reportado en campañas anteriores del PVA.

CONCLUSIONES.

- Las condiciones intrínsecas de la columna de agua como corrientes, temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto son esperables para la época del año y no se observan alteraciones producto de la operación del emisario.
- Los parámetros químicos medidos se encuentran dentro de los parámetros normales para el agua de mar. Sólo se observa presencia de coliformes fecales y totales a los 10 metros de una de las estaciones más cercanas al emisario. La presencia de heterótrofos registró concentraciones inferiores a las observadas en la campaña de invierno 2022, pero que son observadas periódicamente a lo largo de los muestreos del PVA, probablemente debido a variabilidad de las condiciones ambientales que faciliten la dispersión del flujo proveniente del emisario.
- Los sedimentos marinos presentan granulometrías similares a las observadas en el pasado y su composición, principalmente de arenas gruesas se explica por las dinámicas costeras del sector
- Respecto de las comunidades biológicas, en el submareal no se observa perturbación ambiental en las comunidades de la infauna, con valores de riqueza y diversidad y composición de especies esperables para la latitud estudiada. Para el intermareal se observó una comunidad pobre, debido a la escasez de sustrato estable y a la posible perturbación de la rompiente en el sector.
- No se aprecia un impacto ambiental atribuible al emisario en el ambiente biótico y abiótico el sector.

6. REFERENCIAS.

- Ampuero A. 2018.** Relación del pH y Oxígeno disuelto de fondo con la distribución del bento calcificante de la plataforma centro-norte peruana. Tesis para optar al grado de maestro en ciencias del mar.
- Azevedo, H. L., Monken, H. R., & V. P. Melo. 1988.** Study of heavy metal pollution in the tributary rivers of the Jacarepagua Lagoon, Río de Janeiro State, Brazil, through sediment analysis. *Metals in Coastal Environments of Latin America*, 21-29.
- Ayat M, El-Mellah M, & A.G. Mishricky. 1989.** The clam bivalve, *Mytilus* sp. as an indicator of coliform pollution in some western beaches of Algeria. *MIRCEN journal* 5: 383-385.
- Bailey D., Plenys T., Solomon G., Campbell T., Ruderman G., Masters J. y B. Tonkonogy. 2004.** Harboring pollution, Strategies to Clean Up U.S. Ports. Natural Resources Defense Council. www.nrdc.org
- Barr N.G., B.D. Dudley, K.M. Rogers & C.D. Cornelisen. 2013.** Broad-Scale Patterns of Tissue- $\delta^{15}\text{N}$ and Tissue-N Indices in Frondose *Ulva* spp.; Developing a National Baseline Indicator of Nitrogen-Loading for Coastal New Zealand *Marine Pollution Bulletin* 67(1-3): 203-216.
- Buchanan, J. B. & J. M. Kain. 1971.** Measurements of the physical and chemical environment. En: *Methods for the study of marine benthos*. N. A. Holme y A. D. MacIntyre (eds.): 30-58. Blackwell Scientific Publication. Oxford, Reino Unido.
- Brown, A.C. and McLachlan, A. 1990.** Ecology of sandy shores. Elsevier, Amsterdam.
- Burdige, D.J. 2006.** Geochemistry of marine sediments. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press.

- Bustamante C. 2006.** Caracterización ecológica del ecosistema bentónico submareal en las áreas costeras de la VIII región, Chile; criterios de manejo y legislación para la conservación marina. Tesis de Grado, Facultad de ciencias, Universidad Austral de Chile.
- Calvert, S. E., T. F. Pedersen. 2007.** Chapter fourteen elemental proxies for palaeoclimatic and palaeoceanographic variability in marine sediments: Interpretation and application. *Developments in Marine Geology*, 1: 567-644.
- Clarke, K. R., & R. M. Warwick. 2001.** Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation, 2, 1-68.
- Cobelo-García, A. & R. Prego. 2004.** Influence of point source on trace metal contamination and distribution in a semi-enclosed industrial embayment: the Ferrol Ria (NW Sapin). *Est. Coast. Shelf Sci.*, 60: 695-703.
- Cupul-Magaña, L.A., C. Mosso, JP Sierra, E. Martí, J. Ferman, M. Rodilla, J. González, A. Sánchez. 2006.** Caracterización y patrones de distribución de los sedimentos superficiales en bahía Cullera, España. *Cienc. Mar* vol. 32 no 4 Ensenada.
- De Castellanos ZA. 1992.** Catálogo descriptivo de la malacofauna marina magallánica: Neogastropoda, Buccinulidae y Nassaridae. CIC, Provincia de Buenos Aires. Comisión de Investigaciones Científicas, Argentina 8: 27 pp.
- Decreto 518. 2006.** Ministerio de Defensa Nacional; Subsecretaría de Marina; Comisión Regional de Usos del Borde Costero, Región de Coquimbo. Declara áreas de usos preferentes específicos en los espacios del borde costero del litoral de la IV región de Coquimbo. *Diario Oficial*, 6 de abril de 2006.
- Evaluación de la calidad de agua de las zonas costeras limítrofes.** (Art. Internet www.kantauri.es/archivos_PDF/02.pdf).

- Facchinelli, A., Sacchi, E. & Mallen, L. 2001.** Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. *Environmental Pollution*. 114:313-324.
- Ferris H. & T. Bongers. 2006.** Nematode Indicators of Organic Enrichment. *Journal of Nematology* 38(1):3–12.
- Hyland, J., I. Karakassis, P. Magni, A. Petrov & J. Shine. 2000.** Summary Report: Results of initial planning meeting of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Benthic Indicator Group. 70 p.
- Ingersoll, R., Bullard, T., Ford, R., Grimm, J., Pickle, J. S, Sares. 1984.** The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. *Journal of Sedimentary Petrology*, 54(1): 103-116.
- Isla, F., Iantanos, N., E, Estrada. 2002.** Playas reflectivas y disipativas macromareales del Golfo San Jorge, Chubut. *AAS Revista*, 9 (2): 155-164.
- Jackson, P. & Sheiham, I. 1991.** Measurement of colour and turbidity. En I. M. Lamont, ed. *Water research topics*. Ellis Horwood Publishers, 221–229
- Jaramillo, E., Carrasco, F., Quijon, P., Pino, M. and Contreras, H. (1998).** Distribución y estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica de la costa del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71: 459-478.
- Jørgensen, S., Xu, L., & R. Costanza. 2016.** Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. CRC press.
- Libes, S., 1992.** An Introduction to Marine Biogeochemistry. John Wiley & Sons. Inc. USA. 734 pp.
- Lancellotti, D. A., & J.A. Vásquez. 2000.** Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Revista chilena de historia natural*, 73(1), 99-129.

Melo, T., N. Silva, P. Muñoz, J. Díaz-Naveas, J. Sellanes, A. Bravo, J. Lamilla, J. Sepúlveda, R. Vögler, Y. Guerrero, C. Bustamante, M.A. Alarcón, D. Queirolo, F. Hurtado, E. Gaéte, P. Rojas, I. Montenegro, R. Escobar & V. Zamora. 2007. Caracterización del fondo marino entre la III y X Regiones. Informe Final Proyecto FIP N° 2005-61. Estud. Doc. N° 22/2007. 287 pp.

Monsalve, R. M. 2018. Análisis de la calidad de agua de mar y su relación con la infraestructura asociada a la actividad minera en la región de Antofagasta, entre los años 1990-2015. Tesis para optar al grado de magister en geografía con mención en organización urbano regional. Univ. Chile.

Peñalver, E. 2005. “Dinámica de la capa superior de la zona costera frente a Coquimbo y su relación con la distribución de nutrientes y clorofila”. Tesis de Magister en ciencias del mar. UCN.

Pielou, E. 1977. Mathematical ecology. 2nd. Wiley, New York.

Pub. SHOA 3009. Tablas de Marea de la Costa de Chile. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, 2009.

Rudolph A, Franco C., Becerra J., Barros A. y R Ahumada. 2002. Evaluación de materia orgánica e hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos superficiales, bahía Concepción-Chile. Boletín de la Sociedad Chilena de Química 47: 403-410.

Sepúlveda, R.D., R.A. Moreno & F.D. Carrasco. 2003. Diversidad de macroinvertebrados asociados a arrecifes de *Phragmatopoma moerchi* Kinberg, 1867 (Polychaeta: Sabellariidae) en el intermareal rocoso de Cocholgue, Chile. Gayana (Concepc.): 45-54.

Shannon C, & Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, IL.

Sokal R. R. & J. Rohlf. 1981. Biometry. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 776 pp.

Thiel, M., Macaya, E. C., Acuña, E., Arntz, W. E., Bastias, H., Brokordt, K., Camus, P. A., Castilla, J. C., Castro, L., Cortés, M., Dumont, C. P., Escribano, R., Fernandez, M., Fajardo, J. A., Gaymer, C. F., Gomez, I., Gonzalez, A. E., Gonzalez, H., Haye, P. A., Illanes, J. E., Iriarte, J. L., Lancellotti, D. A., Luna-Jorquera, G., Luxoro, C., Manriquez, P. H., Marín, V., Muñoz, P., Navarrete, S. A., Perez, E., Poulin, E., Sellanes, J., Hito Sepúlveda, H., Stotz, W., Tala, F., Thomas, A., Vargas, C. A., Vásquez, J. A. & J. M. Alonso Vega. 2007.The Humboldt current system of northern and central Chile. Oceanographic processes, Ecological interactions and socioeconomic feedback. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 45: 195-344.

Valdenegro, A & N Silva. 2002. Distribución de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes entre la boca del Guafo y el canal Pulluche. (Crucero CIMAR 8 Fiordos).

Dávila, P. M., & Valdés, J. 2015. Variabilidad temporal de las masas de agua costeras en bahía San Jorge, Antofagasta, Chile 23 S (2008-2012). *Revista de biología marina y oceanografía*, 50(1), 61-80.

Valdés, J., R. Araya, M. Ortiz, P. Dávila. 2012. Estudio levantamiento de información para el control ambiental de la Bahía de San Jorge. Informe Final BIP 30059576. Universidad de Antofagasta.

Villagrán, C. 2007. Dinámica costera en el sistema de bahías comprendidas entre Ensenada Los Choros y Bahía Tongoy. Tesis, Universidad de Chile, Escuela de Geografía, 120 pp.

Warwick, R. M., Pearson, T. H. & Ruswahyuni. 1987. Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance/biomass method. Mar. Biol. 95: 193-200.

Warwick, R.M. 1986, A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities, Mar, Biol,, 92: 557–562.

Zar, J.H., 1996. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ Inc New Jersey 660 pp.

Consultas de internet.

Tablas con los valores límite de emisión en efluente de las autorizaciones de vertido al mar desde tierra.

Reglamento de Calidad de Agua para consumo Humano. Ministerio de Salud. Perú.

7. ANEXOS.

ANEXO I: Responsables y participantes de las actividades de muestreo, medición y análisis. Además, responsables de la elaboración del informe de Seguimiento Ambiental.

ANEXO II: Calibración Sonda SeaBird 19 plusV2

ANEXO III: DS 711

ANEXO IV: Pesca de Investigación

DOCUMENTOS ANEXOS:

DOC I: Informes de Inspección y Acreditaciones CEAMAR.

DOC II: Informes y Acreditaciones de Laboratorio

ANEXO I

RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS ACTIVIDADES DE MUESTREO, MEDICIÓN Y ANÁLISIS

Responsables y participantes	Función desempeñada
CEAMAR SpA	
Luis Caillaux	Jefe proyecto. Análisis comunidades, edición Informe. Inspector Ambiental
Edward Peñalver	Muestreo y análisis oceanografía física y química, edición de informe.

