

Línea de base Ambiental del bentos, columna de agua y sedimentos del Puerto de Comodoro Rivadavia y zonas de influencia



2022

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
1. INTRODUCCIÓN	4
2. PROFESIONALES QUE INTEGRAN EL EQUIPO DE TRABAJO	7
3. ÁREA DE ESTUDIO	8
4. METODOLOGÍA	13
5. RESULTADOS	33
5.a. Caracterización del agua de mar	33
5.b. Caracterización de sedimentos marinos	50
5.c. Caracterización de la diversidad marina bentónica intermareal y submareal (Epifauna e infauna)	67
6. CONCLUSIONES	83
7. BIBLIOGRAFÍA	85
8. ANEXO I. MODELO DE FORMULARIO DE CADENAS DE CUSTODIA PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA DE MAR	87
9. ANEXO II. MODELO DE FORMULARIO DE CADENAS DE CUSTODIA PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE SEDIMENTO	90
10. ANEXO III. RESULTADOS ANALÍTICOS DE MUESTRAS DE AGUA	93
11. ANEXO IV. RESULTADOS ANALÍTICOS DE MUESTRAS DE SEDIMENTO	112
12. ANEXO V. CADENAS DE CUSTODIA DE MUESTREO DE AGUA	159
13. ANEXO VI. CADENAS DE CUSTODIA DE MUESTREO DE SEDIMENTO	168
14. ANEXO VI. COMPILACIÓN DE FOTOGRAFÍAS TOMADAS DURANTE LAS TAREAS DE CAMPO Y MUESTREOS	191

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente trabajo es la elaboración de una línea de base biológica del bentos y monitoreo de la calidad físico-química y bacteriológica del agua de mar y sedimentos en el Puerto de Comodoro Rivadavia y zonas de influencia". La información de base recolectada será de utilidad para la posterior formulación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de dragado del Puerto de Comodoro Rivadavia.

El trabajo incluye tres matrices a caracterizar:

- El agua de mar superficial
- Los sedimentos marinos de fondos submareales
- La diversidad de organismos bentónicos intermareales y submareales

El área de estudio abarca la zona marina costera comprendida dentro de un polígono rectangular definido por cuatro vértices y que alcanza el área operativa portuaria, el área submareal somera frente a la playa costanera, las zonas intermareales y submareales someros de la restinga donde se encuentra emplazado el Muelle de YPF, las áreas marinas comprendidas entre el Puerto y el Muelle de YPF y el área intermareal y submareal somero ubicado al sur del Puerto de Comodoro Rivadavia.

Para la caracterización del agua de mar y sedimentos se definió un diseño de muestreo estratificado y se establecieron 22 estaciones de muestreo en el área marina, según criterios establecidos en las Directrices para la Caracterización del Material Dragado y su Reubicación en Aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre (CIEM, 2021).

Las muestras recolectadas fueron analizadas en parte, en laboratorios propios o derivadas a los laboratorios de sedimentología de la Universidad Nacional del Sur, y Laboratorio Ingeniería Laboral y Ambiental S.A (IL&A), éste último laboratorio, registrado en el registro de laboratorios analíticos ambientales de la Provincia del Chubut. Los parámetros medidos en la matriz de agua de mar superficial fueron Temperatura, salinidad, Oxígeno disuelto (OD %), Conductividad, Sólidos totales disueltos (TDS) (medidos directamente en campo mediante el uso de una sonda multiparámetrica), la penetración de la luz (medida con disco de secchi) y alcalinidad de Bicarbonatos (como CO_3Ca), Alcalinidad de Carbonatos (como CO_3Ca), Cloruros, Fosfatos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrato (como NO_3^-), Nitrito (como NO_2^-), Sólidos Disueltos Totales, Sulfatos, Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), Carbono Orgánico Total, Bacteriológico (Bacterias Coliformes

Totales, Bacterias Coliformes Fecales, *Escherichia Coli*) y metales pesados (Arsénico Total, Cadmio Total, Cinc Total, Cromo Total, Cobre Total, Mercurio Total, Níquel Total, Plomo Total) (derivados a laboratorios de referencia mencionados anteriormente).

Los parámetros medidos en la matriz de sedimentos fueron la caracterización granulométrica, y determinación de Fosfatos, Nitratos, Sulfuros, Nitrogeno total, Carbono Orgánico total, Metales Pesados, PCBs, Hidrocarburos totales de petróleo, Hidrocarburos aromáticos polinucleares, Hidrocarburos (C10-C40) y bacteriología. Se compararon los resultados con niveles guía establecidos en normativa nacional, provincial e internacional (CIEM, 2021)

La descripción de la diversidad de organismos bentónicos infaunales submareales, se realizó en base a muestreos de sedimentos en las estaciones mencionadas. La caracterización cualitativa de los organismos bentónicos submareales en sedimentos blandos se realizó mediante el uso de una rastra, haciendo lances en transectas definidas preciamente. En los sedimentos duros, la descripción se realizó en base a registro fotográfico mediante cámara de deriva y fotografía submarina mediante buceo autónomo. La descripción de los ambientes rocosos intermareales se llevó a cabo mediante muestreos sistemáticos utilizando para tal fin cuadrados de muestreo, relevamiento fotográfico y recolección de muestras que luego fueron procesadas en laboratorio propio. En el laboratorio se identificaron los organismos recolectados y se realizó un inventario de categorías taxonómicas representadas y se cuantificó el número de individuos por especie y unidad de superficie. Se calcularon índices de diversidad y se analizaron las densidades y la variabilidad entre las muestras mediante herramientas estadísticas de análisis multivariado.

Los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos analizados para la matriz agua de mar, exhiben valores por debajo de los niveles guía establecidos en el decreto N° 1540/16 de la Provincia del Chubut.

Una situación semejante ocurre con los resultados de los parámetros medidos en el matriz sedimento para todas las estaciones estudiadas, donde los valores registrados son menores, en comparación con los valores umbrales para considerar un material de dragado como no peligroso, establecidos en las Directrices para la Caracterización del Material Dragado y su Reubicación en Aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre (CIEM, 2021).

La granulometría del sedimento es variable en las distintas estaciones, pero en todas ellas los componentes dominantes son los limos y las arenas finas a muy finas. Los

sedimentos más finos se encuentran asociados a las estaciones ubicadas en el área de atraque del Puerto o en el abrigo del Puerto, mientras que los sedimentos con granos de mayor diámetro se hallaron en zonas próximas a la playa costanera.

En el estudio de diversidad del bentos de los intermareales rocosos, el análisis de cobertura del sustrato indicó la presencia de al menos 10 categorías de especies/ensambles de importancia ecológica que cubren las restingas estudiadas. Se describió el patrón de zonificación vertical en la cobertura de las principales especies de invertebrados y algas bentónicas intermareales y se identificaron alteraciones en los niveles superiores de la restinga del Puerto sur, con presencia de sustrato desnudo dominante y coberturas significativas de biodermas y del cirripedio exótico *Balanus glandula*. Además, se destaca la asociación conformada por agrupamientos de poliquetos espionidos (e.j. *Boccardia* spp.) característicos de ambientes con enriquecimiento orgánico hacia niveles del HMM coincidentes con la principal zona de descarga de efluentes en la restinga. El mejillinar (*P. purpuratus*) se visualiza fragmentado y con mayor desarrollo hacia niveles inferiores del HMI.

Se identificaron un total de 67 taxones de macroinvertebrados con mayor riqueza taxonómica en grupos de moluscos, crustáceos y anélidos. El análisis de las curvas de rarefacción y los estimadores de riqueza específica no paramétricos, indican mayor riqueza específica acumulada en la restinga del Muelle YPF, respecto a la restinga del Puerto Sur.

La diversidad del bentos submareal es compatible con los registros característicos de las especies identificadas en la región tanto para los ambientes de fondos blandos, como para los de fondos duros.

Este documento es el resultado del trabajo llevado a cabo íntegramente por investigadores y personal de apoyo del Instituto de Desarrollo Costero Dr. Héctor Zaixso, a solicitud de la Administración Portuaria del Puerto de Comodoro Rivadavia, en el marco del convenio específico rubricado entre ambas partes en el mes de agosto del año 2022.

1. INTRODUCCIÓN

Los puertos marítimos son áreas de uso intensivo que tienen como principal función el resguardo de las embarcaciones y donde desarrollan diferentes maniobras como el atraque, fondeo, estadía y desatraque, operaciones de transferencia de carga, embarque o desembarque de pasajeros o tripulantes. En ellos ocurre una dinámica logística y económica de gran envergadura y facilitan la conectividad y el transporte de mercancías con otras regiones o países del mundo.

El puerto de comodoro Rivadavia constituye un importante centro logístico de relevancia regional, para el desarrollo de la actividad industrial de la cuenca petrolera del Golfo San Jorge y se encuentra a sólo 570 km del Puerto Chacabuco en la República de Chile. Se enfoca en el transporte marítimo de cabotaje y representa un nodo fundamental para la industria pesquera de la región. Sus descargas abastecen complejo industrial pesquero instalado en su área de influencia.

Estas infraestructuras portuarias artificiales requieren de obras de ingeniería para la construcción y mantenimiento de protecciones (rompeolas, escolleras, espigones, etc.), como así también obras para el mantenimiento de la profundidad tanto de vías de navegación como áreas de atraque, operación de carga y descarga, mediante el dragado.

El dragado es un servicio esencial para el normal funcionamiento de los puertos, cuya realización posibilita la accesibilidad y operatividad de las infraestructuras, como así también la creación de nuevas instalaciones y el mantenimiento de las existentes. Por tratarse de una obra que produce o es susceptible de producir un efecto negativo en el ambiente y o sus recursos naturales, es fundamental obtener previamente una declaración de impacto ambiental por parte de la autoridad de aplicación.

El procedimiento de dragado requiere del retiro y disposición final de grandes volúmenes de materiales que deben ser clasificados en base a criterios que permitan gestionar su destino y aptitud, teniendo en cuenta el tipo de sedimentación y la zona de vertido, que los sedimentos actúan como sumidero de sustancias que pueden provocar impactos negativos en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, y producir efectos acumulativos en la cadena trófica, correspondiendo evaluar su calidad por comparación entre concentraciones de determinados contaminantes, utilizando los criterios internacionalmente aceptados en la materia.

El retiro y vertido del material extraído a cuerpos de agua superficial debe ser controlado en lo que respecta a la re-suspensión del material, aumento de turbidez, afectación de la fauna bentónica, alteraciones en la textura del fondo y condiciones hidrodinámicas de la zona de descarga, entre otras.

Además, es importante tener en cuenta que los puertos son unidades o nodos que condensan actividades logísticas y establecimientos industriales dentro de un mismo ejido, que pueden afectar la calidad ambiental de las costas, sus aguas, el sedimento de fondo y a su fauna bentónica y por ello requieren el control y la adopción de los recaudos ambientales adecuados y acordes al tipo de actividades que realizan.

En virtud que la Administración portuaria del Puerto de Comodoro Rivadavia prevé avanzar, en el mediano plazo, con obras de dragado del Puerto para mejorar su accesibilidad, incrementar la operatividad de embarcaciones de mayor calado e incrementar su superficie operativa, es necesario previamente, realizar un monitoreo de la calidad ambiental del área portuaria y sus zonas de influencia; información que será de utilidad y un insumo fundamental para la elaboración de la documentación ambiental que requiera la autoridad de aplicación para la obtención de la declaración de impacto ambiental.

El objetivo del presente trabajo es la elaboración de una línea de base biológica del bentos y monitoreo de la calidad físico-química y bacteriológica del agua de mar y sedimentos en el Puerto de Comodoro Rivadavia y zonas de influencia". La información de base recolectada será de utilidad para la posterior formulación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de dragado del Puerto de Comodoro Rivadavia.

Como se menciona en el párrafo anterior, el trabajo incluye tres matrices a caracterizar:

- El agua de mar superficial
- Los sedimentos marinos de fondos submareales
- La diversidad de organismos bentónicos intermareales y submareales

El documento final se entrega al solicitante, en papel por duplicado y una copia digital e integra los siguientes tópicos:

1. Resumen ejecutivo introducción al tema de referencia,
2. descripción de la metodología para la recolección de las muestras, conservación, transporte y procesamiento en laboratorio, gabinetes, etc.,

3. resultados analíticos de las muestras de agua de mar, presentados en tablas con sus correspondientes valores de referencia e interpretación de los resultados y comparación con bibliografía y normativa existente,
4. resultados analíticos de las muestras de sedimento, presentado en tablas, con sus correspondientes valores de referencia e interpretación de los resultados y comparación con bibliografía y normativa existente,
5. resultados del procesamiento de las muestras de organismos bentónicos intermareales y submareales (en fondos blandos y duros), presentando un listado de especies, abundancias relativas y una comparación mediante el uso de índices de diversidad,
6. Conclusiones e integración respecto de los resultados obtenidos.

Este documento es el resultado del trabajo llevado a cabo íntegramente por investigadores y personal de apoyo del Instituto de Desarrollo Costero Dr. Héctor Zaixso, a solicitud de la Administración Portuaria del Puerto de Comodoro Rivadavia, en el marco del convenio específico rubricado entre ambas partes en el mes de agosto del año 2022.

Es importante destacar que, durante los muestreos, el buzo profesional integrante del staff profesional del Instituto de Desarrollo Costero Dr. Héctor Zaixso, contó con el apoyo operativo de dos buzos de prefectura Naval Argentina que completaron la dotación total de buzos profesionales (buzo acompañante y personal de apoyo en superficie) requerida según la ordenanza N° 04/08 de Prefectura Naval Argentina “Reglamentación del Buceo Profesional”.