ANEXO II

CALIBRACIÓN SONDA SEABIRD 19 PLUS V2



Representante



Certificado de Calibración & Estandarización de CTDpH N° 1124/2022.

El presente documento certifica que el instrumento especificado a continuación, se examinó y se estandarizó con un equipo CTD marca Seabird Scientific, modelo (SBE 19 plus V2) certificado, de propiedad de Alakaluf Ltda., representante en Chile de Seabird Scientific.

Información del cliente

Razón social: CEAMAR SpA

Región: La Serena, Chile

Dirección: Eduardo de la Barra N° 210

Fecha de recepción: 21 de julio de 2022

I.- Referencias

Análisis y evaluación comparativa del funcionamiento, respuesta y estabilidad de sensores de presión, conductividad, temperatura, Ph y oxígeno disuelto de equipo CTD modelo SBE19plus s/n 0197457, considerando como referencia equipo CTD SBE25plus s/n 0251205 con sensores calibrados de fábrica en junio-octubre de 2020, bajo condiciones controladas (patrón secundario).

A. Equipo evaluado:

Modelo: SBE19plus s/n 0197457
(CEAMAR) Calibración:

1. Temperatura,
2. Conductividad
3. Presión
4. Oxígeno disuelto
5. pH

B. Equipo referencia:

Modelo: SBE25plus s/n 0251205
(ALAKALUF) Calibración:

1. Temperatura
2. Conductividad
3. Presión
4. Oxígeno disuelto
5. pH

II.- Protocolo de evaluación

a.- Preparación y verificación:

1. Cambiar pilas (nuevas DURACELL) a ambos CTD.
2. Borrar la memoria de ambos CTD.
3. Verificar voltaje de las baterías internas de litio.
4. Configuración de frecuencia de conductividad y retardo de la bomba para ambos CTD.
5. Configurar la misma hora para ambos CTD.

b.- Mediciones

1. Encender ambos equipos al mismo tiempo (60 segundo en seco).
2. Sumergir en tanque con agua ambos equipos al mismo tiempo teniendo el cuidado que los sensores de ambos CTD estén alineados.
3. Medir durante 30min (1800s).
4. Sacar los equipos del agua al mismo tiempo.
5. Fuera del agua, medir durante 60 segundos en seco.
6. Apagar los equipos al mismo tiempo.
7. Descarga datos.
8. Borrar memoria.
9. Verificar voltaje de las baterías (No generar mediciones con voltaje inferiora 11.5 volt).
10. Repetir puntos 1 al 9 por 4 veces.

III.- Análisis de la información

a.- Procesamiento de archivos de CTD

01.- Conversión de datos de formato hexadecimal a ASCII con el software SBE Data Processing proporcionado por el fabricante.

b.- Control de evaluación: baterías (Bat.), Baterías internas (Int.), hora de inicio (H.I) y hora de termino (H.T)

Tabla 1. En agua dulce

Exp.	CTDA	CTDB	Bat.A	Bat.B	Int.A	Int.B	H.I	H.F
1	7457	1205	13.7	18.1	8.2	7.3	11:00	11:30
2	7457	1205	13.5	17.5	7.9	7.3	11:53	12:23
3	7457	1205	13.1	17.2	7.9	7.3	12:41	13:11
4	7457	1205	12.9	17.0	7.9	7.3	13:26	13:56

Tabla 2. En agua de mar

Exp.	CTDA	CTDB	Bat.A	Bat.B	Int.A	Int.B	H.I	H.F
1	7457	1205	12.8	17.2	8.4	7.3	16:40	17:11
2	7457	1205	12.8	16.5	8.4	7.3	17:15	17:45
3	7457	1205	12.8	16.4	8.4	7.3	17:50	18:20
4	7457	1205	12.8	16.1	8.4	7.3	18:25	18:55

IV.- Resultados

Los voltajes de las pilas y de las baterías de todos los equipos se encontraban perfecto estado y con valores dentro de los rangos requeridos.

Las pruebas de comparación se repitieron 8 veces: 4 veces en agua dulce y 4 veces en agua de mar por un periodo de más de 30 minutos cada una. Todas las series de tiempo completas de Temperatura, Conductividad, Oxígeno, pH y ORP se presentan para cada CTD.

La observación de las diferencias con respecto al patrón secundario se presenta en gráficos de histogramas. En estos histogramas solo están incluidos los datos pertenecientes al periodo en que las mediciones están estabilizadas. Debido al excelente comportamiento de los sensores no se observaron valores anómalos.

a) Agua dulce

Conductivity [$\mu\text{S}/\text{cm}$] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

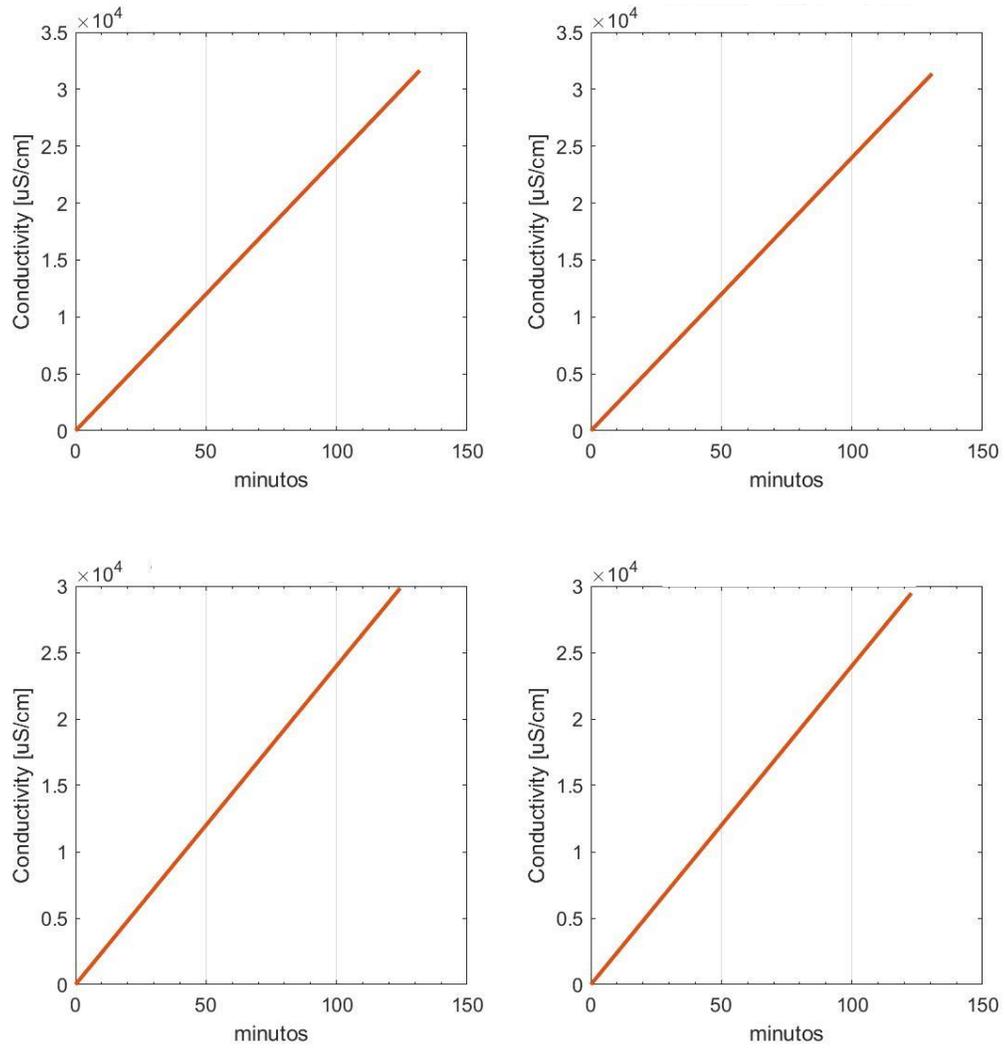


Fig. 1. Series de tiempo de Conductividad. En azul se indica el patrón secundario, el patrón secundario se encuentra bajo la línea roja.

Conductivity [uS/cm] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

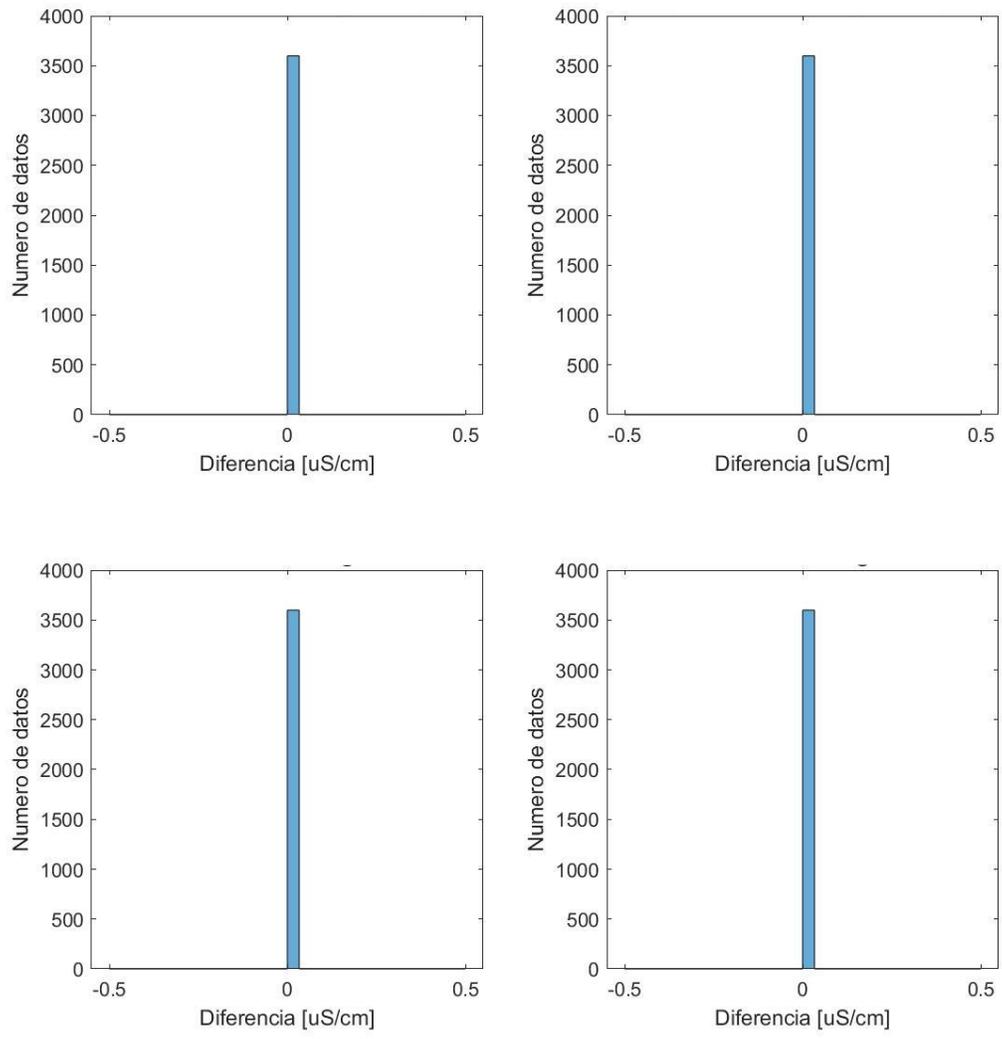


Fig. 2. Histogramas de las diferencias en Conductividad con respecto al patrón secundario.

Temperature [°C] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

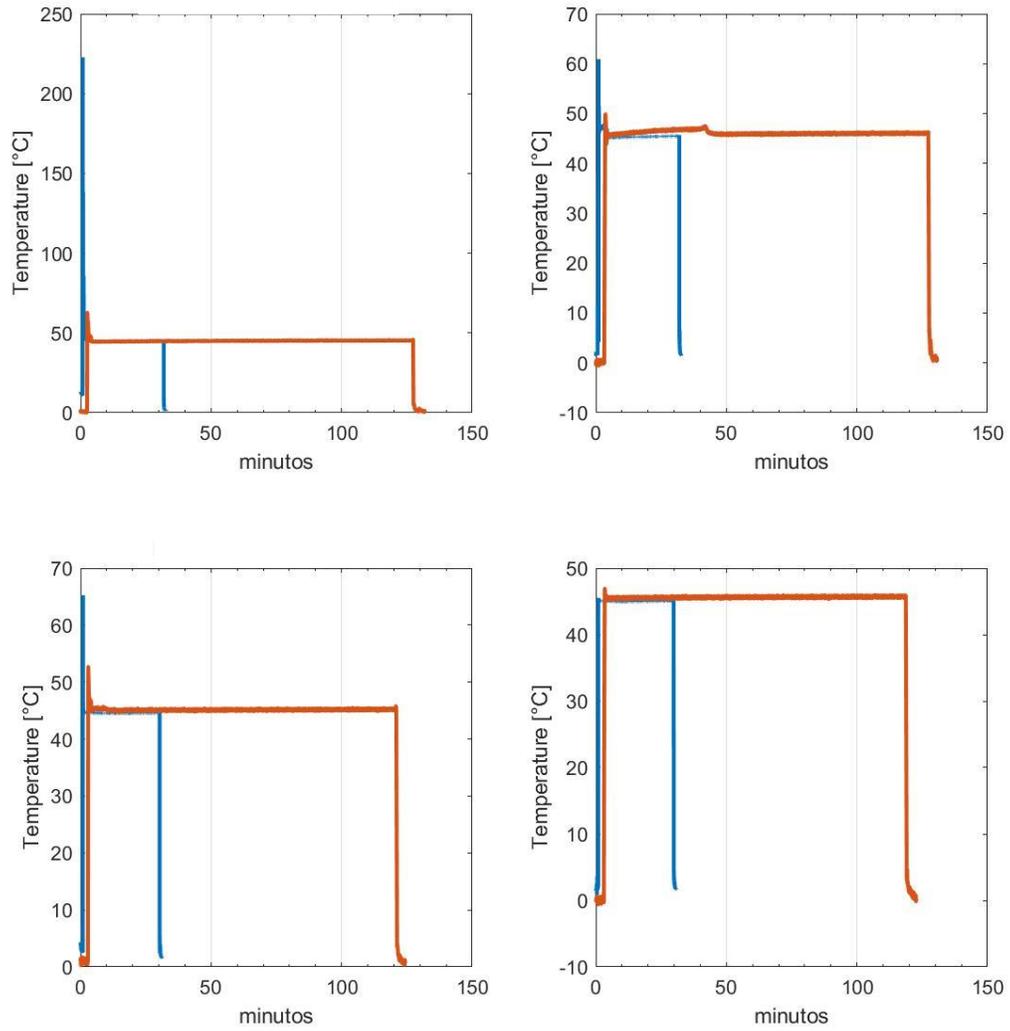


Fig. 3. Series de tiempo de Temperatura. En azul se indica el patrón secundario.

Temperature [°C] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

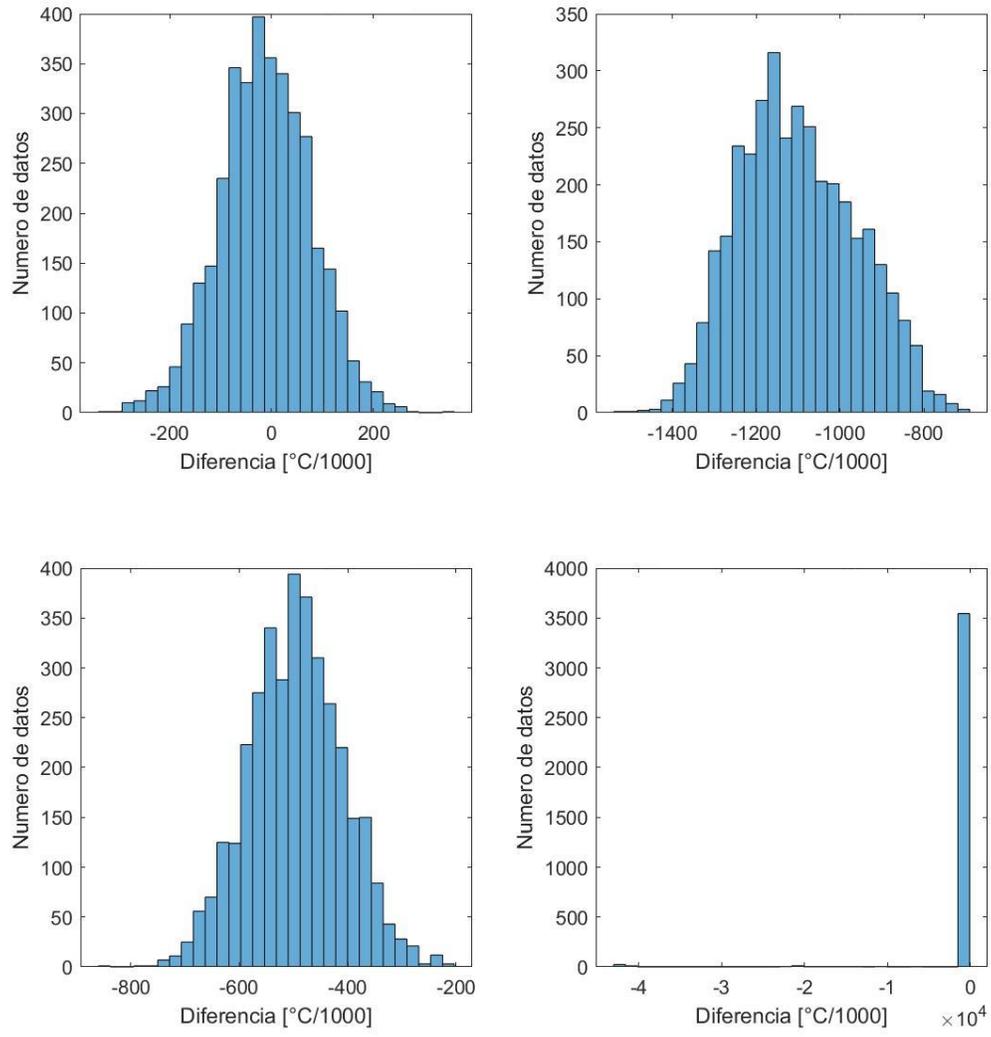


Fig. 4. Histogramas de las diferencias en Temperatura con respecto al patrón secundario.

Oxygen [mg/l] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

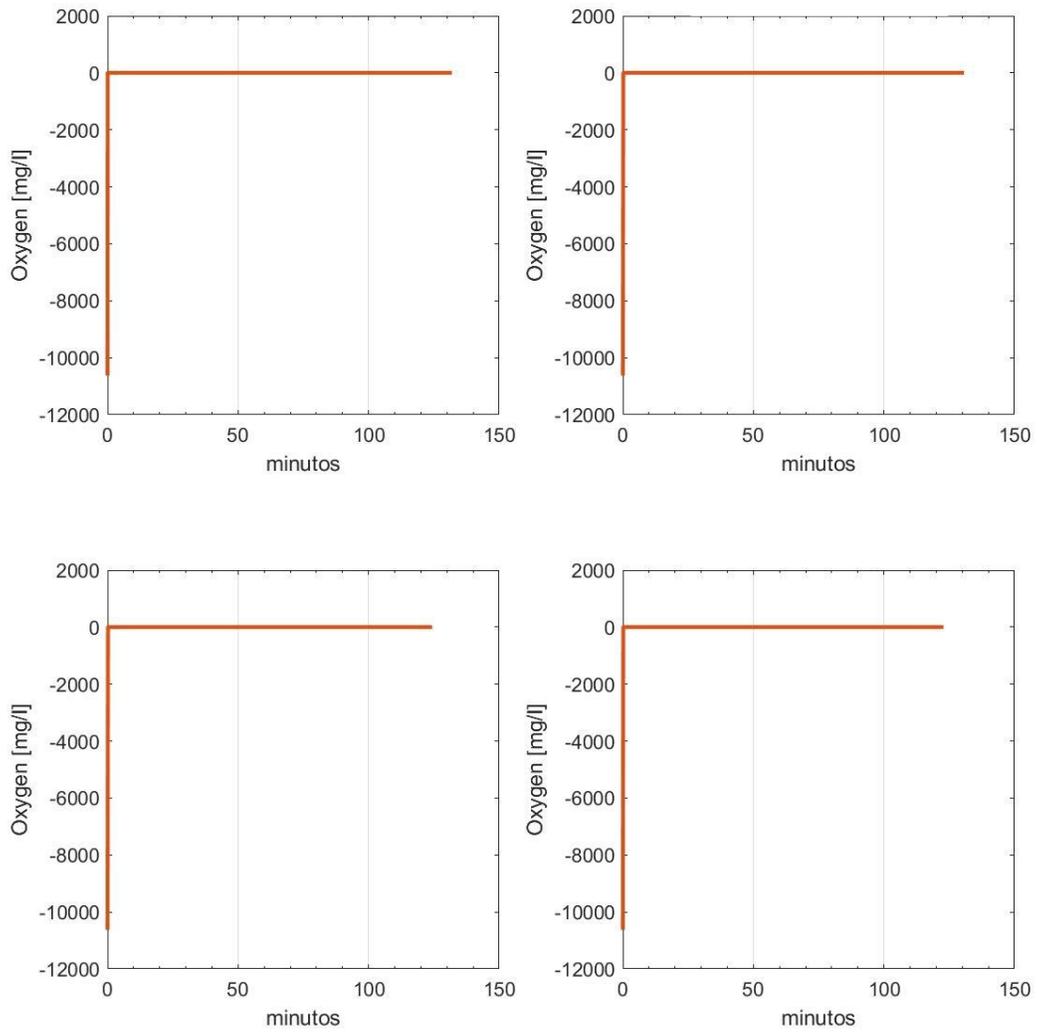


Fig. 5. Series de tiempo de Oxigeno. En azul se indica el patrón secundario, el patrón secundario se encuentra bajo la línea roja.