2. PROFESIONALES QUE INTEGRAN EL EQUIPO DE TRABAJO

Agua y sedimento

Muestreos: Javier Tolosano – Aimé Astrada – Renato Frías

Análisis en laboratorio: Laboratorio Ingeniería Laboral y Ambiental S.A (IL&A) y Universidad Nacional del Sur (UNS)

Análisis de resultados y redacción: Javier Tolosano y Martín Varisco

Bentos Intermareal

Muestreos: Romina N. Verga - Paula Stoyanoff - Damián G. Gil

Análisis en laboratorio: Romina N. Verga - Damian G. Gil - Javier A. Tolosano

Análisis y redacción: Romina N. Verga (fotocuadriculas) - Damian G. Gil

Colaboradores: Facundo Opazo - Lucas Navarro - Keila Asenie

Bentos Submareal

Muestreos: Martín Varisco y Renato Frías

Análisis de resultados y redacción: Javier Tolosano y Martín Varisco

Sistema de información geográfica (SIG)

Elaboración de mapas: Agustín Tolosano

3. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye la zona marina costera comprendida dentro de un polígono rectangular (**Figura 1**), definido por las siguientes coordenadas geográficas (WGS 84) detalladas en la **Tabla 1**.



Figura 1. Área de estudio

Tabla 1. Coordenadas de los vértices del polígono que delimita el área de estudio

Vértice	Coordenadas
V1	45°50'48.58"S 67°28'50.89"O
V2	45°50'48.98"S 67°27'17.26"O
V3	45°52'34.43"S 67°27'17.26"O
V4	45°52'34.44"S 67°28'50.80"O

Dentro del polígono rectangular que delimita el área del polígono rectangular se reconocen distintos tipos de costa que serán caracterizadas en el presente estudio. En el sector norte se identifica un acantilado de aproximadamente 25 m de altura que va reduciendo su altura hacia el Sur (**Figura 2**) alcanzando escasa altitud en la sección donde se encuentra emplazado el Club Náutico Espora.



Figura 2. Acantilado de gran altura (Chalet Huergo y la playa de Tanques de YPF).

Justamente, al pie del acantilado de mayor altitud (donde se sitúan el Chalet Huergo y la playa de tanques de YPF S.A.), se despliega una amplia plataforma de abrasión o restinga que se introduce en el mar unos 500 metros de longitud y sobre la que se emplaza el Muelle de descarga de combustibles de YPF S.A. (**Figura 3**). Se observa al borde de acantilado una escollera de rocas artificial que se ha colocado para mitigar el retroceso del acantilado por erosión del oleaje.



Figura 3. Restinga ubicada al Norte del área de estudio.

Hacia el sur de la restinga y en al pie de los acantilados de menor altura (**Figura 4**), se observan playas mixtas de arena y grava y acumulaciones de grava de tamaño medio a pequeño con pendientes relativamente altas. El cordón de grava se extiende en el mesolitoral superior hacia el sur bordeando todo el club náutico y continuando hasta la

playa Costanera (**Figura 5**). En el mesolitoral medio e inferior se observan playas con menores pendientes, compuestas por sedimentos más finos y arenas. Este tipo de geoforma costera se extiende alrededor de toda la rada de la playa Costanera.



Figura 4. Disminución de la altura del acantilado hacia el sur.



Figura 5. Acumulaciones de gravas en el intermareal de la playa costanera.

La playa costanera Sur se recuesta sobre el acceso al Puerto de Comodoro Rivadavia y exhibe una playa de escasa pendiente de arena fina (**Figura 6**). Por su parte, en el puerto de Comodoro Rivadavia se observan diferentes sectores, el abrigo del espigón donde se puede observar acumulaciones de chatarra de barcos en desuso, el sector de abrigo del Puerto, la escollera y el sector de atraque del Puerto (**Figura 7**).

Por último, el borde costero ubicado al Sur del Puerto de Comodoro Rivadavia se caracteriza por un supralitoral y mesolitoral superior constituido por un muro de contención que bordea a la Avenida Hipólito Yrigoyen. El mesolitoral medio e inferior están representados por una amplia restinga de roca que se extiende por más de 800 metros hacia el Este (**Figura 8**).



Figura 6. Playa de arena fina de escasa pendiente.



Figura 7. Puerto de Comodoro Rivadavia. a) Abrigo del espigón. b) Abrigo del Puerto. c) Escollera este. d) Zona de atraque.

Con respecto a los ambientes submareales la batimetría del área relevada no supera los 12 metros de profundidad, por debajo del plano de reducción local. Los tipos de fondos son variados, hallándose sustratos rocosos en la proyección submareal de las

restingas intermareales descritas, con desarrollo de frondosos bosques de cachiyuyo (*Macrocystis pyrifera*) en profundidades que no superan los 7 metros de profundidad. En los sectores de abrigo, escollera Este y zona de atraque del puerto los fondos están conformados por sedimentos muy finos, mientras que en los submareales someros que se ubican frente a la playa costanera, los sustratos están compuestos por sedimentos finos (principalmente arenas).



Figura 8. Restinga situada al sur del Puerto de Comodoro Rivadavia

Gran parte del área norte y sectores internos del Puerto está menos expuestos al oleaje, mientras que al sur del Puerto las costas son más expuestas al oleaje.

4. METODOLOGÍA

El presente trabajo incluye la caracterización ambiental de tres matrices:

- El agua de mar superficial
- Los sedimentos marinos de fondos submareales
- La diversidad de organismos bentónicos intermareales y submareales

A continuación, se detallan las metodologías aplicadas para la toma de muestras en campo, la conservación, el traslado, el procesamiento de las muestras al laboratorio y el tratamiento de los resultados obtenidos.

4.a. Caracterización del agua de mar

La caracterización del agua de mar superficial se llevó a cabo mediante la obtención de muestras en el área operativa del Puerto de Comodoro Rivadavia (zona de atraque, escollera este, espigón) y sectores próximos al área operativa tales como el canal de acceso, sector de playa de uso público, sector próximo a la restinga del muelle de YPF en km 3, área marina comprendida entre el Muelle de YPF y la zona portuaria y el área marina ubicada al sur del Puerto de Comodoro Rivadavia, frente a la Avenida Hipólito Yrigoyen.

La toma de muestra se desarrolló durante tres jornadas de muestreo, entre el 1° y el 9 de septiembre del corriente año. Se recolectaron muestras en 22 estaciones de muestreo que fueron establecidas también para la toma de muestras de sedimentos de fondo y cuyos criterios de selección se describen en el ítem **4.b. (Figura 9 y Figura 10)**.

Las estaciones fueron utilizadas para el registro de parámetros físico-químicos del agua de mar mediante lectura directa, utilizando para tal fin una sonda multiparamétrica Marca YSI Modelo 556 MPS Serie No SI 3428 y disco de Secchi de 30 cm de diámetro (**Figura 11**). Los parámetros registrados mediante sonda multiparamétrica comprendieron a Salinidad, Temperatura, Conductividad, PH, Oxígeno Disuelto (OD %), sólidos totales disueltos (TSD). La penetración de la luz en el agua fue registrada mediante el uso de un disco de Secchi y una soga graduada, Se realizaron 3 réplicas de lecturas de la profundidad y posteriormente se promediaron las profundidades registradas en cada estación de muestreo.

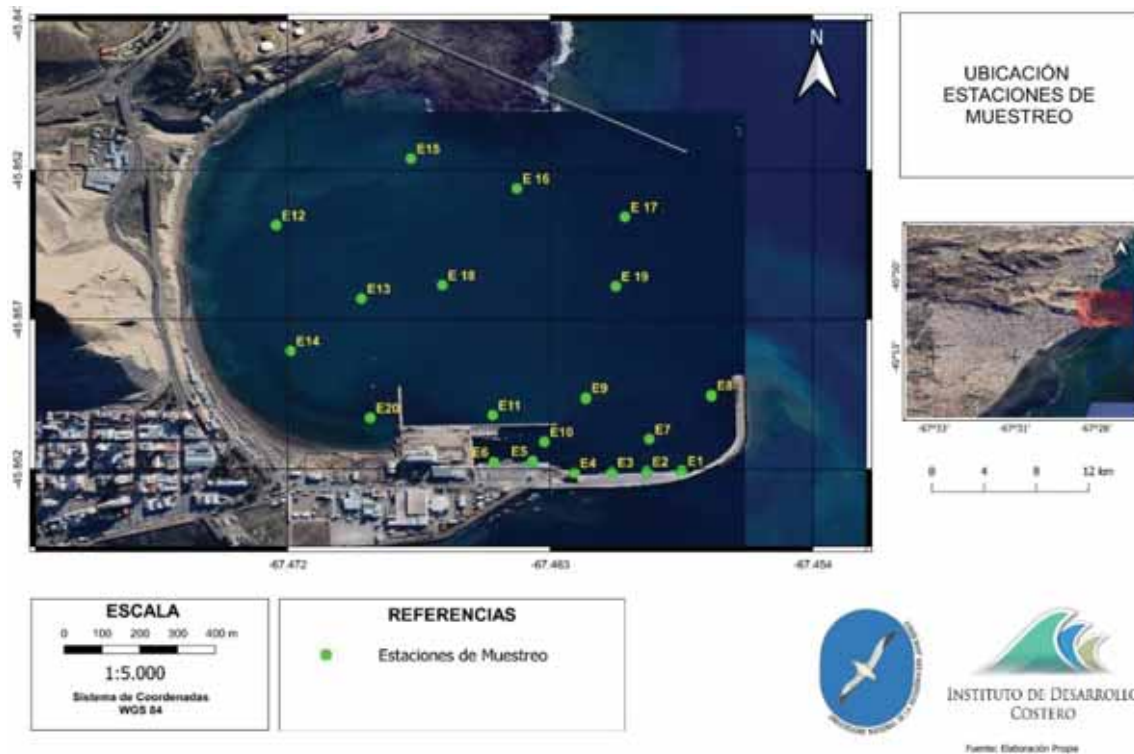


Figura 9. Estaciones de muestreo ubicadas en el área operativa del puerto y áreas adyacentes hacia el norte y noroeste del Puerto.



Figura 10. Estaciones de muestreo ubicadas al Sur del sector portuario.

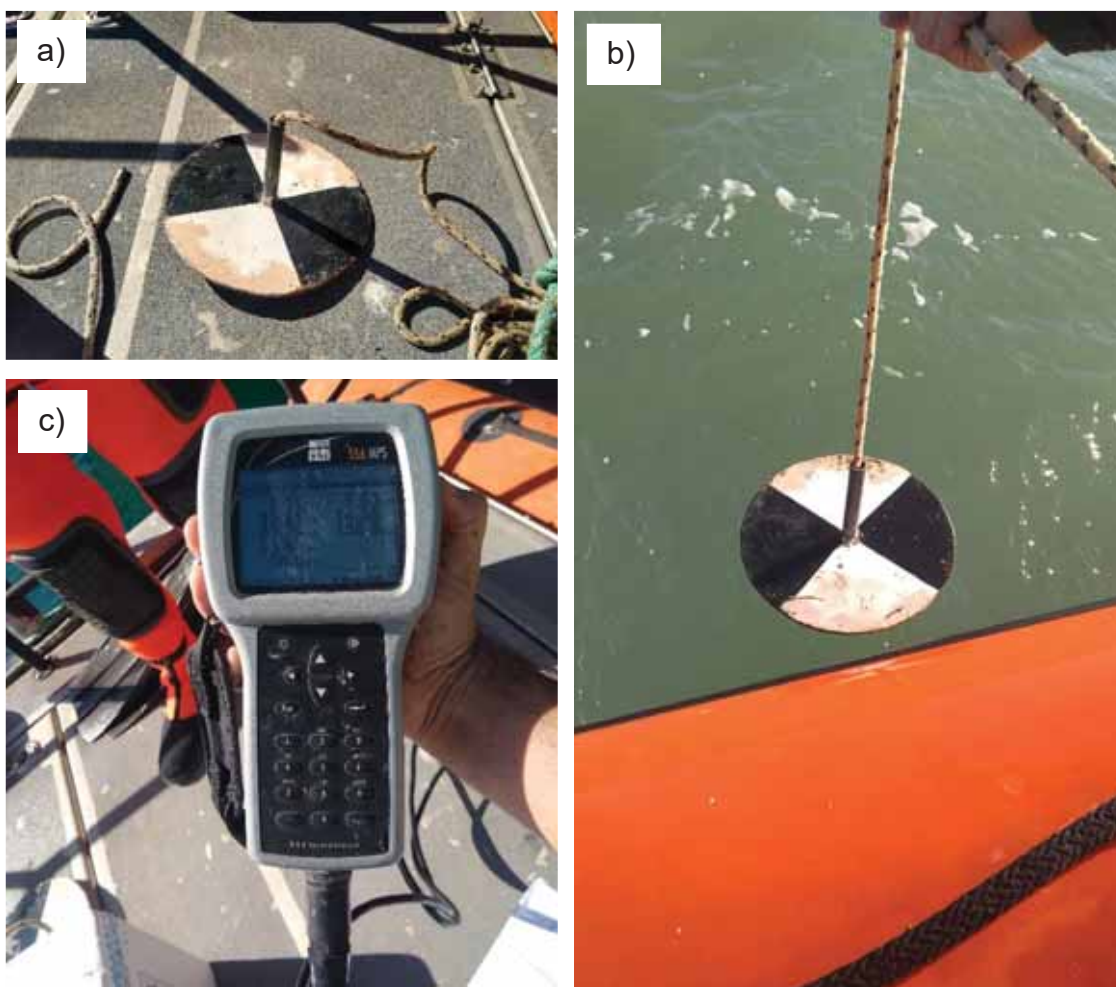


Figura 11. Equipamiento utilizado para el registro directo de parámetros físico-químicos del agua de mar superficial. a) y b) Disco de Secchi c) Sonda Multiparamétrica YSI Modelo 556 MPS.

Del total de las estaciones georeferenciadas, se seleccionaron 8 estaciones de muestreo representativas del área a caracterizar, para la determinación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos complementarios, del agua de mar superficial (**Figura 12**). Los parámetros, analizados en laboratorio externo, fueron los siguientes: Alcalinidad de Bicarbonatos (como CO_3Ca), Alcalinidad de Carbonatos (como CO_3Ca), Cloruros, Fosfatos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrato (como NO_3^-), Nitrito (como NO_2^-), Sólidos Disueltos Totales, Sulfatos, Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), Carbono Orgánico Total, Bacteriológico (Bacterias Coliformes Totales, Bacterias Coliformes Fecales, *Escherichia Coli*) y metales pesados (Arsénico Total, Cadmio Total, Cinc Total, Cromo Total, Cobre Total, Mercurio Total, Níquel Total, Plomo Total). La toma de muestras se llevó a cabo

siguiendo los protocolos establecidos por los métodos de análisis de cada uno de los respectivos analitos.



Figura 12. Estaciones de muestreo utilizadas para la determinación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos complementarios del agua de mar superficial.

En la **Tabla 2** se mencionan los métodos utilizados para la determinación de cada uno de los parámetros analizados (Baird et al., 2012; U.S. EPA, 2014; U.S. EPA, 2003).

La toma de muestras se llevó a cabo utilizando para tal fin un bote semirrígido para el traslado a cada una de las estaciones de muestreo. La recolección del agua superficial la realizaron biólogos integrantes del staff del equipo de investigación del Instituto de Desarrollo Costero Dr. Héctor Zaixso con vasta experiencia en la toma de muestras en ambientes marinos costeros. Las muestras se recolectaron desde una de las bandas de la embarcación, lo más cercano a la proa de la embarcación y mientras la misma se desplazaba lentamente hacia adelante (para evitar la contaminación de la muestra con lubricantes, combustibles o gases de combustión que pudieren emitir los motores de la embarcación). En la **Tabla 3** se detallan los tipos de envases utilizados para la toma de muestras de cada uno de los parámetros a determinar (**Figura 13**).

Una vez obtenidas las muestras, las mismas fueron rotuladas y depositadas en una conservadora conteniendo Icepacks a 4° C, para su posterior traslado a laboratorio.

Las cadenas de custodias de las muestras fueron elaboradas in situ, en formularios por triplicado y durante el procedimiento de recolección de las mismas. Los formularios de cadena de custodia incluyeron información sobre la fecha y hora de muestreo, estado del tiempo, información inherente a la recolección de muestras y el registro de los valores de los parámetros físico-químicos del agua de mar registrados mediante la sonda multiparamétrica. En el **Anexo I** se adjunta un modelo del formulario de cadena de custodia utilizado.

Las muestras fueron enviadas, junto a sus correspondientes cadenas de custodia, al Laboratorio IL&A S.A. -Sucursal Sur- INGENIERÍA LABORAL y AMBIENTAL S.A. El mencionado laboratorio se encuentra acreditado en el Registro Provincial de Laboratorios de Servicios Analíticos Ambientales de la Provincia de Chubut.

Tabla 2. métodos utilizados para la determinación de cada uno de los parámetros analizados.

PARÁMETROS A DETERMINAR	MÉTODOS APLICADOS
Alcalinidad de Bicarbonatos (como CO ₃ Ca)	SM 2320 B
Alcalinidad de Carbonatos (como CO ₃ Ca)	SM 2320 B
Cloruro	SM 4110B-CI- CI
Fosfato	SM 4500-P C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM 5220 B
Nitrato, como NO ₃ ⁻	SM 4110B-NO ₃ - CI
Nitrito, como NO ₂ ⁻	SM 4110B-NO ₂ - CI
Sólidos Disueltos Totales	SM-2540 C
Sulfato	SM 4110C SO ₄ 2- CI
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	USEPA 8015D
Carbono Orgánico Total	SM 5310 B
Bacterias Coliformes Totales	SM 9221-B
Bacterias Coliformes Fecales	SM 9221 C
<i>Escherichia Coli</i>	SM 9221 F
Arsénico Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES
Cadmio Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES
Cinc Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES
Cromo Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES
Cobre Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES
Mercurio Total	USEPA 7470 A
Níquel Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES
Plomo Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES

Tabla 3. Envases utilizados para la toma de muestras de cada uno de los parámetros a determinar.

PARÁMETROS A DETERMINAR	TIPO DE ENVASE
Físico Químico (parámetros químicos y SDT)	Envase plástico 1000 ml
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Envase plástico 500 ml
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Envase plástico 100 ml ó 125 ml
Hidrocarburos Totales y Carbono Orgánico Total	Envase de vidrio color caramelo 1000 ml
Metales pesados	Envase plástico 100 ml o 125 ml
Bacteriológico	Envase estéril 125 ml

Se analizaron los resultados remitidos por el laboratorio y se contrastaron con los niveles guía establecidos en el *Anexo I. Tablas de calidad de los cuerpos hídricos* del Decreto Provincial N° 1540/16 de la Provincia del Chubut. En particular los valores se contrastaron con los niveles guía detallados en la *Tabla 3. Niveles guía de la calidad de agua salada superficial para protección de la vida acuática* y *Tabla 5. Niveles guía de calidad de agua dulce salada y salobre para uso recreativo en contacto primario y secundario*.



Figura 13. Recipientes de muestreo para la toma de muestras de agua de mar superficial

Se elaboraron también una serie de mapas donde se visualizan los niveles alcanzados por cada uno de los parámetros, en las respectivas estaciones de muestreo, mediante la aplicación de mapas de burbujas, donde los círculos de mayor tamaño representan concentraciones mayores del analito medido.

4.b. Caracterización de sedimentos marinos

Para caracterizar la composición físico-química y bacteriológica y establecer el gradiente de contaminación horizontal del sedimento de fondos marinos en el área portuaria, se llevó a cabo un diseño de muestreo estratificado. Para ello, se distribuyó el esfuerzo de muestreo dependiendo del tipo de zona incluida en el futuro proyecto de dragado siguiendo las indicaciones de las Directrices para la Caracterización del Material Dragado y su Reubicación en Aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre, elaborado por la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas (CIEM) (2021) y las Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles elaborado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) de España (1994), de acuerdo a la siguiente tipología:

- a) Zona tipo M: la zona portuaria que bordea los muelles. En estas zonas se ubicó al menos una estación de muestreo cada 100 metros lineales. Cada estación debe ser representativa de un área de 50 m de ancho desde el borde del muelle y una superficie máxima de 5.000 m²
- b) Zona tipo G: el resto de zonas a dragar en dársenas portuarias. En estas zonas, el número mínimo de estaciones de muestreo se calculó en función de la superficie de las mismas mediante la expresión:

$$N = \frac{S}{25\sqrt{S}}$$

donde:

N = Número mínimo de estaciones de muestreo

S = Superficie del área objeto del dragado, excluida la superficie de las zonas tipos M y C, expresada en m².

25√S = Superficie representada por cada estación de muestreo suponiendo un distribución equidistante de las mismas.

- c) Zona tipo C: los canales o vías navegables en los que se proyecta un dragado de un mínimo de 10 Km de longitud. El número mínimo de estaciones de muestreo será, para esta zona, 1/3 inferior al resultante de la expresión empleada para la zona tipo G, sin

alterarse el número mínimo de estaciones necesarias en el resto de zonas que pudiera requerirse en las mismas.

d) Otras zonas: En caso de que el proyecto de dragado incluyera una zona que no se corresponda con alguna de las anteriores tipologías, el cálculo del número de estaciones de muestreo se realizaría en función de la superficie de la misma mediante la expresión indicada para las zonas tipo G.

En la **Figura 14** se observa el sector que se prevé será dragado en el futuro proyecto del Puerto de Comodoro Rivadavia.

En base los criterios definidos anteriormente, se establecieron un total de 22 (veintidós) estaciones de muestreo de sedimentos de fondo en el área pasible de ser dragada y sectores lindantes al puerto (**Figura 15 y Figura 16**).



Figura 14. Sector que se prevé será dragado en el proyecto del Puerto de Comodoro Rivadavia.

En la **Tabla 4**, se detalla la ubicación de las Estaciones de muestreo definidas con su correspondiente coordenada geográfica (WGS84). La recolección de muestras de sedimentos de fondo se llevó a cabo mediante buceo autónomo (**Figura 17.a. y Figura 17.b.**). La aproximación a cada estación de muestreo se realizó mediante navegación,

utilizando para tal fin una embarcación de tipo semirrígido. Para ubicar las estaciones de muestreo se utilizó un GPS Marca Garmin modelo Etrex20.

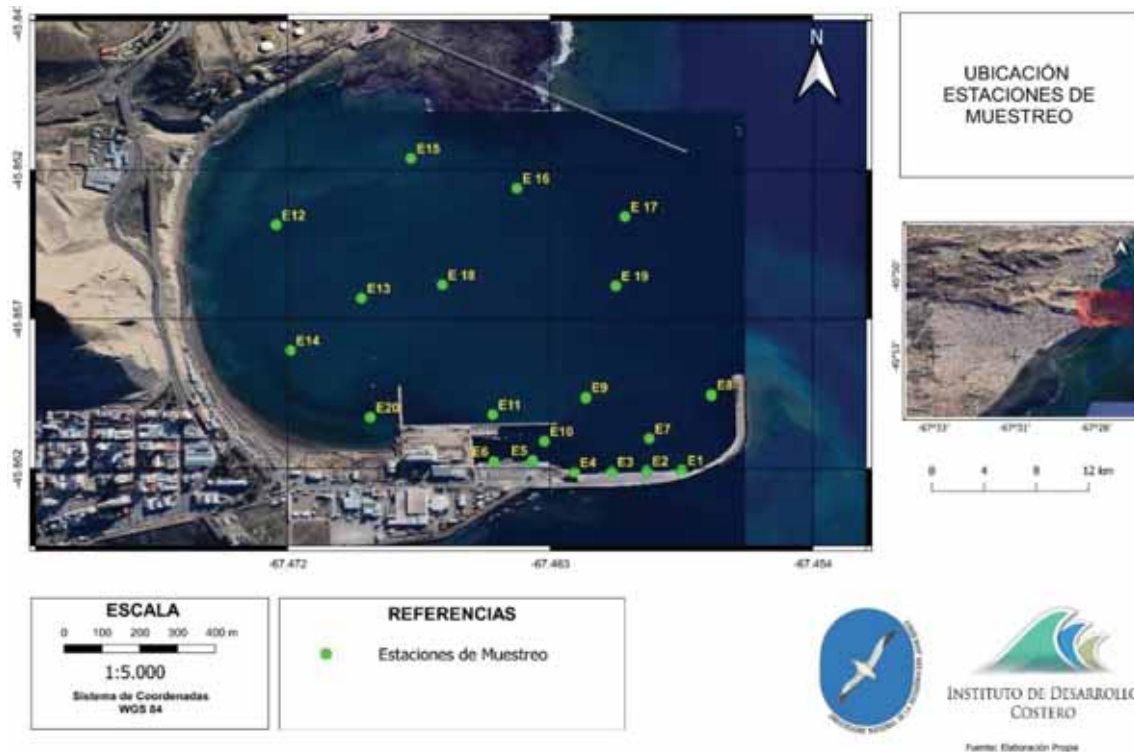


Figura 15. Estaciones de muestreo ubicadas en el área pasible de ser dragada y áreas adyacentes hacia el norte y noroeste del Puerto.



Figura 16. Estaciones de muestreo ubicadas al Sur del sector portuario.

Tabla 4. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo (WGS 84)

Estación	Latitud	Longitud
E1	45° 51' 43,46''	67° 27' 29,59''
E2	45° 51' 43,56''	67° 27' 33,90''
E3	45° 51' 43,66''	67° 27' 38,18''
E4	45° 51' 43,73''	67° 27' 42,76''
E5	45° 51' 42,27''	67° 27' 47,89''
E6	45° 51' 42,40''	67° 27' 52,64''
E7	45° 51' 39,58''	67° 27' 33,58''
E8	45° 51' 34,30''	67° 27' 25,96''
E9	45° 51' 34,61''	67° 27' 41,35''
E10	45° 51' 39,91''	67° 27' 46,45''
E11	45° 51' 36,63''	67° 27' 52,79''
E12	45° 51' 13,37''	67° 28' 19,35''
E13	45° 51' 22,42''	67° 28' 08,89''
E14	45° 51' 28,84''	67° 28' 17,60''
E15	45° 51' 05,19''	67° 28' 02,82''
E16	45° 51' 08,86''	67° 27' 49,81''
E17	45° 51' 12,37''	67° 27' 36,58''
E18	45° 51' 20,75''	67° 27' 58,97''
E19	45° 51' 20,90''	67° 27' 37,69''
E20	45° 51' 36,96''	67° 28' 07,81''
E21	45° 52' 11,19''	67° 28' 13,59''
E22	45° 52' 28,78''	67° 28' 11,43''

En cada una de las estaciones, las muestras de sedimento se obtuvieron mediante el uso de un muestreador Hope de 50 cm de longitud y 5 cm de diámetro (**Figura 17.c.**). Para recolectar la muestra fue necesario retirar las tapas de ambos extremos del

muestreador. A continuación, el tubo se introdujo en el sustrato, utilizando presión, en posición vertical y perpendicular al sustrato, hasta una profundidad de 40 cm. Seguidamente se colocó la tapa posterior del muestreador Hope para evitar la pérdida del material recolectado y se retiró el tubo del sustrato. El material recolectado fue llevado a bordo de la embarcación por el buzo y un operador se encargó de homogeneizar el material mediante movimientos de vaivén, para finalmente trasvasarlo a los recipientes correspondientes (**Figura 18.a.** y **Figura 18.b.**). El procedimiento de muestreo se repitió hasta completar los volúmenes requeridos de muestras para el total de las determinaciones. Las muestras destinadas a determinación de parámetros físico-químicos se conservaron en recipientes de vidrio de 350 ml (**Figura 17.c.**), mientras que las muestras para granulometría se guardaron en bolsas de nylon (**Figura 17.d.**).