Oxygen [mg/l] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

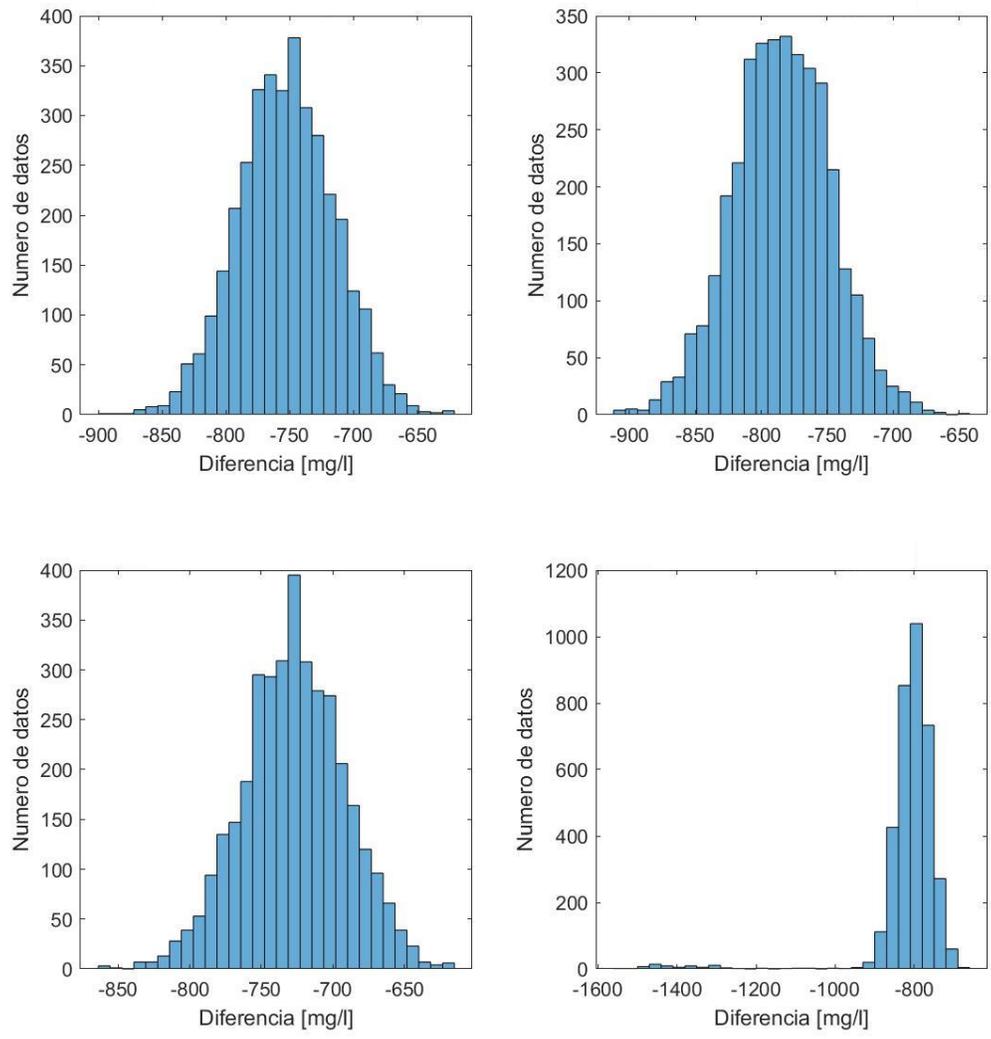


Fig. 6. Histogramas de las diferencias en Oxigeno con respecto al patrón secundario.

pH CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

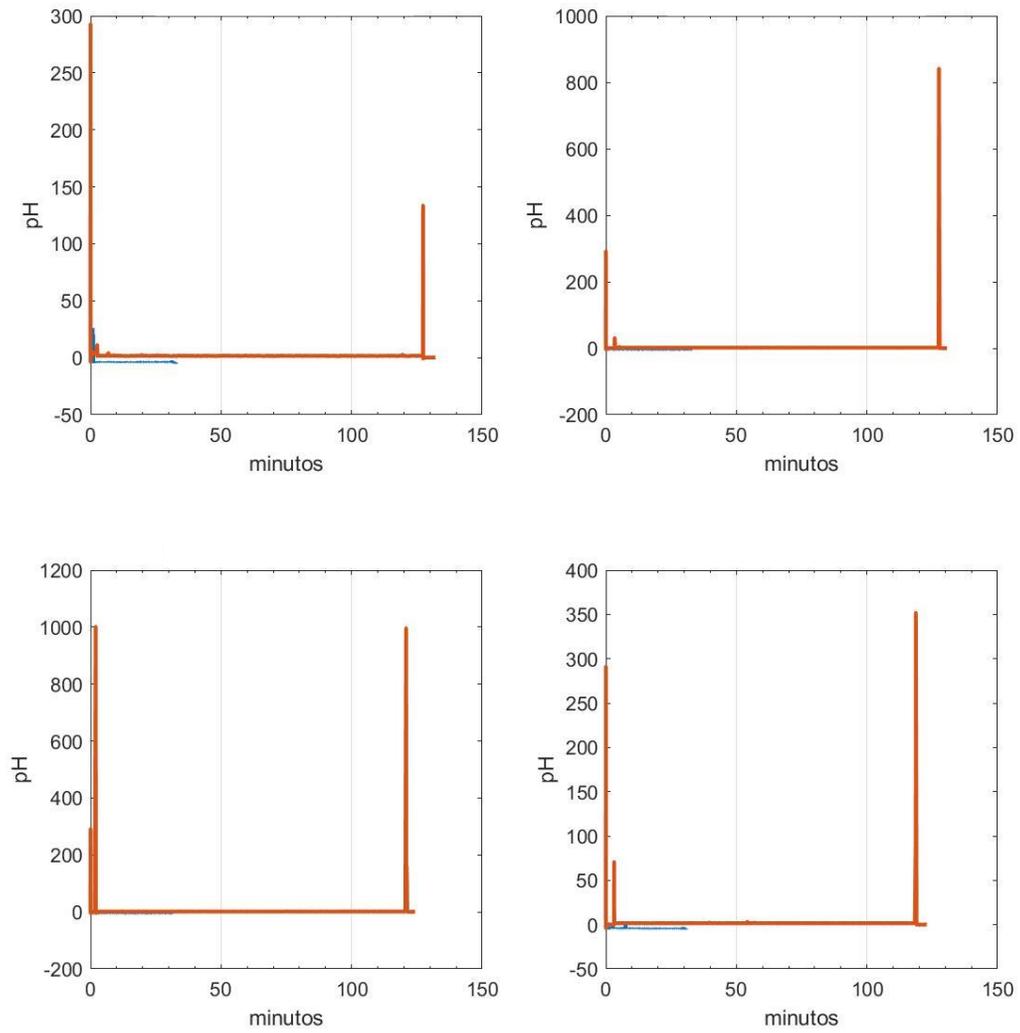


Fig. 9. Series de tiempo de pH. En azul se indica el patrón secundario.

pH CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

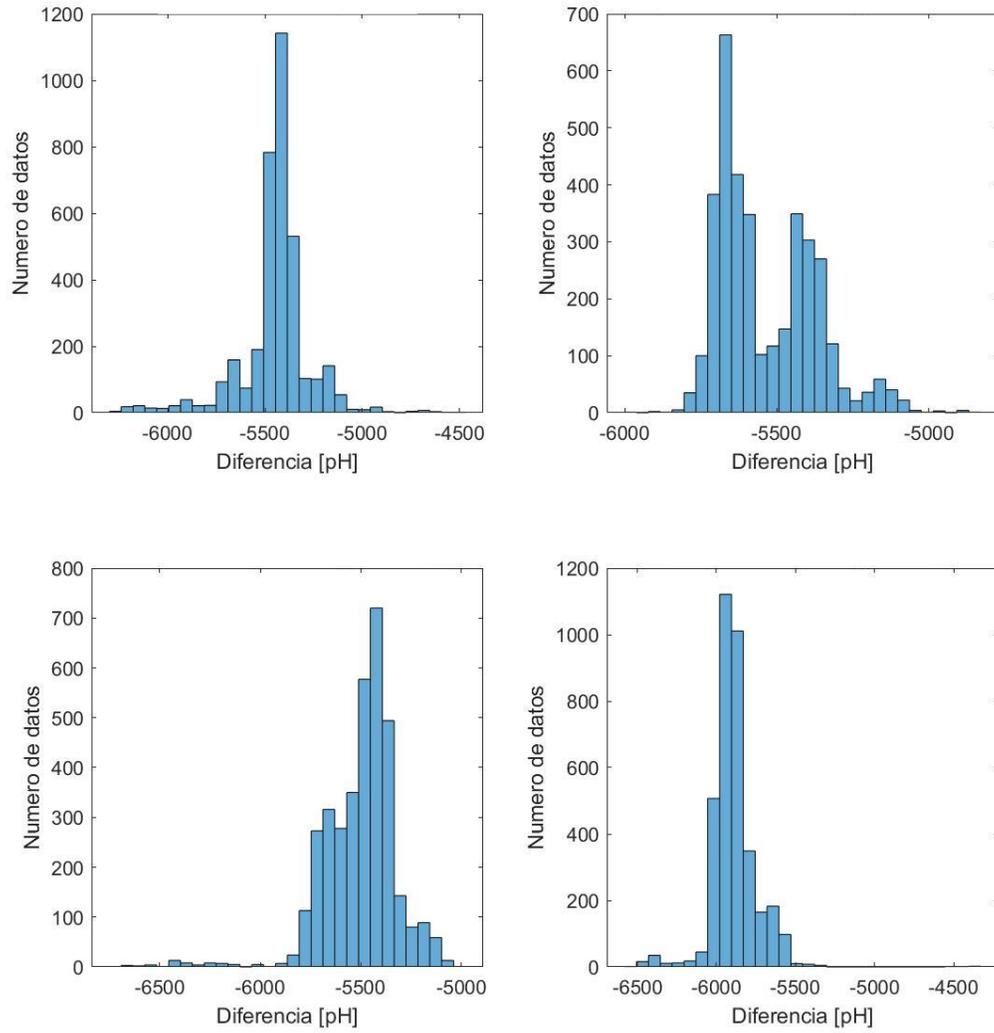


Fig. 10. Histogramas de las diferencias en pH con respecto al patrón secundario.