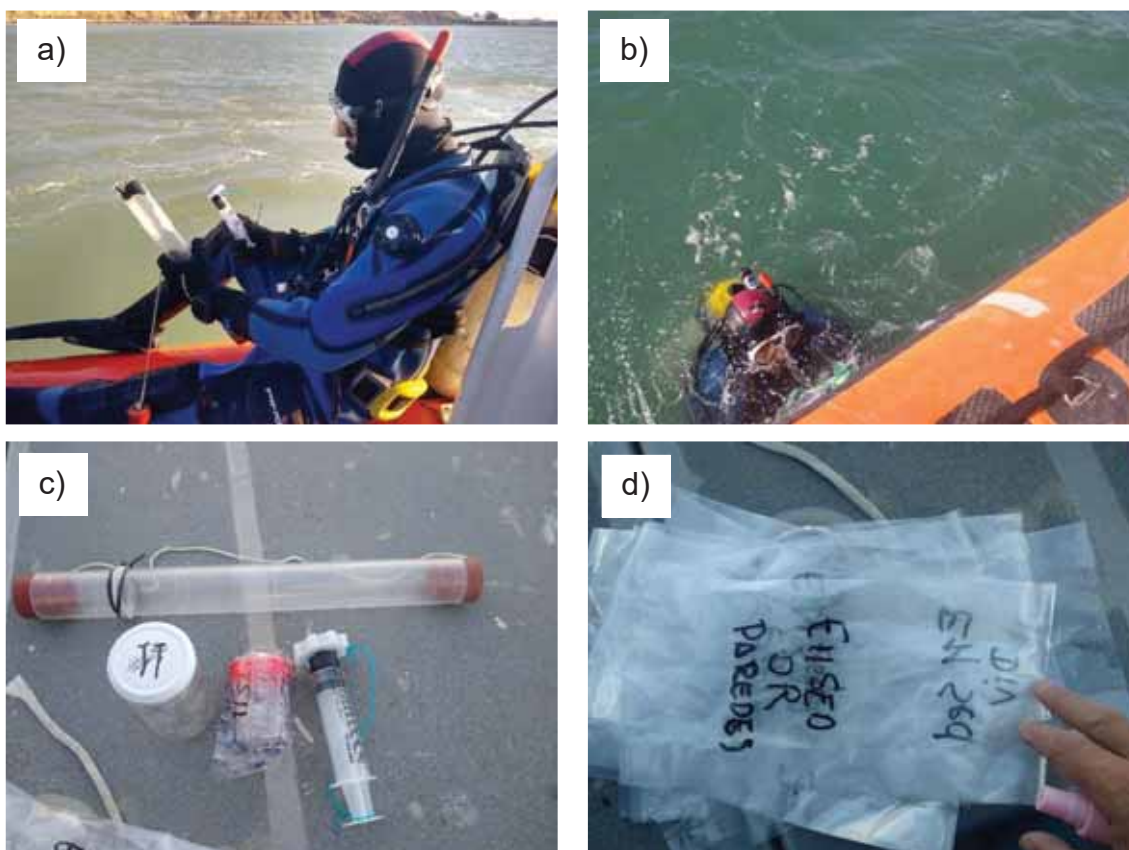


Figura 17. Metodología de muestreo. a) Buzo con equipo de muestreo de sedimento. b) Buzo realizando inmersión. c) Equipos y recipientes para el muestreo de sedimentos. d) Bolsas de nylon utilizadas para la recolección de muestras.

Asimismo, se recolectaron muestras de sedimento destinadas al estudio de organismos bentónicos infaunales, utilizando el muestreador hope, pero en esta ocasión en vez de

introducirlo en el sedimento de forma vertical, se lo introdujo en posición oblicua (inclinación de 30° aproximadamente), de tal forma de obtener el material de las capas superficiales de sustrato.

Las muestras destinadas a análisis bacteriológico se colectaron utilizando un muestreador estéril. Para ello se utilizó una jeringa de 60 ml, a la que se le recortó el extremo inferior del tubo. También se le colocó una tapa sujeta al embolo mediante un hilo piolín, que evitó la contaminación de la muestra durante su ascenso a bordo. La muestra fue trasvasada a un recipiente estéril (**Figura 17.c.**).

Todos los recipientes fueron debidamente rotulados externamente y adicionalmente se agregó una etiqueta de papel vegetal en el interior del recipiente contenedor (con excepción de las muestras de bacteriología que solo fueron rotuladas externamente). Una vez obtenidas las muestras, las mismas fueron rotuladas y depositadas en una conservadora conteniendo Icepacks a 4° C, para su posterior traslado a laboratorio.

Las cadenas de custodias de las muestras fueron elaboradas in situ, en formularios por triplicado y durante el procedimiento de recolección de las mismas. Los formularios de cadena de custodia incluyeron información sobre la fecha y hora de muestreo, estado del tiempo e información inherente a la recolección de muestras. En el **Anexo II** se adjunta un modelo del formulario de cadena de custodia utilizado.

En laboratorio, las muestras para granulometría fueron secadas en estufa a 100° C y posteriormente reenvasadas (**Figura 18.c.**) y derivadas al laboratorio de sedimentología de la Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca).

Las determinaciones granulométricas se realizaron sobre la muestra total previamente homogeneizada y tomando como referencia general las pautas establecidas en la norma UNE 103101:1995 "Análisis granulométrico de suelos por tamizado". En el tamizado de las muestras para la separación de arenas se utilizó una serie de tamices con las siguientes luces de malla 2 mm, 1,4 mm, 1 mm, 0,710 mm, 0,600 mm, 0,500 mm, 0,355 mm, 0,250 mm, 0,180 mm, 0,125 mm, 0,063 y 0,053 mm.

La fracción fangosa fue separada mediante el método de la Pipeta de Robinson. El fundamento del método se basa en que las partículas grandes en el seno de un líquido caen con mayor rapidez que las pequeñas permitiendo cuantificar las partículas de suelo con tamaños menores a 53 µm: limos y arcillas. Se lava el pie (fondo) del tamiz (donde se encuentran las partículas de limo y arcilla) con agua destilada hasta que el percolado sea translúcido. La probeta se enrasa a 1000ml, se coloca en un baño térmico para

unificar la temperatura de la suspensión y se agita con mucho cuidado por espacio de 1 minuto con varilla. Luego, mediante una pipeta se toman muestras de la solución a diferentes profundidades y tiempos tabulados. Las alícuotas obtenidas se colocan en vasos de precipitado preterados y se colocan en estufa a 110° C durante 24 hs. Luego se pesan en una balanza analítica y se calcula el porcentaje de limos y arcillas de la muestra.

Los datos recolectados fueron analizados con el software Gradistat V 9.1 (Blott & Pye, 2001). El método elegido para el cálculo de los parámetros de tamaños de grano fue el Método de las medidas gráficas Logarítmicas de Folk y Ward (1957).

El informe de este ensayo granulométrico incluye, al menos, los siguientes aspectos:

- a) Porcentaje de gruesos (PG).
- b) Porcentaje de finos (PF).
- c) Porcentaje de arenas (PA).
- d) Curva de distribución granulométrica, según diseño descrito en la mencionada norma, basada en una serie no inferior a 11 tamices, comprendidos entre 2 mm y 0,063 mm, ambos inclusive, con tamaños intermedios distribuidos de modo regular en este intervalo, según serie de tamices UNE 7050-3:19978 o equivalente y luces de malla: 2 mm, 1,4 mm, 1 mm, 0,710 mm, 0,600 mm, 0,500 mm, 0,355 mm, 0,250 mm, 0,180 mm, 0,125 mm y 0,063 mm.
- e) Cálculo del D50, entendido como el tamaño de luz de malla que dejaría pasar el 50% del material.
- f) Concentración de sólidos: La concentración de sólidos, es decir, la masa de sólidos por unidad de volumen de sedimento "in situ", se calculará mediante la expresión:

$$C_s = \frac{1,5 P_F + 1,7 P_A + 1,8 P_G}{100}$$

donde:

PG = Porcentaje de gruesos.

PA = Porcentaje de arenas.

PF = Porcentaje de finos.

Y debiendo cumplirse la relación: PG + PA + PF = 100.

Las muestras recolectadas para la determinación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos fueron reservadas en heladera hasta el momento de la derivación donde fueron enviadas, junto a sus correspondientes cadenas de custodia, al Laboratorio IL&A S.A. -Sucursal Sur- INGENIERÍA LABORAL y AMBIENTAL S.A. que como se mencionó en el apartado anterior, se encuentra acreditado en el Registro Provincial de Laboratorios de Servicios Analíticos Ambientales de la Provincia de Chubut. Los parámetros físico-químicos analizados en las muestras de sedimento incluyeron: Fosfato, Nitrato (como NO_3^-), Sulfuros, Hidrocarburos totales de petróleo (TPH), Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (A), PCB's, Hidrocarburos (C_{10} - C_{40}), Bacterias coliformes totales, Bacterias coliformes fecales, *Escherichia coli*, y metales pesados (Arsénico total, Cadmio total, Cinc total, Cromo total, Cobre total, Mercurio total, Niquel total, Plomo total)

En la **Tabla 5** se establecen las cantidades mínimas de sedimentos necesarias para cada uno de los tipos de análisis realizados.

Tabla 5. Cantidades mínimas de sedimentos necesarias para cada uno de los tipos de análisis.

CANTIDAD MÍNIMA DE SEDIMENTO NECESARIA POR MUESTRA			
TIPO DE ANÁLISIS		VOLUMEN (ml)	MASA HÚMEDA (g)
Análisis físicos	Granulometría	300	500
	Carbono orgánico total	20	35
Análisis químicos	Metales	60	100
	Contaminantes orgánicos	200	350
Análisis microbiológicos	Contaminantes fecales	100	175

En la **Tabla 6** se mencionan los métodos utilizados para la determinación de cada uno de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos analizados (Baird et al., 2012; U.S. EPA, 2014; U.S. EPA, 2003).

Los resultados de todos los parámetros medidos en laboratorio se exhibieron en una tabla resumen y se contrastaron con los establecidos por las Directrices para la Caracterización del Material de Dragado y su Reubicación en Aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre, elaborado por la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas (CIEM) (2021), a los efectos de categorizar el tipo de sedimento (peligroso o no peligroso).



Figura 18. Metodología de muestreo. a) Procedimiento de homogeneización de la muestra en el muestreador Hope. b) Trasvase de sedimentos a los recipientes. c) Muestras secas de sedimentos para granulometría.

Tabla 6. Métodos utilizados para la determinación de cada uno de los parámetros analizados.

PARÁMETROS A DETERMINAR	MÉTODOS APLICADOS
Fosfato	SM 4500 P C
Nitrato, como NO_3^-	SM 4500 NO_3^- B
Sulfuros	USEPA SW846 N° 9030
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	TNRCC 1005 CG-FID
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (A)	USEPA 3550C/8270D GC-MS
PCBs	USEPA 3540/8270C GC-MS
Hidrocarburos (C10-C40)	TNRCC 1005 CG-FID
Bacterias Coliformes Totales	SM 9221 B
Bacterias Coliformes Fecales	SM 9221 C
Escherichia Coli	SM 9221 F
Arsénico Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES
Cadmio Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES
Cinc Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES
Cromo Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES
Cobre Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES
Mercurio Total	USEPA 3051A//USEPA 7471 B
Níquel Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES
Plomo Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES

4.c. Caracterización de la diversidad marina bentónica intermareal y submareal (Epifauna e infauna)

4.c.1. Metodología ambiente intermareal

La caracterización del bentos costero intermareal se realizó en dos restingas de sustrato rocoso entre el 14 y el 16 de septiembre 2022: restinga Puerto Sur frente a la avenida Hipólito Yrigoyen ($45^{\circ}51'55''\text{S}$, $67^{\circ}28'32''\text{W}$) y restinga Muelle YPF ($45^{\circ}50'54''\text{S}$, $67^{\circ}27'52''\text{W}$) (**Figura 19**). En cada sitio se realizó un muestreo aleatorio a lo largo de un gradiente de altura intermareal excluyendo zonas de pozas de mareas o encharcados y/o sustratos con pendiente pronunciada. El análisis del bentos incluyó dos enfoques complementarios: (1) cobertura del sustrato por principales especies bentónicas (macroalgas/macroinvertebrados o aquellas consideradas de importancia ecológica como ingenieros ecosistémicos) y (2) análisis cuantitativo de la abundancia y estimación de indicadores de diversidad de la macrofauna bentónica con fines de construir una línea de base local para la zona.



Figura 19. Ubicación de las restingas caracterizadas en el presente informe.

El análisis de la cobertura de sustrato de especies bentónicas se realizó en cada sitio utilizando un diseño de muestreo en gradiente vertical con una resolución espacial de siete niveles desde el horizonte mesolitoral superior hasta el infralitoral superior. Los niveles fueron estimados utilizando la tabla de marea para el Puerto de Comodoro Rivadavia (SHN 2022) y el programa CalcMar 5.0. Además, se aplicaron criterios ecológicos de distribución y zonificación de especies típicas (Zaixso *et al.* 2015). En cada nivel se tomaron 5 unidades muestrales (u.m.) correspondientes a fotocuadrículas ($0,25 \text{ m}^2$) (total u.m.: 75) (**Figura 20**). Las fotografías fueron luego procesadas utilizando el software Corelnet, y se estimó la cobertura de las principales especies (categorizadas según importancia ecológica o funcional) sobre un total de 100 puntos por fotografía según protocolo descrito en Beijbom *et al.* (2015) y Lamirand *et al.* (2022) (**Figura 20**).

El enfoque cuantitativo de la caracterización bentónica se realizó mediante un diseño de muestreo aleatorio estratificado por nivel intermareal. Los niveles intermareales, respecto al plano de reducción local, fueron cuatro: (a) horizonte mesolitoral superior (HMS) de 5,2-3,8 m, (b) mesolitoral medio (HMM) de 3,8-2,4 m, (c) mesolitoral inferior (HMI) de 2,4-1,0 m e (d) infralitoral superior (HIS) de 1,0-0,7 m (**Figura 21**). En cada nivel/horizonte se tomaron tres u.m. utilizando una cuadrícula de $0,0225 \text{ m}^2$ (total u.m.: 24) (**Figura 21.b**). Toda la biota presente (macroinvertebrados y macroalgas) se recolectó y fijo en formol salino 5%. En el laboratorio las muestras se tamizaron ($> 500 \text{ mm}$) y se identificaron los taxa presentes al menor nivel taxonómico posible utilizando

diversas claves de identificación. Se cuantificó la abundancia de cada una de ellas (en términos de frecuencia). Todas las especies/taxa fueron validadas posteriormente utilizando la base de datos del sistema WoRMS (World Register of Marine Species 2022).

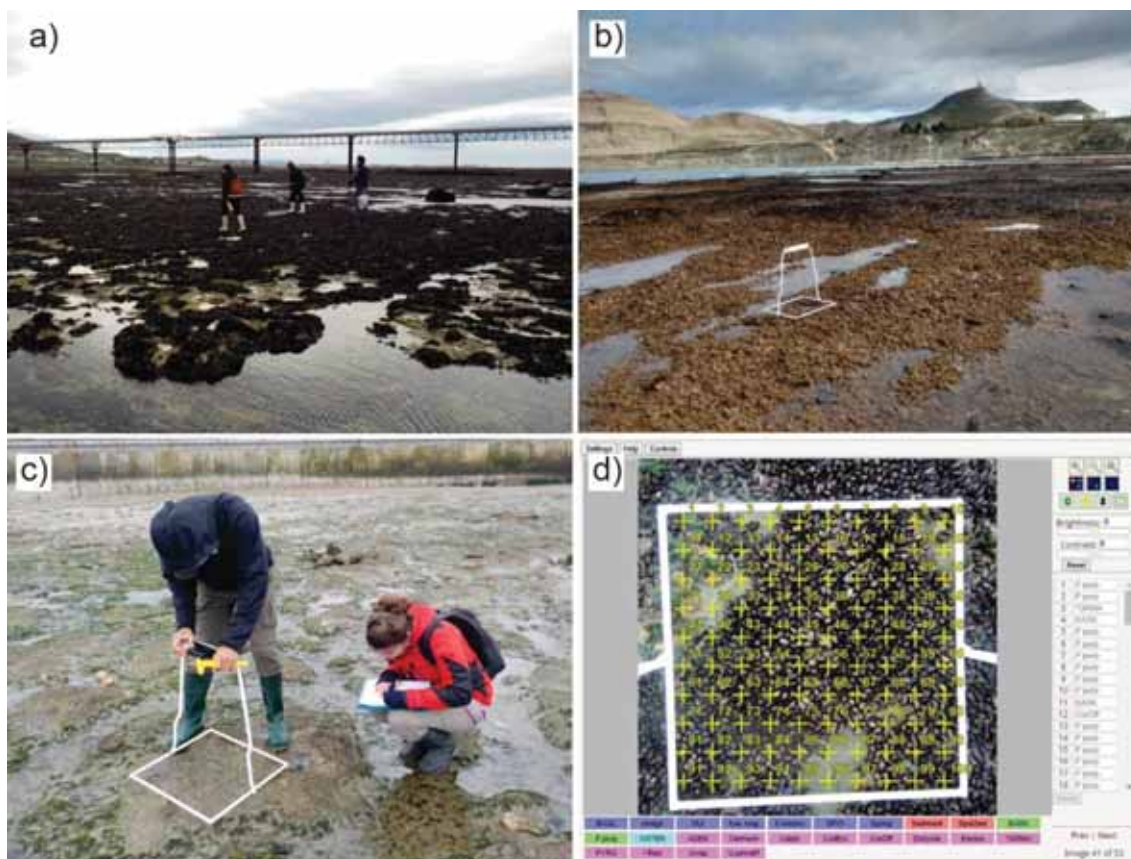


Figura 20. Relevamientos en intermareales rocosos aledaños al Puerto de Comodoro Rivadavia (a-c) y ejemplo de análisis de fotocuadrículas utilizando el programa CoralNet para estimación de porcentajes de cobertura (d).

La información cuantitativa fue volcada a una matriz de muestra por especie y sobre ella se estimaron índices univariados de diversidad (riqueza de especies (S), índice de Shannon (H'), equitatividad de Pielou (J') y dominancia de Simpson (1-I)) y curvas de rarefacción y de k-dominancia (Clarke y Warwick 2001) para cada sitio y nivel. Estas curvas presentan ciertas ventajas respecto a la utilización de descriptores univariados de diversidad dado que representan de manera gráfica la dominancia de especies (o taxones) en orden decreciente de su importancia en términos de abundancia (Warwick *et al.* 2008). Se calcularon además otros indicadores no paramétricos de riqueza

específica (ACE, ICE y Chao 2) utilizando el programa estimateS (Colwell y Elsensohn 2014). Se analizó luego la composición de especies por categorías taxonómicas superiores y se exploraron algunas relaciones entre muestras a lo largo del gradiente de altura intermareales utilizando métodos multivariados (nMDS) con el objeto de interpretar variaciones verticales en diferentes condiciones ambientales.

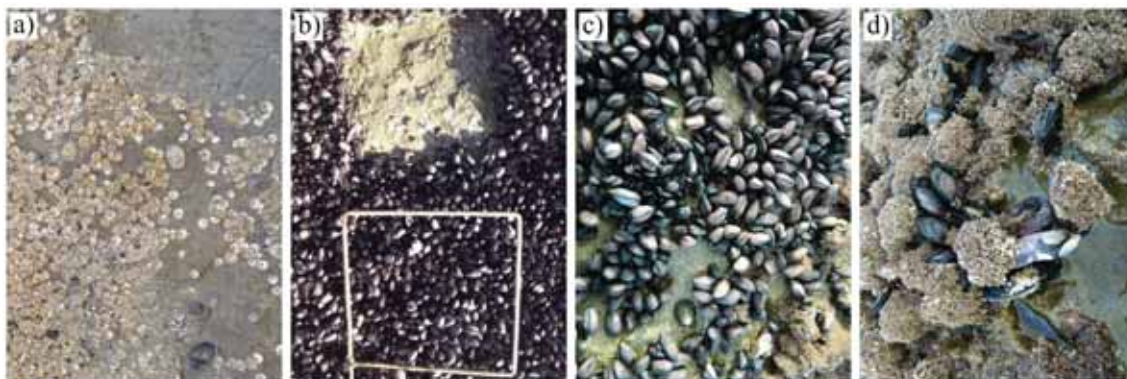


Figura 21. Fotografías características de los cuatro horizontes intermareales analizados en el informe y ejemplo de extracción de muestra biológica. a) Horizonte mesolitoral superior, b) mesolitoral medio, c) mesolitoral inferior y d) infralitoral superior.

4.c.2. Metodología ambiente submareal

Los ambientes submareales fueron relevados empleando diferentes enfoques. En los sectores donde predominan los sedimentos blandos se seleccionaron 5 estaciones (se utilizan como base las 22 estaciones definidas para el muestreo de sedimentos) y sobre ellos se realizaron muestreos de la infauna. Las muestras se obtuvieron mediante buceo autónomo y se utilizó un muestreador cilíndrico (*core*) de 10 cm de diámetro al cual se enterró unos 40 cm en el sedimento. Las muestras fueron tamizadas, posteriormente en laboratorio, con un tamiz de 500 μ y los organismos retenidos en el tamiz se identificaron al nivel taxonómico más bajo posible.

Además, se caracterizó la abundancia relativa de la epimegafauna a través de lances con una rastra de 1,20 m de ancho y 0,4 m de alto provista de una red de 2 cm de apertura de malla (**Figura 22**). Los lances se realizaron a una velocidad promedio de 2 nudos y tuvieron una duración de 10 minutos. Se realizaron cuatro lances en profundidades entre 5 y 12 m dentro del área del Puerto de Comodoro Rivadavia. Alternativamente se empleó una cámara de deriva, la cual fue arrastrada desde el bote

semirrígido (**Figura 22**), pero dada la baja visibilidad en el área no permitió obtener registros de videos útiles a los fines de este trabajo.



Figura 22. Cámara de deriva y lances con red de arrastre en fondos realizados dentro de la caleta del Puerto de Comodoro Rivadavia.

5. RESULTADOS

5.a. Caracterización del agua de mar

En esta sección se presentan los resultados del programa de muestreo realizado sobre el agua superficial. Los resultados analíticos del agua de mar se presentan en los **Anexo III**. Los protocolos de muestreo y tratamiento de las muestras en laboratorio se han descrito en la metodología en el apartado **4.a. Caracterización del agua de mar**. Asimismo, se definieron en la metodología los criterios de referencia para comparación. Se añaden las cadenas de custodia **Anexo V**.

Niveles guía de calidad de agua

A nivel nacional existe un marco regulatorio efectivamente vigente para los residuos peligrosos desde 1991, sancionada por la Ley 24.051 de RR.PP. y su decreto reglamentario 831/93. Este decreto posee una serie de anexos, conteniendo el Anexo II los niveles guías para diferentes medios, destacando en el presente trabajo los que se corresponden con el presente estudio: “Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Aguas saladas superficiales” y “Niveles guía de calidad de agua para recreación”. En el Anexo II al Decreto 831/93 se presentan los niveles guía de calidad de agua para la protección de la vida acuática en aguas saladas superficiales. Estos valores han sido considerados en el presente estudio para establecer la calidad que presenta el puerto y área de influencia donde se llevaron adelante las tareas asociadas al proyecto.

En la Provincia del Chubut, la que establece un marco regulatorio para residuos peligrosos es la ley XI N° 35, Código ambiental de la Provincia del Chubut y su decreto reglamentario N° 1540/16 que establece los Niveles Guía en la *Tabla 3. Niveles guía de la calidad de agua salada superficial para protección de la vida acuática* y *Tabla 5. Niveles guía de calidad de agua dulce salada y salobre para uso recreativo en contacto primario y secundario*.

Existen también normativas internacionales como legislación canadiense y estadounidense que regula niveles de contaminantes y calidad de agua para la vida acuática que también fue consultada en el presente estudio.

Parámetros físico-químicos medidos en campo mediante sonda multiparámetro.

Los parámetros físico-químicos de lectura directa en campo, se registraron mediante el uso de la sonda multiparamétrica YSI Modelo 556 MPS Serie No SI 3428, e incluyeron los siguientes parámetros Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Sólidos totales disueltos (g/l), Oxígeno disuelto OD (%), PH, Salinidad (%) y Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (**Figura 23**). Las profundidades expresadas en metros (Prof) se registraron utilizando para tal fin la ecosonda instalada en la embarcación. La penetración de la luz (PLuz) en el agua (expresada en metros) fue medida mediante el uso de un disco de Secchi y una soga graduada (**Tabla 7**).



Figura 23. Registro de parámetros físico-químicos de agua de mar, utilizando sonda multiparámetro y disco de secchi.

Las condiciones climáticas durante la toma de muestras fueron favorables, con excepción del día 6 de septiembre, en el que ocurrieron precipitaciones intensas durante todo el tiempo de desarrollo del muestreo.

Se desprende de la **Tabla 7** que el total de las estaciones de muestreo no superan los 12 metros de profundidad y que 13 de las 22 estaciones observan profundidades menores o iguales a 6 metros. La penetración de la luz se observó variable y asociada a las condiciones climáticas imperantes durante la toma de muestras. El día 1 y el 6 de septiembre, la penetración de la luz fue alta, dado que las condiciones de vientos y marejadas de esos días y días anteriores fueron benignas. A diferencia de lo anteriormente observado, la penetración de la luz el día 9 de septiembre fue muy baja, debido a las tormentas intensas observadas días anteriores que provocaron la resuspensión de sedimentos en la columna de agua.