a) Agua de mar

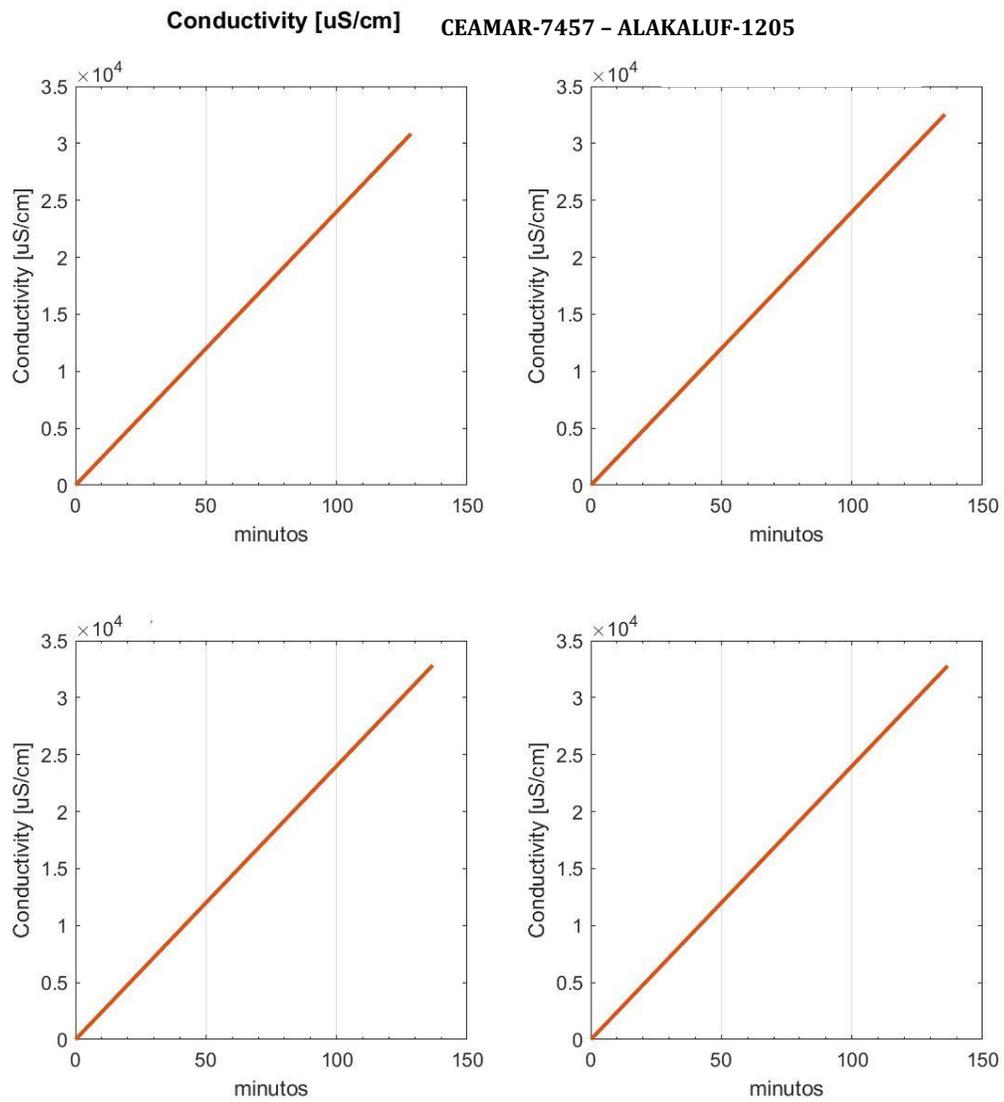


Fig. 23. Series de tiempo de Conductividad. En azul se indica el patrón secundario, el patrón secundario se encuentra bajo la línea roja.

Conductivity [uS/cm] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

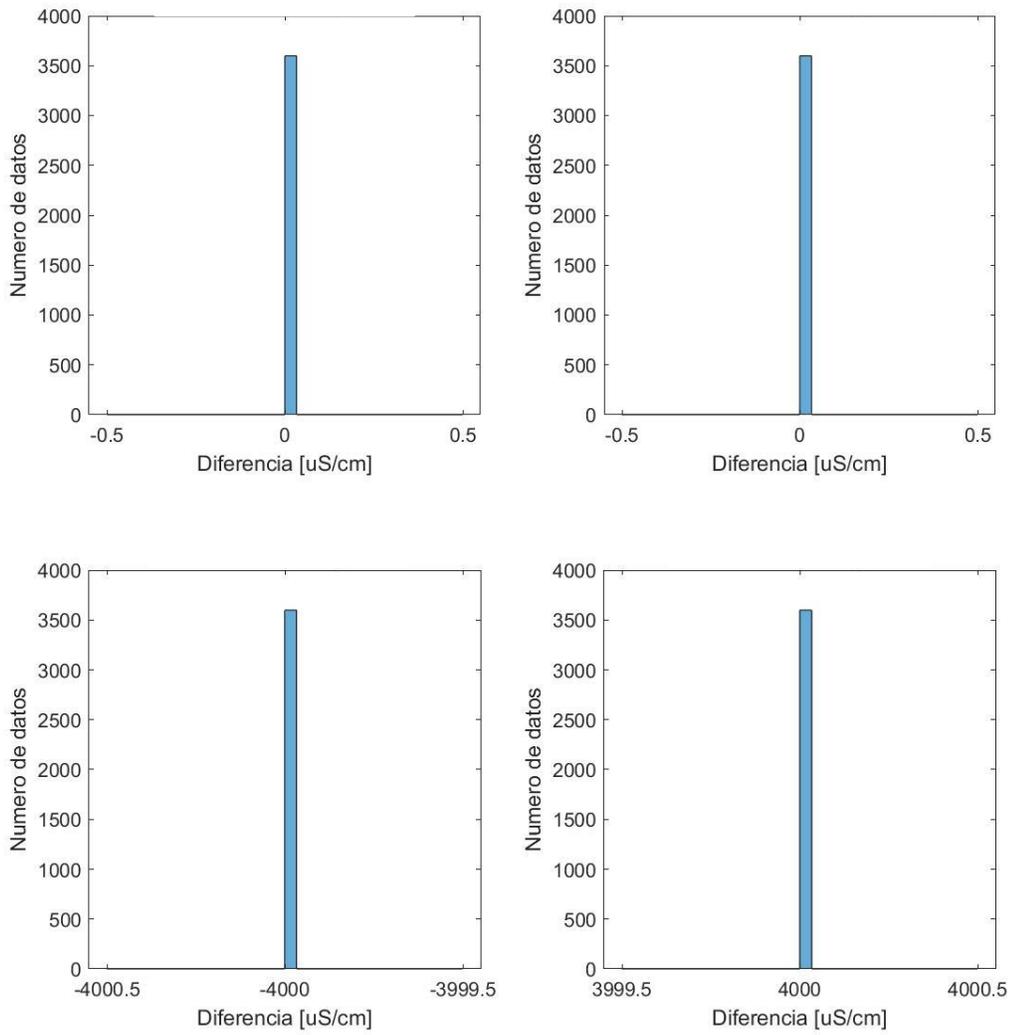


Fig. 24. Histogramas de las diferencias en Conductividad con respecto al patrón secundario.

Temperature [°C] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

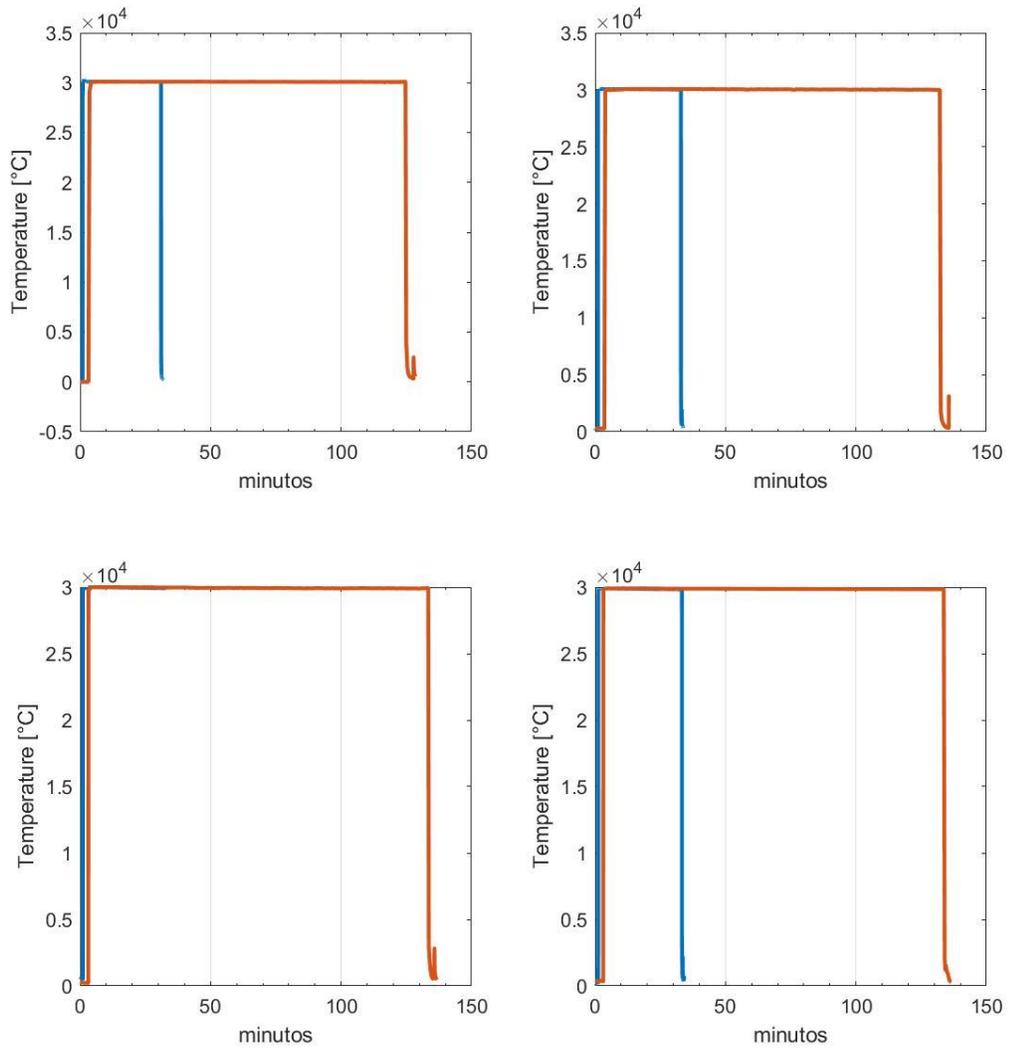


Fig. 25. Series de tiempo de Temperatura. En azul se indica el patrón secundario.

Temperature [°C] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

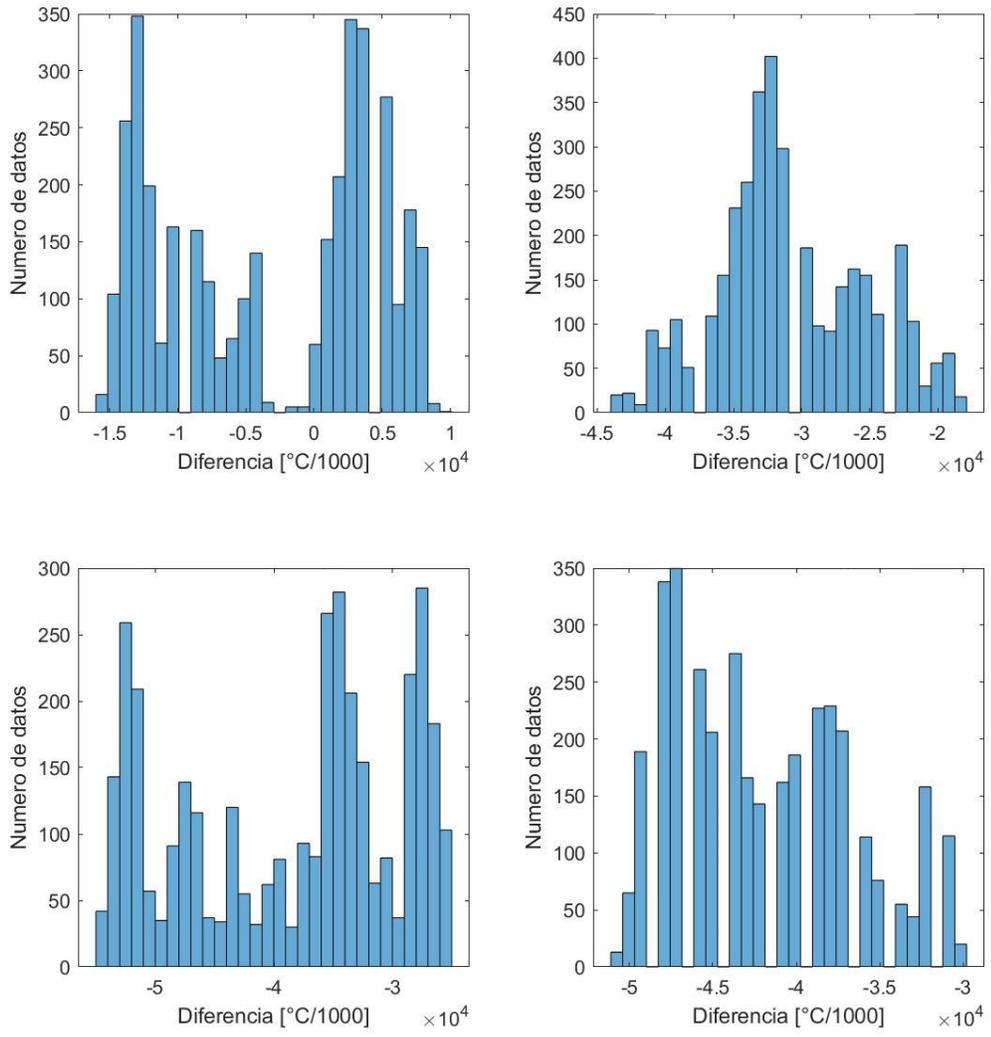


Fig. 26. Histogramas de las diferencias en Temperatura con respecto al patrón secundario.

Oxygen [mg/l] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

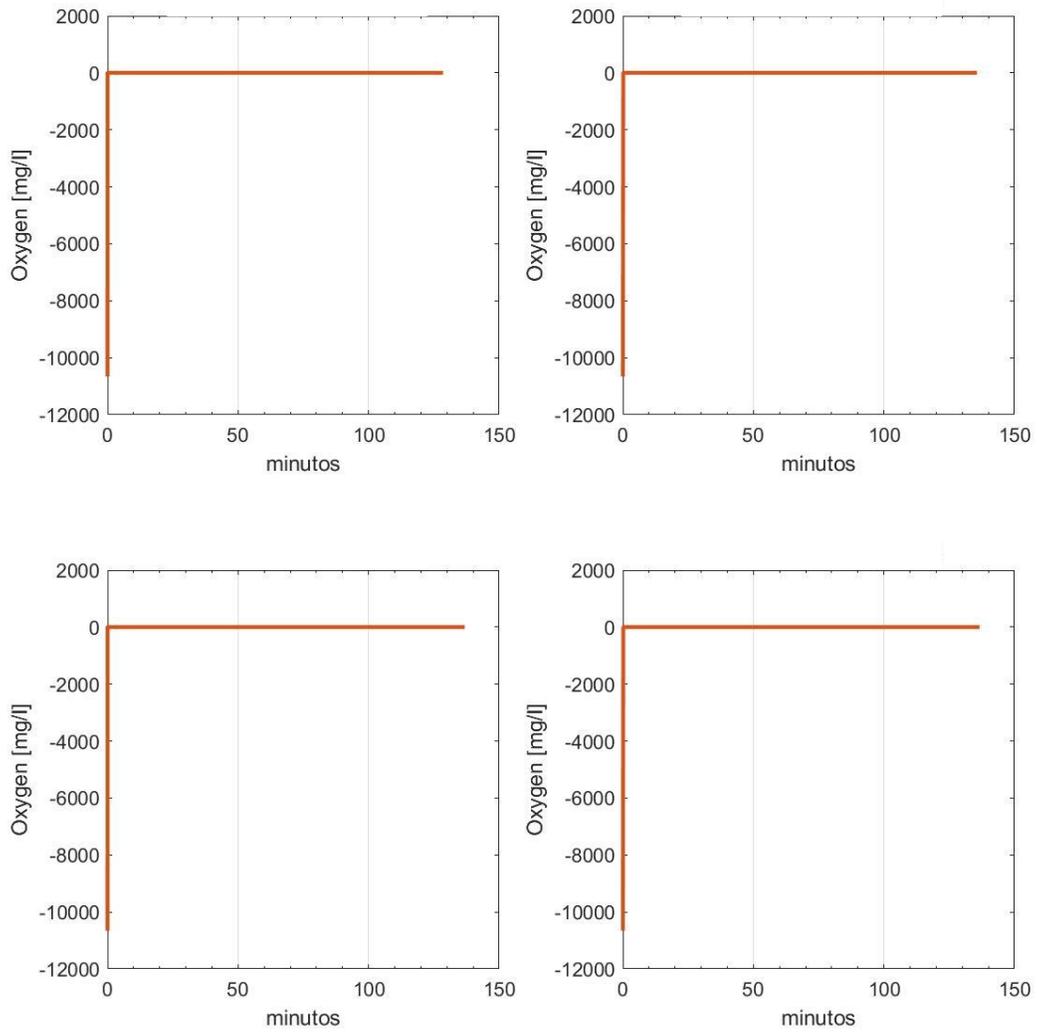


Fig. 27. Series de tiempo de Oxigeno. En azul se indica el patrón secundario, el patrón secundario se encuentra bajo la línea roja.

Oxygen [mg/l] CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

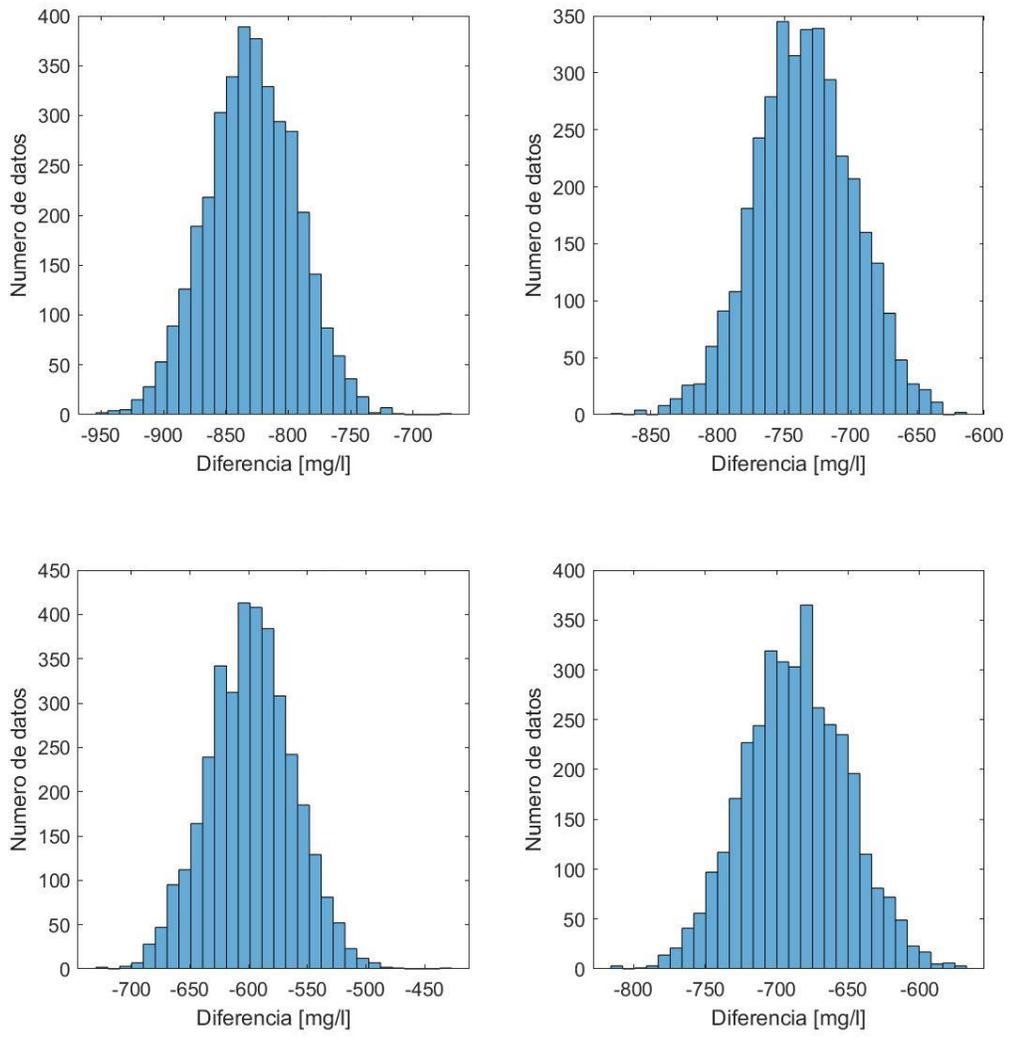


Fig. 28. Histogramas de las diferencias en Oxigeno con respecto al patrón secundario.

pH CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

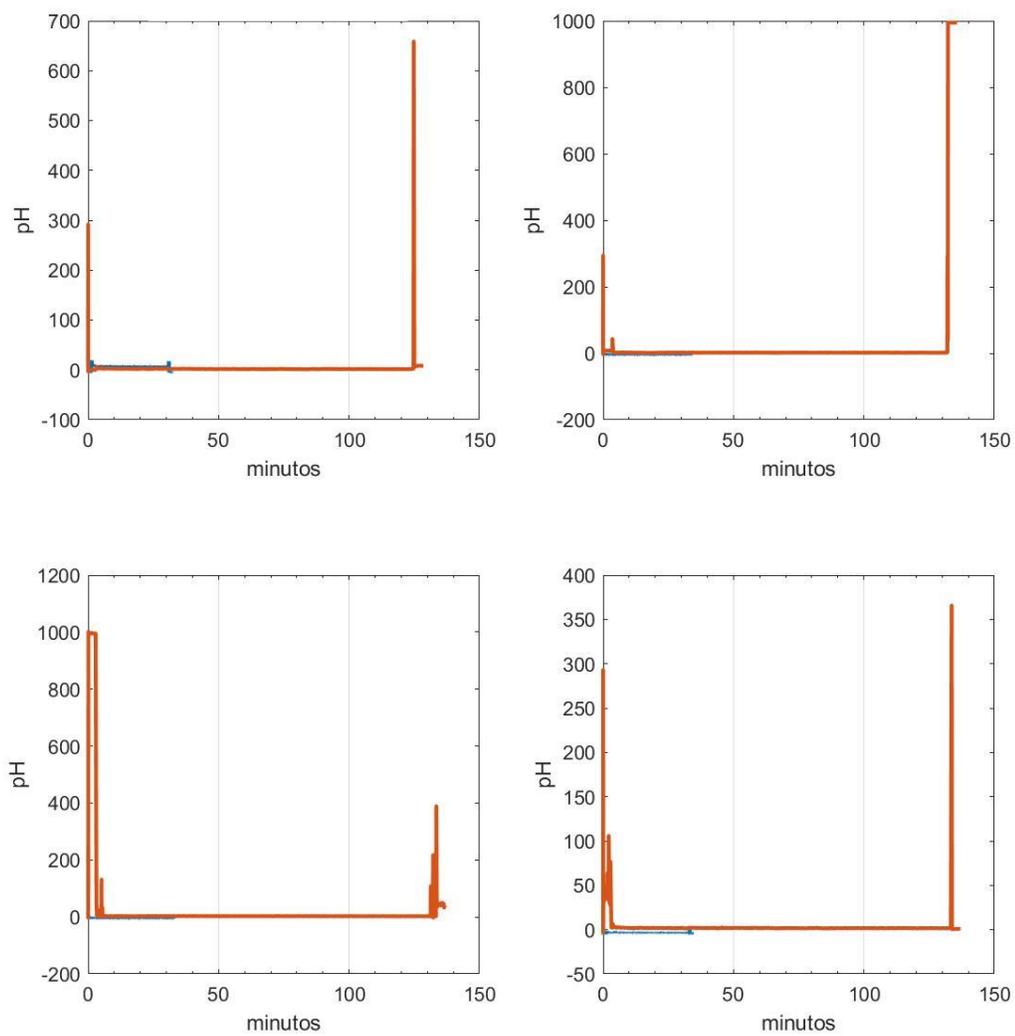


Fig. 31. Series de tiempo de pH. En azul se indica el patrón secundario.