Tabla 7. Valores de parámetros físico-químicos de agua de mar registrados (sonda YSI)

Fecha	Hora	Estación	Prof	PLuz	T °C	TSD	OD %	pH	Sal	Conduct	Tipo de sustrato
1/9/2022	13:09	E1	8,8	6,5	7,55	31,54	11,5	8,1	33,97	35,2	sustrato blando
1/9/2022	13:39	E3	9,1	8,3	7,53	31,44	11,8	8,04	33,96	35,19	sustrato blando
1/9/2022	14:00	E5	5,6	5,7	7,53	31,53	11,1	8,02	34,03	35,3	sustrato blando
1/9/2022	14:22	E20	2,8	2,8	7,6	31,47	12,1	8,01	33,97	35,35	sustrato blando
1/9/2022	14:44	E14	2,6	2,6	7,78	31,44	12,1	8	33,91	35,51	sustrato blando
1/9/2022	15:02	E16	5,8	5,8	7,52	31,46	11,8	8	33,95	35,27	sustrato duro
1/9/2022	15:14	E9	6	6	7,53	31,46	12,1	8	33,95	35,24	sustrato blando
1/9/2022	15:55	E2	9,4	6,2	7,65	31,48	11,6	7,99	33,95	35,36	sustrato blando
1/9/2022	16:13	E7	7	6,9	7,54	31,45	12	7,99	33,96	35,29	sustrato blando
1/9/2022	16:33	E6	6	5,5	7,67	31,44	11,4	7,99	33,96	35,39	sustrato blando
6/9/2022	13:15	E10	9,8	5,5	7,68	31,42	11,9	8,04	33,4	35,28	sustrato blando
6/9/2022	13:24	E8	11,5	7,5	7,6	31,43	12	8,02	34,05	35,39	sustrato blando
6/9/2022	13:49	E4	10,8	6,5	6,62	31,28	12,2	8,01	ND	ND	sustrato blando
9/9/2022	08:54	E11	4	1,5	7,18	32,79	9,47	7,86	32,63	50,43	sustrato blando
9/9/2022	09:36	E13	3,6	0,9	7,01	32,8	9,16	7,83	32,63	50,46	sustrato blando
9/9/2022	09:49	E12	3,4	0,7	7,1	32,8	9,19	7,87	32,63	50,46	sustrato blando
9/9/2022	09:58	E15	5,7	2,4	7,1	32,83	9,37	7,87	32,63	50,5	sustrato duro
9/9/2022	10:09	E18	4,9	1,2	7,1	32,8	9,6	7,88	32,63	50,46	sustrato blando
9/9/2022	10:23	E19	6,9	1,2	7,2	32,8	9,83	7,88	32,65	50,4	sustrato blando
9/9/2022	10:35	E17	7,4	2,8	7,24	32,78	9,62	7,58	32,62	50,43	sustrato blando
9/9/2022	11:03	E21	5,1	3,1	7,22	32,62	9,16	7,9	32,5	50,26	sustrato duro
9/9/2022	11:09	E22	5,8	2,8	7,26	32,7	8,52	7,89	32,53	50,3	sustrato duro

Los valores de temperatura son acordes a los registrados en agua superficial de ambientes costeros para estas latitudes, y a inicios del mes de septiembre. El resto de los parámetros físico-químicos del agua de mar registrados in situ, manifestaron algunas variaciones significativas entre estaciones de muestreo, pero esas variaciones están principalmente asociadas a las condiciones climáticas imperantes los días en que se realizó la toma de muestras.

Es de destacar una disminución de la salinidad en las muestras obtenidas el día 9 de septiembre con respecto a los otros dos días de muestreo. Esta condición podría explicarse por la dilución del agua de mar provocada por el aporte de agua dulce producto de las lluvias ocurridas los días previos al 9 de septiembre. También se observó una reducción leve del PH, un incremento leve de los Solidos totales disueltos (TDS) y una reducción más significativa del porcentaje de Oxígeno disuelto en los

registros obtenidos el 9 de septiembre respecto a los otros dos días de muestreo. Por último, los valores de conductividad registrados el 9 de septiembre para las estaciones de muestreo relevadas, no son consistentes con el resto de los parámetros medidos. Si bien podrían haberse registrado valores más altos, asociados al incremento de los TDS, son muy altos y por ese motivo, se considera que podría tratarse de un error sistemático del equipo de medición (mala calibración del equipo o problemas con el electrodo).

Los valores de Oxígeno disuelto en el agua medidos en todas las estaciones de muestreo se encuentran por debajo del nivel guía de Oxígeno disuelto (>5 mg/l) establecido en la *Tabla 5. Niveles guía de calidad de agua dulce, salada y salobre para uso recreativo en contacto primario y secundario* del Decreto N° 1540/16 de la Provincia del Chubut. También los valores de PH medidos se encuentran dentro del rango establecido (5-9) en la Tabla 5 del decreto mencionado anteriormente.

Los sólidos totales disueltos (TDS) comprenden las sales inorgánicas (principalmente calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que se disuelven en el agua. Se considera que los valores son normales. Si bien no están tabulados en la tabla de niveles guía, el agua de mar estándar posee alrededor de 36 g/l de TDS, dependiendo de la región. Se observan niveles más altos de TDS de alrededor de 45 g/l en el Golfo Pérsico.

Parámetros analíticos adicionales para la caracterización del agua en el área de estudio

Las estaciones E1, E3, E5, E9, E14, E16, E20 y E21 fueron seleccionadas para caracterizar con mayor detalle la calidad de agua mar superficial en el área de estudio. Las tres primeras estaciones mencionadas se sitúan linderos al frente de atraque del Puerto (Área operativa) y el abrigo del Puerto. La estación E9 se ubica en la boca de acceso del Puerto, mientras que las estaciones E14 y E20 se encuentran frente al Club Náutico Espora y en la zona de protección del espigón respectivamente. Por su parte la E16 se encuentra en cercanías de la restinga de Km 3 (Muelle YPF) y la última se situó en el área ubicada al sur del Puerto. Esta distribución de muestras asegura la cobertura de todos los sectores y usos del área de estudio y la caracterización del cuerpo de agua en función de la variedad de potenciales fuentes de contaminación presentes (Descarga de hidrocarburos livianos en el Muelle de YPF, aportes de efluentes o residuos en zona costera, contaminación originada por vuelcos desde las embarcaciones, procesos de eutrofización costeras, etc.).

En la **Tabla 8** se exponen los resultados analíticos de parámetros físico-químicos y bacteriológicos en las muestras de agua de mar superficial. Se analizan separadamente por tipo de parámetro agrupándolos en Parámetros Físico-químicos básicos, DBO y DQO, Hidrocarburos totales de petróleo, Bacteriología y Metales pesados.

- a) *Físico-químicos*: Incluyó el análisis de parámetros tales como Alcalinidad de Bicarbonatos (como CO_3Ca), Cloruro, Fosfato, Nitratos, Nitritos, Sulfatos y Carbono orgánico total. Si bien no están establecidos los Niveles Guía en la *Tabla 3. Niveles guía de la calidad de agua salada superficial para protección de la vida acuática* y *Tabla 5. Niveles guía de calidad de agua dulce salada y salobre para uso recreativo en contacto primario y secundario* del Decreto Provincial N° 1540/16 de la Provincia del Chubut; los valores medidos se consideran normales para ambientes marinos costeros de climas templados.

Por su parte, los valores de Nitratos y Nitritos se encuentran por debajo de los Niveles Guía establecidos en la *Tabla 3. Niveles guía de la calidad de agua salada superficial para protección de la vida acuática* del Decreto Provincial N° 1540/16 de la Provincia del Chubut (Nitratos: 200 mg/l y Nitritos 1 mg/l).

En la **Figura 24** se representa sobre el mapa la variación espacial de la alcalinidad de bicarbonatos (mg/l), observándose una mayor concentración en la zona portuaria, aunque las diferencias entre estaciones no son notorias.

La concentración de cloruros (mg/l) no muestra un patrón claro de distribución espacial (**Figura 25**), aunque muestran algún tipo de correlación espacial con los valores tomados por las determinaciones de Nitratos (**Figura 26**) y Sulfatos (**Figura 27**). Finalmente, los sólidos totales disueltos y el Carbono Orgánico Total muestran mayores concentraciones en la zona portuaria (**Figura 28** y **Figura 29**).

Tabla 8. Resultados analíticos de parámetros físico-químicos y bacteriológicos en muestras de agua de mar superficial

INSTITUTO DE DESARROLLO COSTERO (U.N.P.S.J.B) Ruta N° s/n Km 4. Comodoro Rivadavia (9000)- Chubut	Estaciones	E1	E3	E5	E14	E16	E9	E20	E21	LCM	LDM	Unidad
		Método	91760	91761	91762	91763	91764	91765	91766			
Alcalinidad de Bicarbonatos (como CO ₃ Ca)	SM 2320 B	111,0	110,0	108,0	108,0	109,0	109,0	111,0	110,0	0,5	0,2	mg/l
Alcalinidad de Carbonatos (como CO ₃ Ca)	SM 2320 B	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,2	mg/l
Cloruro	SM 4110B-Cl- Cl	21302,3	21470,9	22458,9	21160,1	21850,5	21557,1	20896,2	21229,3	0,1	0,05	mg/l
Fosfato	SM 4500-P C	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,02	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	SM 5210 B	3	<1	<1	5	<1	6	1	<1	1	0,4	mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM 5220 B	10	<1	<1	16	<1	20	3	<1	1	0,4	mg/l
Nitrato, como NO ₃ ⁻	SM 4110B-NO3- Cl	6,00	6,10	6,50	5,89	6,15	6,20	6,89	5,90	0,01	0,005	mg/l
Nitrito, como NO ₂ ⁻	SM 4110B-NO2- Cl	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,002	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	SM-2540 C	46774	46340	48600	44695	46967	45115	50220	44975	1	0,4	mg/l
Sulfato	SM 4110C SO42- Cl	2160,9	2188,3	2285,4	2159,2	2266,3	2225,4	3762,1	2187,3	0,3	0,1	mg/l
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	USEPA 8015D	ND	ND	ND	ND	N#A	ND	ND	ND	0,1	0,05	mg/l
Carbono Orgánico Total	SM 5310 B	0,70	<0,05	<0,05	1,10	<0,05	1,40	0,21	<0,05	0,05	0,02	mg/l
Bacterias Coliformes Totales	SM 9221-B	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	21	2	---	NMP/100 ml
Bacterias Coliformes Fecales	SM 9221 C	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	15	2	---	NMP/100 ml

<i>Escherichia Coli</i>	SM 9221 F	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	15	2	---	NMP/100 ml
Arsénico Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,0005	mg/l
Cadmio Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES	0,0307	0,0132	0,0078	0,0073	0,0051	0,0039	0,0037	0,0033	0,0009	0,0025	0,0009	mg/l
Cinc Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES	0,024	0,022	0,019	0,017	0,026	0,023	0,021	0,027	0,001	0,002	0,001	mg/l
Cromo Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES	0,065	0,087	0,085	0,082	0,070	0,073	0,083	0,061	0,001	0,005	0,001	mg/l
Cobre Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES	<0,005	0,008	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,002	0,005	0,002	mg/l
Mercurio Total	USEPA 7470 A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,0001	0,0002	0,0001	mg/l
Níquel Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,003	0,005	0,003	mg/l
Plomo Total	USEPA 3015A/6010D AVICP-OES	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,011	0,025	0,011	mg/l
Observaciones													
LCM: Límite de Cuantificación del método.													
LDM: Límite de Detección del Método.													
Notación ND: No detectado, equivale a menor del límite de detección del método.													
Notación <: Resultado menor del límite de cuantificación, pero por encima del límite de detección del método.													
Notación SM – significa Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WPCF)													
Notación USEPA – significa Standard Methods for United States Environmental Protection Agency.													
Método de digestión para análisis de metales totales: USEPA SW 846 3015A (Asistido por Microondas).													
Los datos correspondientes a los registros de calidad, se encuentran archivados en IL&A S.A., acorde a nuestro sistema de gestión ISO 9001:2015.													

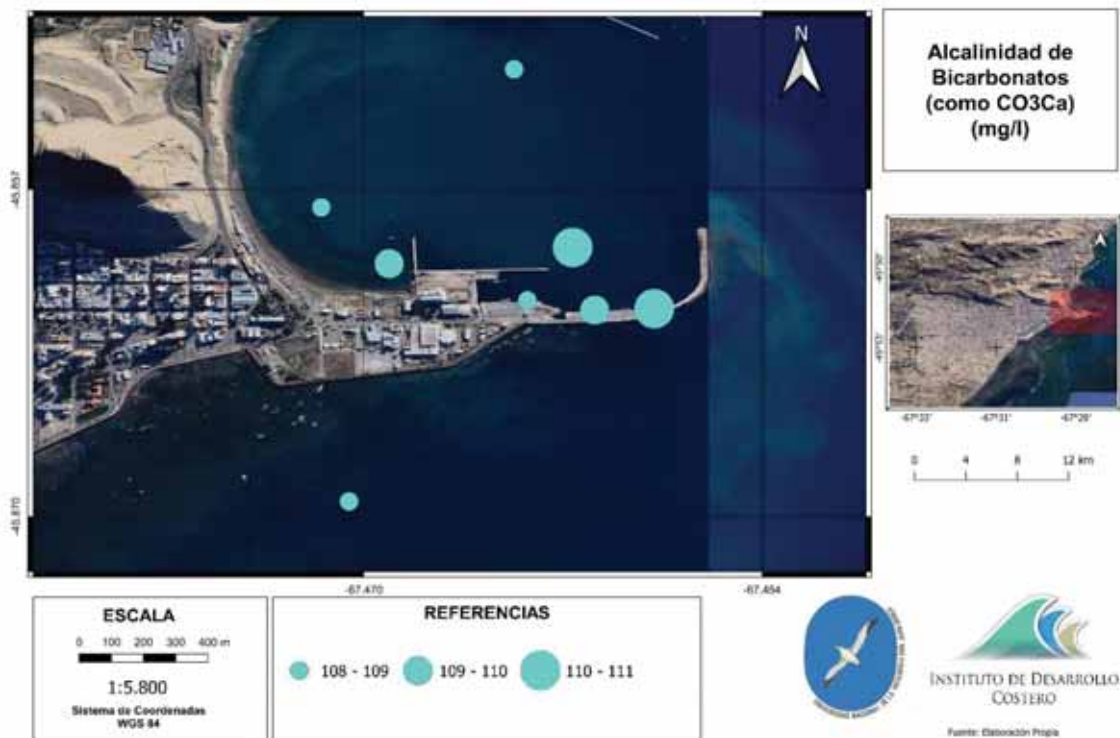


Figura 24. Variación espacial de la concentración de bicarbonatos en agua de mar.

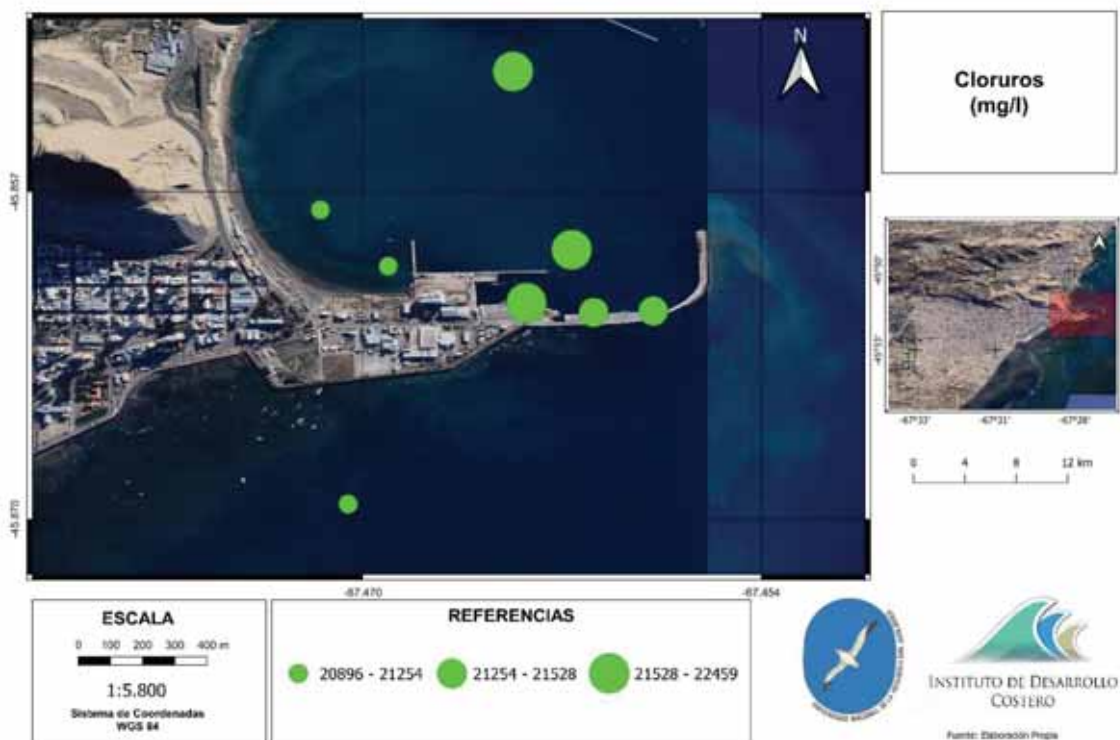


Figura 25. Variación espacial de la concentración de cloruros en agua de mar.

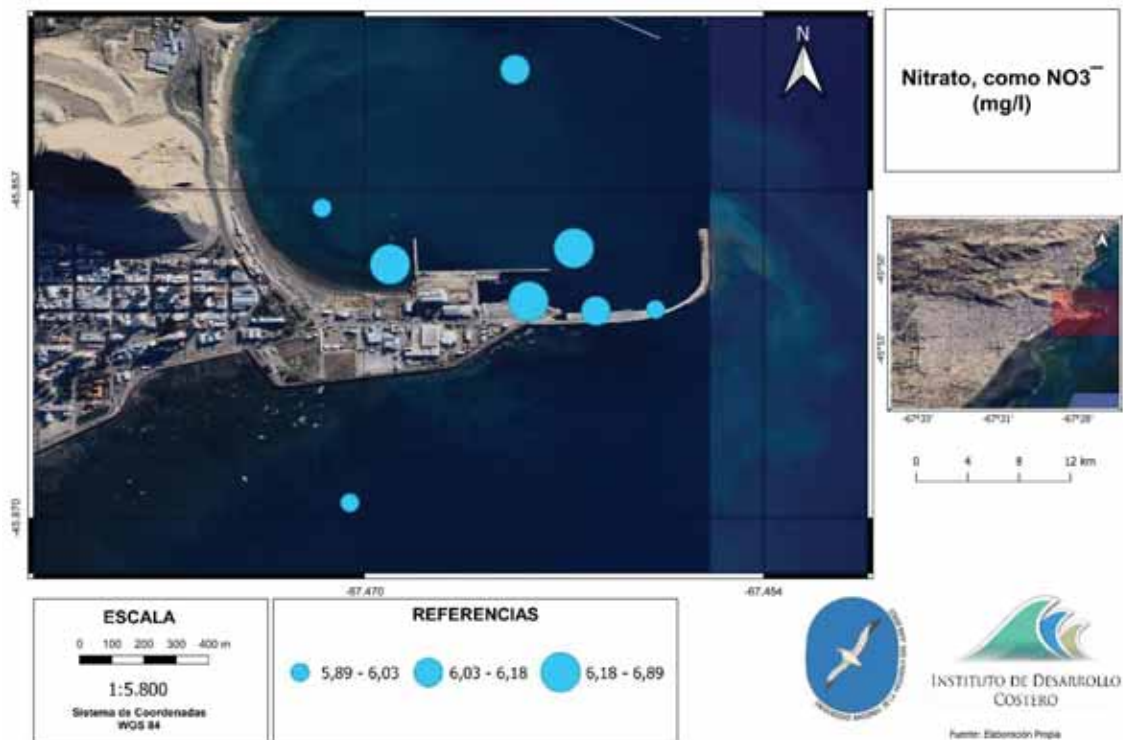


Figura 26. Variación espacial de la concentración de Nitratos en agua de mar.

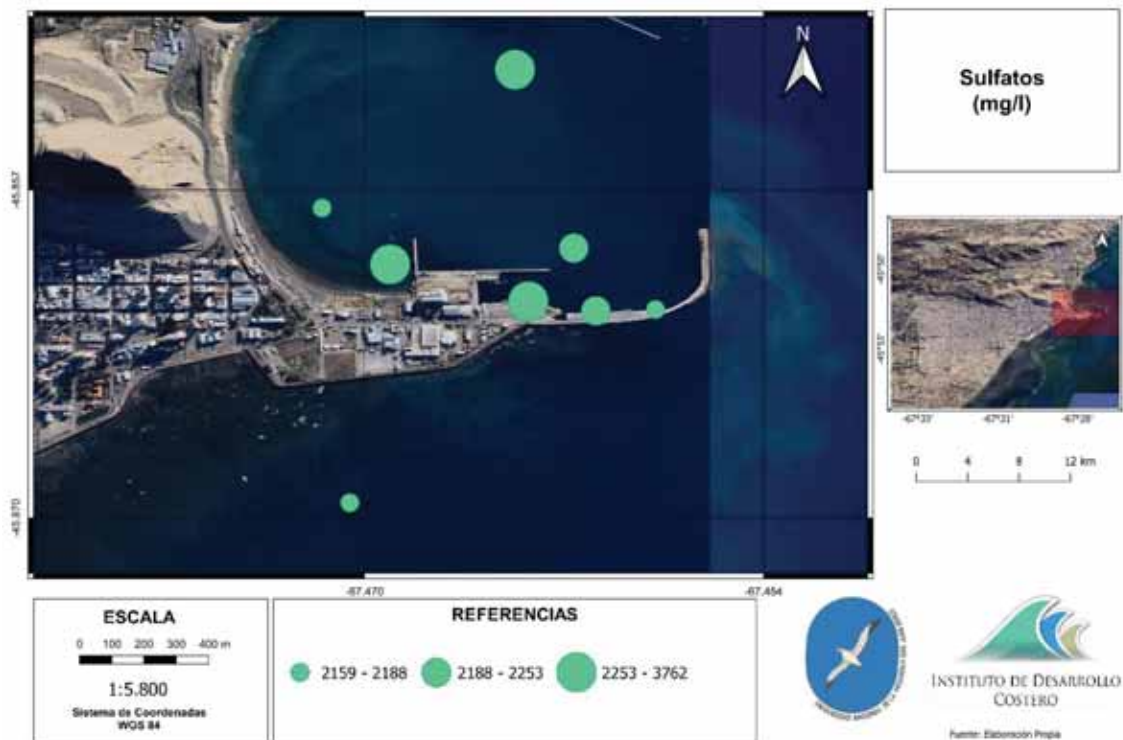
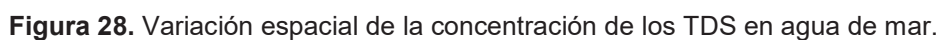


Figura 27. Variación espacial de la concentración de Sulfatos en agua de mar.



b) **Biológicos:** Incluyó el análisis de la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO), la demanda química de Oxígeno (DQO) y bacteriología (Bacterias Coliformes totales, bacterias coliformes fecales y *Escherichia coli*).

La demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) determina la cantidad de Oxígeno disuelto (OD) consumida por los microorganismos para descomponer (en condiciones aeróbicas) la materia orgánica presente en una muestra durante un periodo de tiempo y temperatura específicos. Cuando mayor es el DBO en un cuerpo de agua, menor es el oxígeno disponible para las formas de vida acuática y además es un indicador para evaluar la carga orgánica liberada. La DBO en las estaciones analizadas alcanzó valores entre mínimos menores que 1 mg O₂/l hasta los 6 mg O₂/l. Aun no estando los Niveles guía para este parámetro definidos en el Decreto N° 1540/16 de la Provincia del Chubut, los valores obtenidos son bajos (menores de 30 mg O₂/l) e indican que el área no se ve afectada significativamente por fuentes de contaminación orgánica (descargas de efluentes cloacales). En la **Figura 30** se observa la distribución espacial de los valores de DBO destacándose que los mayores valores se encuentran asociados a la zona portuaria y la playa costanera.



Figura 30. Variación espacial de la DBO₅ en agua de mar.

La demanda química de oxígeno (DQO) determina la cantidad de Oxígeno disuelto requerida para oxidar la materia orgánica en una muestra por medio de un agente químico. Permite de esta manera medir residuos industriales en el Agua. Los valores obtenidos para DQO en las estaciones analizadas se encuentran comprendidas en un rango de valores que van desde menores a 1 mg O₂/l y 20 mg O₂/l. Estos valores son bajos y concuerdan con aguas muy poco contaminadas (Menores de 20 mg O₂/l). Tampoco existen niveles guía en la normativa de referencia.

En la **Figura 31** se aprecia la distribución espacial de las concentraciones de DQO en el área de estudio, observándose que las muestras de las zonas más expuestas en el área de Puerto y las áreas cercanas a la playa costanera exhiben los valores más altos.



Figura 31. Variación espacial de la DQO en agua de mar.

Con respecto a las determinaciones microbiológicas, los valores obtenidos son menores que 2 NMP/100 ml, para las estaciones estudiadas, a excepción de la estación E21, donde se observan valores de Coliformes totales, Coliformes fecales y *E. coli* más elevados (21 NMP/100 ml, 15 NMP/100 ml y 15 NMP/100

ml respectivamente) (**Figura 32, Figura 33 y Figura 34**). Sin embargo, si comparamos estos valores obtenidos con los niveles guías para los parámetros mencionados, establecidos en la *Tabla 5. Niveles guía de calidad de agua dulce salada y salobre para uso recreativo en contacto primario y secundario* del Decreto Provincial N° 1540/16 de la Provincia del Chubut; los valores medidos se consideran muy bajos. Los niveles guía establecidos para Coliformes totales son menores a 1000 NMP/100 ml, para coliformes fecales menores de 250 NMP/100 ml y para *E. coli* menores de 200 NMP/100 ml.

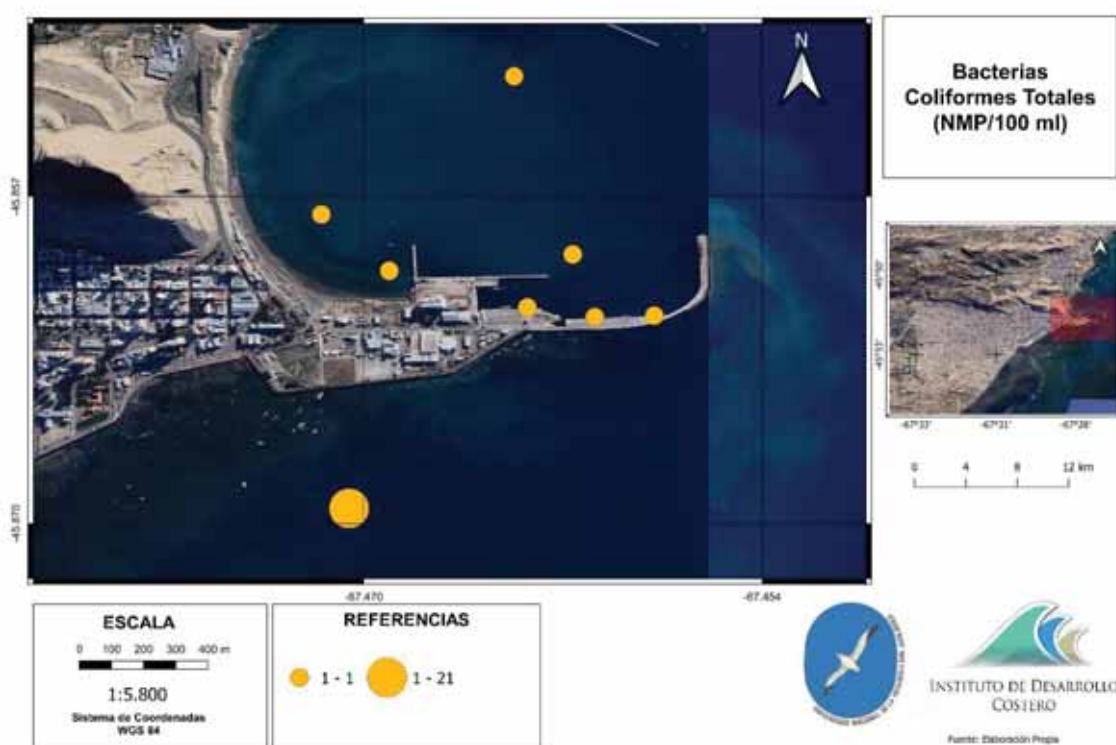


Figura 32. Variación espacial de la cantidad de bacterias coliformes totales en agua de mar.

a) *Hidrocarburos totales de Petróleo y Metales pesados*: En todas las estaciones analizadas, no se detectaron concentraciones de Hidrocarburos totales de petróleo.