pH CEAMAR-7457 - ALAKALUF-1205

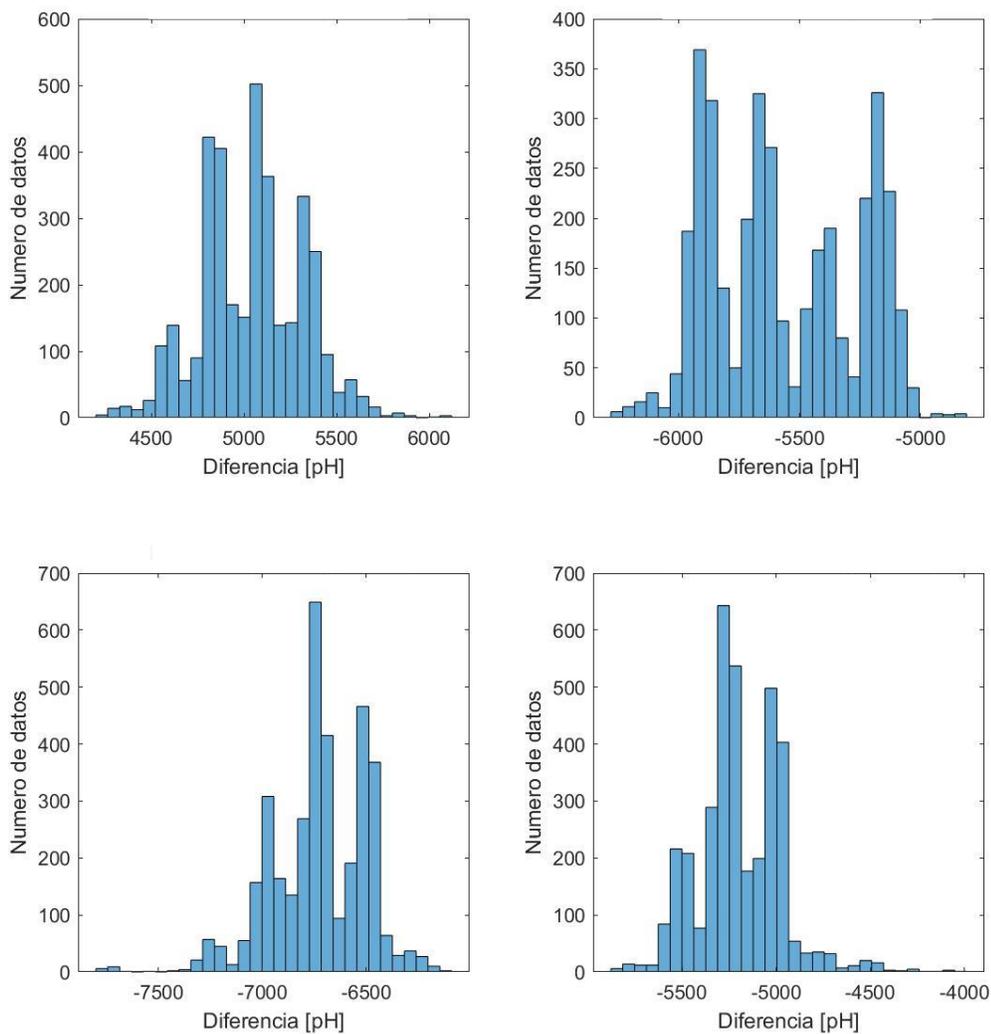


Fig. 32. Histogramas de las diferencias en pH con respecto al patrón secundario.

V.- Conclusión

1. La exactitud de los sensores de Temperatura, Conductividad, Oxígeno y pH, para el CTD analizado, está dentro del rango especificado por el fabricante.
2. En ninguno de los experimentos, los sensores de Temperatura, Conductividad, Oxígeno y pH, presentaron valores anómalos.
3. El tiempo de estabilización apropiado del CTD debe ser de al menos 3 minutos.
4. En el CTD, la grabación de datos en memoria está operando en perfectas condiciones.
5. Finalmente, en base al análisis de las 4 series de tiempo comparativas se puede concluir que el CTD está operando en óptimas condiciones.



Firma

Gustavo Sergio Andrade Barrientos
Oceanógrafo y Biólogo Marino., M.Sc.
www.alakaluf.cl Señoret 227, Punta Arenas

ANEXO III

PERMISO DS 711

AUTORIZA A LA EMPRESA CEAMAR SpA.,
PARA REALIZAR ACTIVIDADES DE
INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA MARINA
EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

VALPARAÍSO, **29 MAR. 2022**

VISTO: lo solicitado por la Empresa CEAMAR SpA., mediante Solicitud N° 12034, de fecha 14 de marzo de 2022 e información complementaria de las actividades a desarrollar en terreno; las atribuciones que me confiere la Ley N° 16.771, de fecha 22 de marzo 1968; lo dispuesto en el Decreto Supremo (M) N° 192, de fecha 06 de marzo de 1969, modificado por Decreto Supremo N° 784, de fecha 14 de agosto de 1985; lo señalado en el Decreto Supremo N° 711, de fecha 22 de agosto de 1975, "Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas efectuadas en la Zona Marítima de Jurisdicción Nacional"; lo establecido en la Resolución N° 7, de fecha 26 de marzo de 2019, de la Contraloría General de la República; lo estipulado en el Decreto Supremo N° 4, de fecha 05 de febrero de 2020, modificado por Decretos Supremos N° 6 y 10, de fechas 06 y 24 de marzo de 2020, respectivamente, prorrogado por Decreto Supremo N° 52, de fecha 16 de diciembre de 2021 y lo indicado en la Resolución SHOA Ordinario N° 6010/1/366 Vrs., de fecha 31 de diciembre de 2021,

CONSIDERANDO:

- 1.- Que, la Empresa CEAMAR SpA., con fecha 14 de marzo de 2022, solicitó autorización para efectuar investigación tecnológica marina, correspondiente a mediciones de parámetros físico-químicos, compuestos orgánicos e inorgánicos, sólidos suspendidos y sedimentables, detergentes, coliformes de la columna de agua, corrientes (métodos lagrangianos) y toma de muestras de sedimentos para análisis de granulometría y carbono orgánico, para el sector comprendido entre la Península Guaman y la Rada de Antofagasta, Bahía Moreno, Región de Antofagasta.
- 2.- Que, las atribuciones del SHOA en materias de investigaciones científicas y tecnológicas marinas efectuadas en la zona marítima de jurisdicción nacional, así como los procedimientos para la tramitación de las solicitudes relacionadas con dichas investigaciones, se encuentran establecidos en el Decreto Supremo N° 711, de fecha 22 de agosto citado en VISTO.
- 3.- Que, el D.S. N° 711, aprobó el Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas efectuadas en la Zona Marítima de Jurisdicción Nacional, por lo que todo incumplimiento referente a trabajos de investigación científica y/o tecnológica marina permitidos, será sancionado de acuerdo a lo establecido en el Título III de dicho Decreto.

RESUELVO:

- 1.- **AUTORIZÁSE** a la Empresa CEAMAR SpA., para que por mandato de la Empresa ECONSSA S.A., realice actividades de investigación tecnológica marina en el sector comprendido entre la Península Guaman y la Rada de Antofagasta, Bahía Moreno (Región de Antofagasta – Carta Náutica SHOA N° 1300), las cuales se efectuarán a contar de esta fecha y hasta el 31 de marzo de 2023.

Fecha: 29 MAR. 2022

2.- DECLÁRASE:

- a.- De acuerdo a lo informado por la Empresa CEAMAR SpA., se ejecutará mediciones de parámetros físico-químicos, compuestos orgánicos e inorgánicos, sólidos suspendidos y sedimentables, detergentes, coliformes de la columna de agua, corrientes (métodos lagrangianos) y toma de muestras de sedimentos para análisis de granulometría y carbono orgánico.
- b.- Según la información proporcionada por la empresa citada en VISTO, este trabajo no requiere de inspección en terreno, ni revisión de los antecedentes finales del estudio por parte del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), en razón al carácter exploratorio de ellos. Por ende, este estudio se considerará sin valor oceanográfico.
- c.- Se deberá considerar que previo al inicio de los trabajos e independiente al trámite de zarpe de la embarcación, el Jefe de Grupo responsable de los trabajos en terreno y representante de la Empresa CEAMAR SpA., Sr. Luis Caillaux Sepúlveda, deberá concurrir a la Capitanía de Puerto de Antofagasta, para coordinar las actividades de investigación a ejecutar; requerir información respecto de las medidas de seguridad que se deben adoptar durante las operaciones de navegación y buceo, sin perjuicio de la obligación del Jefe de Terreno de solicitar ante dicha Capitanía y/o a otros organismos competentes del Estado, otras autorizaciones reglamentarias, según corresponda. Asimismo, se deberá informar la posición geográfica en que se instalarán los instrumentos oceanográficos y posteriormente su retiro, como también cualquier variación a lo autorizado.
- d.- Lo anterior, sin perjuicio de los trámites que deban ser realizados ante las autoridades competentes para autorizar los movimientos dentro del Territorio Nacional, en caso de ser necesario, en atención a la contingencia relacionada con la Alerta Sanitaria producto de la propagación del COVID-19. Asimismo, el ingreso a cualquier recinto de la Armada de Chile, estará sujeto a los controles sanitarios que se indiquen y exijan (tales como registro de temperatura, uso de mascarillas, guantes, etc.).
- e.- Que, de manera de garantizar la seguridad en la navegación, toda nave, nacional o extranjera, que navegue y realice investigación científica marina en aguas de jurisdicción nacional, deberá contar y emplear las respectivas cartas náuticas confeccionadas y publicadas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, las que se encuentran disponibles en el Catálogo de Cartas y Publicaciones Náuticas, Pub. S.H.O.A. N° 3000.
- f.- En función a lo dispuesto en el Artículo 10° del Decreto Supremo N° 711, en el evento que sean necesario extender el período ya autorizado, la Empresa o Entidad ejecutora deberá solicitar una prórroga, con a lo menos 30 días de anticipación a la fecha de expiración de la autorización otorgada, acompañando, en dicho requerimiento, un informe de las actividades realizadas hasta el momento de la solicitud.
- g.- La Empresa o Entidad a cargo de los trabajos deberá comunicar por escrito al SHOA, si la investigación tecnológica marina autorizada en la presente Resolución no se realizará, con el objeto de que este Servicio informe el término de la investigación a la Autoridad Marítima, mediante una Resolución de "Déjese Sin Efecto".

- h.- Conforme a lo dispuesto en el Artículo 16° del Decreto Supremo N° 711, citado en VISTO, al término del estudio el Representante Legal de la Empresa CEAMAR SpA., Sr. Luis Caillaux Sepúlveda, deberá remitir al SHOA, una copia (en medio digital), de los datos y escrito de los resultados obtenidos, en consideración a que dichos antecedentes son de especial interés para el Servicio. La data obtenida podrá ser utilizada en forma parcial o total por el SHOA, objeto enriquecer la Cartografía Náutica, publicaciones, informaciones o actividades que al mismo le corresponde realizar de acuerdo con lo dispuesto por el Art. 3° de la Ley citada en VISTO, privilegiando el criterio de dar seguridad a la navegación. Lo anterior, deberá ser efectuado en un plazo no superior a 6 meses, una vez finalizado el período autorizado.
 - i.- El Capitán de Puerto de Antofagasta, tendrá la facultad de no autorizar la extracción de muestras de sedimentos, si el área de estudio estuviere sometida a un régimen de concesión marítima de acuicultura u otra destinación ya otorgada, bajo la responsabilidad de un concesionario diferente al mandante señalado en el numeral 1 de la presente Resolución.
 - j.- La Empresa o Entidad a cargo de los trabajos deberá dar estricto cumplimiento a lo Autorizado y Declarado en la presente Resolución. Asimismo, todo incumplimiento referente a trabajos de investigación científica y/o tecnológica autorizados, será sancionado de acuerdo a lo establecido en el Título III del Decreto Supremo N° 711.
 - k.- Lo expuesto y dispuesto en los considerandos anteriores, no podrá bajo ningún pretexto perjudicar o amenazar los derechos de terceros, válidamente constituidos en el área de estudio.
- 3.- **ANÓTESE** y comuníquese a quienes corresponda, para su conocimiento y cumplimiento.

POR ORDEN DEL SR. DIRECTOR




CARLOS ZÚÑIGA ARAYA
CAPITÁN DE FRAGATA
SUBDIRECTOR

ANEXO IV

PERMISO PESCA DE INVESTIGACIÓN

Verificación del Documento:

- Id del Documento: 14242
- Código de verificación: 65789895854
- Verificar validez en <https://tramites.subpesca.cl/wf-tramites/public/documentos/validar>

MINISTERIO DE ECONOMÍA
FOMENTO Y TURISMO

**SUBSECRETARÍA DE PESCA Y
ACUICULTURA**

PINV E-2022-221 "PVA AMBIENTAL Y
BIOENSAYOS"

AUTORIZA A CENTRO DE ESTUDIOS
AVANZADOS EN AMBIENTES MARINOS
SpA PARA REALIZAR PESCA DE
INVESTIGACIÓN QUE INDICA.

VALPARAÍSO,
R. EX. Nº **E-2022-431**

FECHA: **02/08/2022**

VISTO: Lo solicitado por Centro de Estudios Avanzados en Ambientes Marinos SpA, mediante ingreso electrónico Subpesca E-PINV-2022-207, de fecha 01 de junio de 2022; lo informado por la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, en Informe Técnico Nº E-2022-221, de fecha 06 de julio de 2022; los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto "**PVA AMBIENTAL Y BIOENSAYOS: COMPROMISOS AMBIENTALES CONCESIÓN DE DISPOSICIÓN DE ANTOFAGASTA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA**", elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría; la Ley Nº 19.880; la Ley General de Pesca y Acuicultura Nº 18.892 y sus modificaciones cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el D.S. Nº 430 de 1991, el D.F.L. Nº 5 de 1983, 1983 y el D.S. Nº 461, de 1995, todos del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

CONSIDERANDO:

Que Centro de Estudios Avanzados en Ambientes Marinos SpA, ingresó mediante carta citada en Visto, una solicitud para desarrollar una pesca de investigación conforme los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado "**PVA AMBIENTAL Y BIOENSAYOS: COMPROMISOS AMBIENTALES CONCESIÓN DE DISPOSICIÓN DE ANTOFAGASTA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA**".

Que mediante Informe Técnico citado en Visto, la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, informa que las actividades planteadas en la solicitud califican como pesca de investigación de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2º Nº 29 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, por cuanto es una actividad extractiva sin fines de lucro, cuya finalidad es obtener datos e información para generar conocimiento científico, para proteger la biodiversidad y el patrimonio sanitario del país.

Que dicha solicitud cumple con las exigencias dispuestas en el D.S. Nº 461 de 1995, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, que establece los requisitos que deben cumplir las solicitudes de pesca de investigación.

Que de acuerdo a lo anterior y de conformidad a lo dispuesto en los artículos 98 a 102 de la Ley General de Pesca y Acuicultura y el D.S. N° 461 de 1995, citado en Visto, corresponde autorizar la pesca de investigación solicitada.

RESUELVO:

1.- Autorízase a Centro de Estudios Avanzados en Ambientes Marinos SpA, R.U.T. 76.178.110-3, con domicilio en Eduardo de la Barra N° 210, La Serena, Región de Coquimbo, para efectuar una pesca de investigación, de conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado **"PVA AMBIENTAL Y BIOENSAYOS: COMPROMISOS AMBIENTALES CONCESIÓN DE DISPOSICIÓN DE ANTOFAGASTA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA"**, elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría y el informe técnico citado en Visto, los que se consideran parte integrante de la presente resolución.

2.- El objetivo de la pesca de investigación, que por la presente resolución se autoriza, consiste en un seguimiento de la calidad del cuerpo receptor una vez que la línea de pretratamiento de aguas servidas de la ciudad de Antofagasta, definida según la RCA N°230-2014, esté en operación.

3.- La pesca de investigación se efectuará por un periodo de 13 meses contados desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el Artículo N° 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, en las inmediaciones de la zona de descarga de la Planta de Pretratamiento de Aguas Servidas de Antofagasta, en la ciudad, comuna y región de Antofagasta.

4.- En cumplimiento de los objetivos de la presente pesca de investigación, se autoriza a la peticionaria el muestreo con retención permanente, contenido en la matriz biológica según el siguiente detalle:

Matriz Biológica	Arte de Pesca, Equipos o elementos	Características
Infauna	Corer de PVC	Corer de 20x20 cm
	Draga Van Veen	Draga de 0,1 m ² de área

5.- En el caso de necesitar desarrollar parte del muestreo al interior de una Área Marina Protegida, de un Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos o de un Espacio Costero Marino de los Pueblos Originarios, el ejecutante de la pesca de investigación deberá coordinar la actividad con el administrador del área.

El ingreso a dichas áreas y los aspectos técnicos para efectuar las actividades que por la presente pesca de investigación se autorizan, deberá ser informado y coordinado con el administrador del área con 10 días hábiles de anticipación, a lo menos.

6.- El ejecutor deberá notificar al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca) con un mínimo de 7 días hábiles de anticipación, respecto de la o las fechas en que se ejecutarán las

actividades autorizadas por la presente resolución de Pesca de Investigación, según las siguientes condiciones:

- La notificación deberá ser realizada mediante el envío de un correo electrónico y una carta certificada dirigidas al Director Regional de Pesca y Acuicultura de la región o regiones donde se ejecutará la Pesca de Investigación. La información respecto de la dirección de envío, correos y contacto para efectos de enviar la notificación están consignadas en el sitio de dominio electrónico <http://www.sernapesca.cl/nuestras-oficinas>.
- Adicionalmente, esta notificación deberá incluir el nombre del Proyecto y/o la RCA que involucra la actividad, el número de resolución de pesca de investigación, la programación de las actividades en terreno detalladas por día de trabajo incluyendo la información de las estaciones de trabajo y sus coordenadas geográficas en UTM. Así mismo, deberá señalar los nombres de los profesionales y técnicos que conforman el equipo de trabajo, así como sus datos de contacto.
- La notificación de las actividades a Sernapesca y la entrega de la información señalada es obligatoria. El Incumplimiento de estas disposiciones se sancionará de conformidad con la Ley de Pesca y Acuicultura.

7.- La solicitante deberá elaborar un informe resumido de las actividades realizadas, que contenga a lo menos información de la obtención de muestras, de los materiales y métodos ocupados. Asimismo, se deberá entregar una base de datos, en formato EXCEL, conteniendo: localización de la red o estaciones de muestreo, número de muestras, número de ejemplares capturados por especie cuando proceda o una cuantificación de la captura y características de los individuos muestreados en el contexto de la autorización.

Además, se deberá disponer los resultados en un archivo electrónico en formato *shape* el cual deberá estar en coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) referida al *Dátum WGS-84* considerando como atributo la categoría antes mencionada.

Lo anterior deberá ser entregado dentro del plazo de 30 días corridos, contados desde la fecha de término del período de pesca autorizado, a través del sistema de tramitación electrónico en el ítem resultado.

El incumplimiento de la obligación antes señalada se considerará como causal suficiente para denegar cualquier nueva solicitud de pesca de investigación.

8.- Desígnese a la Jefa de la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, como funcionario encargado de velar por el oportuno y debido cumplimiento de la obligación establecida en el numeral anterior.

9.- Esta autorización es intransferible y no podrá ser objeto o instrumento de negociación o situación de privilegio alguno.

10.- La peticionaria designa como personas responsables de la presente pesca de investigación a don Marcelo Valdebenito Ortiz, R.U.T. N° 9.396.309-1, y a don Luis Caillaux Sepúlveda, R.U.T. N° 8.233.692-3, todos del mismo domicilio.

Asimismo, el Jefe de Proyecto y personal técnico participante del estudio corresponde a las personas que se indica, en las calidades que en cada caso se señalan, según la información indicada en el *currículum vitae* de cada uno de ellos:

Nombre	RUT	Profesión	Función
Luis Marcelo Caillaux Sepúlveda	8.233.692-3	Biólogo Marino	Jefe de proyecto
Marcelo Valdebenito Ortiz	9.396.309-1	Técnico Universitario en Acuicultura	Jefe Terreno e Inspector
Edward Peñalver Vázquez	14.742.008-0	Ingeniero en Oceanografía e Hidrografía	Inspector
Juan Vega Reyes	10.630.783-0	Biólogo Marino	Diseño de muestreo; Caracterización de comunidad bentónica; Procesamiento y análisis de datos

11.- La peticionaria deberá dar cumplimiento a las obligaciones que se establecen en la presente resolución, y a las establecidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura y en el D.S. N° 461 de 1995, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

El incumplimiento hará incurrir a la titular en el término inmediato de la pesca de investigación sin que sea necesario formalizarlo, y sin perjuicio de las sanciones que correspondan de acuerdo a lo dispuesto en la Ley General de Pesca y Acuicultura, ya citada.

12.- La presente resolución es sin perjuicio de las que correspondan conferir a otras autoridades, de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias vigentes o que se establezcan.

13.- El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura deberá adoptar las medidas y efectuar los controles que sean necesarios para lograr un efectivo cumplimiento de las disposiciones de la presente resolución.

14.- La presente resolución podrá ser impugnada por la interposición del recurso de reposición contemplado en el artículo 59 de la Ley N° 19.880, ante esta misma Subsecretaría y dentro del plazo de 5 días hábiles contados desde la respectiva notificación, sin perjuicio de la aclaración del acto dispuesta en el artículo 62 del citado cuerpo legal y de las demás acciones y recursos que procedan de conformidad con la normativa vigente.

15.- La presente resolución deberá ser publicada en extracto en el Diario Oficial, por cuenta de la interesada.

16.- Transcríbese copia de esta resolución a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y a la División Jurídica de esta Subsecretaría.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE POR CARTA CERTIFICADA, PUBLÍQUESE EN EXTRACTO EN EL DIARIO OFICIAL POR CUENTA DE LA INTERESADA Y A TEXTO ÍNTEGRO EN EL SITIO DE DOMINIO ELECTRÓNICO DE LA SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA Y DEL SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA Y ARCHÍVESE.