Con respecto a los metales pesados, las determinaciones de Mercurio total fueron valores No detectados en todas las muestras mientras que para el Arsénico total fueron todas menores que $<0,001$ mg/l. Algo similar ocurrió con los valores determinados para Cobre total y Níquel total en cuyo caso todas las muestras obtuvieron valores menores $<0,005$ mg/l y para finalizar con los

parámetros analíticos que no mostraron variaciones entre muestras, el Plomo total obtuvo valores de $<0,025$ mg/l.

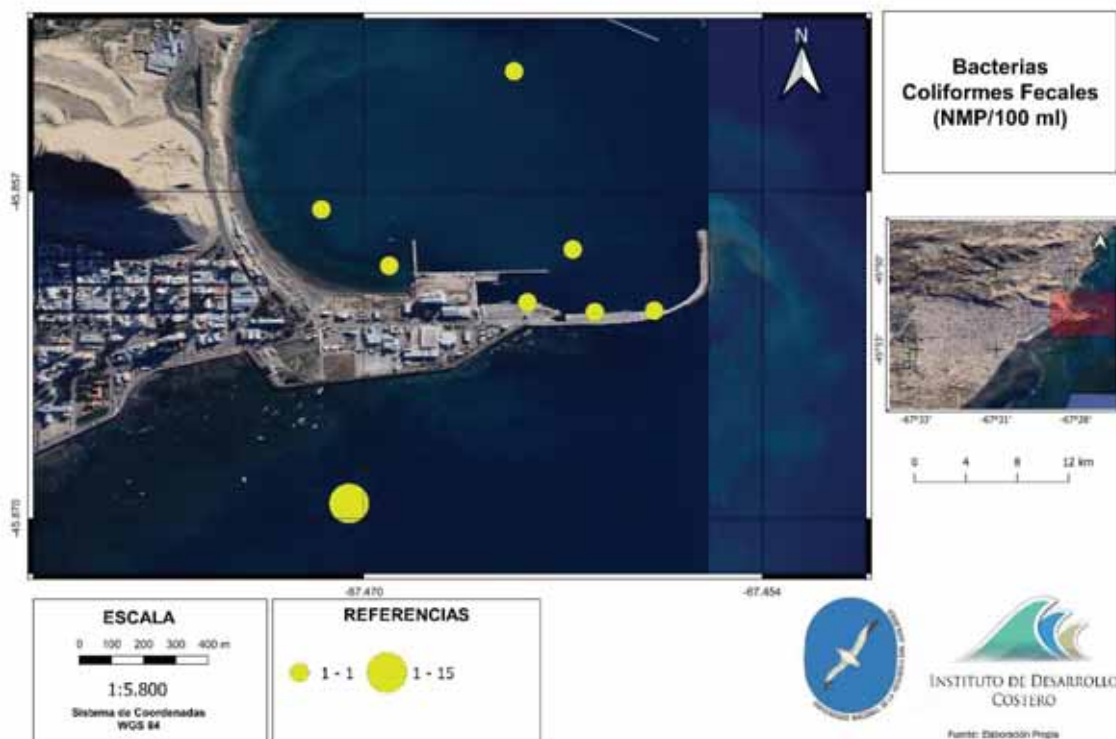


Figura 33. Variación espacial de la cantidad de bacterias coliformes Fecales en agua de mar.

A diferencia de estos últimos mencionados, el Cadmio total, el Cinc total y el Cromo total, fueron más variables entre muestras y sus valores rondaron en rangos que van entre 0,0033 y 0,0307 mg/l para el Cadmio total; 0,017 y 0,027 mg/l para el Cinc total y 0,061 y 0,087 mg/l para el Cromo total.

Cabe aclarar que todos los valores obtenidos para los metales pesados cuantificados, están por debajo de los niveles guía establecidos en la *Tabla 3. Niveles guía de la calidad de agua salada superficial para protección de la vida acuática* del Decreto Provincial N° 1540/16 de la Provincia del Chubut. Los niveles guía se detallan en la **Tabla 9**.

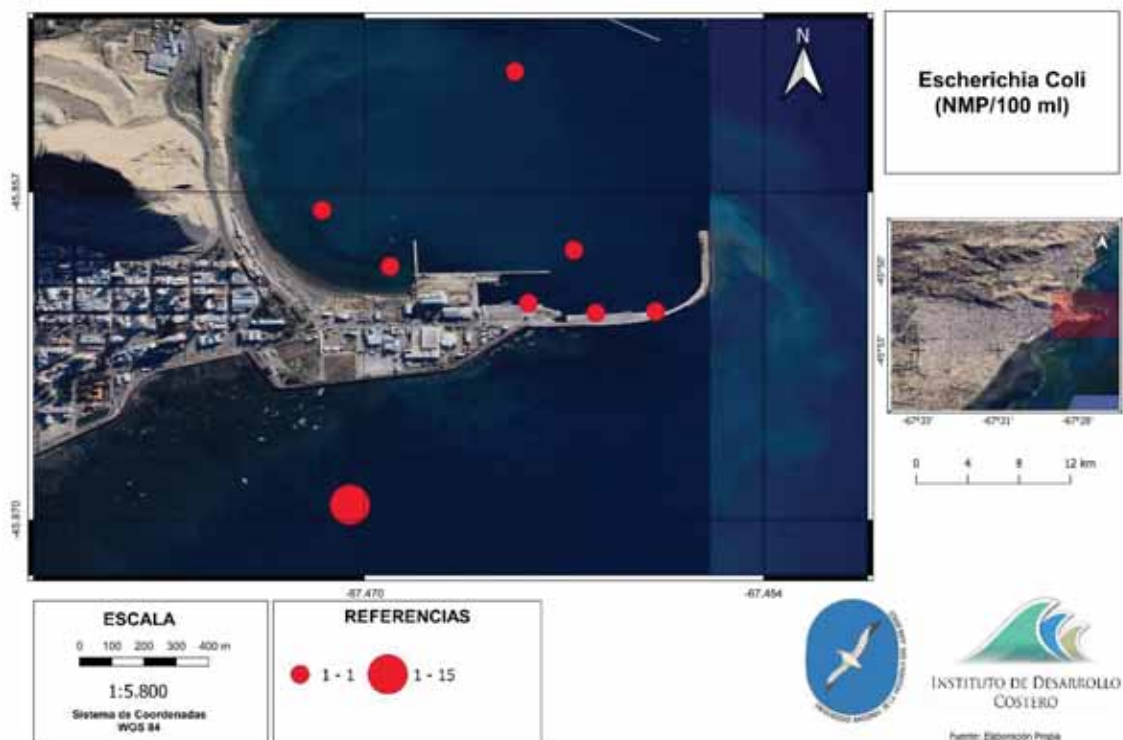


Figura 34. Variación espacial de la cantidad de bacterias *Echerichia coli* en agua de mar.

Tabla 9. Niveles guías para Metales pesados (Decreto 1540/16)

Parámetro	Nivel guía	Parámetro	Nivel guía
Arsénico total	0,5 mg/l	Niquel total	≤ 17,3 mg/l
Cadmio total	≤ 0,12 mg/l	Plomo total	≤ 19,1 mg/l
Mercurio total	0,1 mg/l	Cinc total	≤ 8,6 mg/l
Cobre total	≤ 0,95 mg/l	Cromo total	1,5 mg/l

En las **Figura 35**, **Figura 36**, **Figura 37** y **Figura 38** se observan en mapas las distribuciones espaciales de los valores medidos en cada estación para los metales Cadmio total, Cinc total, Cromo total y Cobre total. En términos generales se puede observar una mayor concentración de estos metales en las zonas operativas del puerto, aunque los valores se encuentran muy por debajo de los niveles guía establecidos por la normativa de referencia.



Figura 35. Variación espacial de la cantidad de Cadmio total en agua de mar.



Figura 36. Variación espacial de la cantidad de Cinc total en agua de mar.



Figura 37. Variación espacial de la cantidad de Cromo total en agua de mar.

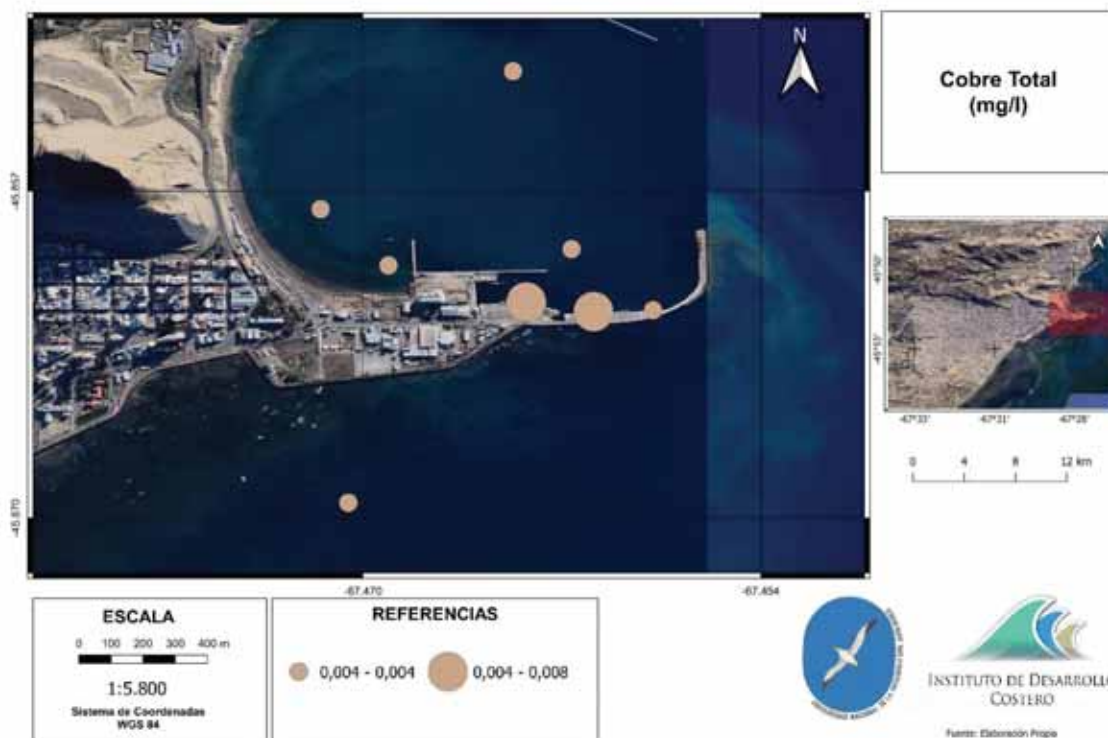


Figura 38. Variación espacial de la cantidad de Cobre total en agua de mar.

5.b. Caracterización de sedimentos marinos

En esta sección se presentan los resultados del programa de muestreo realizado sobre el sedimento de fondo. Los resultados analíticos del sedimento se presentan en los **Anexo IV**. Los protocolos de muestreo y tratamiento de las muestras en laboratorio se han descrito en la metodología en el apartado **4.b. Caracterización de sedimentos marinos**. Asimismo, se definieron en la metodología los criterios de referencia para comparación. Se añaden las cadenas de custodia en el **Anexo VI**.

Niveles guía de calidad de sedimento de fondo

Las Directrices para la Caracterización del Material Dragado y su Reubicación en Aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre, elaborado por la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas (CIEM) de España (2021) y las Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles elaborado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) de España (1994) determinan los criterios para poder caracterizar cada uno de los parámetros de los materiales dragados y las recomendaciones para la gestión adecuada de los mismos. Las normativas mencionadas determinan los criterios para poder caracterizar cada uno de los parámetros, enuncia los niveles guía o límites y establece las categorías que determinan el tipo de material dragado. Los elementos cuyas concentraciones se encuentren por debajo del Nivel 1, pertenecerán a la Categoría I. Aquellos que se encuentren entre los Niveles 1 y 2, conformarán la Categoría II. Los elementos que superen las concentraciones establecidas en el Nivel 2 se encuadran en la Categoría III. Se exponen los estándares para los niveles 1 y 2, según los parámetros considerados (**Tabla 10**).

Tabla 10. Categorías para los tipos de material dragado. Recomendaciones para la Gestión del Material Dragado en los Puertos Españoles (RGMD)

Categoría	Cuando	Descripción
I	< NA I	Pertenecen a esta categoría aquellos materiales dragados de fondos portuarios cuyos efectos químicos o bio-químicos sobre la flora y fauna marina sean nulos o insignificantes. Estos materiales pueden verterse la mar considerando solo los efectos mecánicos
II	entre NA I y NA II	Pertenecen a la Categoría II los materiales dragados con moderadas concentraciones de contaminantes. Se podrán verter en forma controlada
III	> NA II	Pertenecen a la Categoría III los materiales dragados con altas concentraciones de contaminantes. Estos materiales deberán ser aislados de las aguas marinas o ser sometidos a tratamientos especiales
IIIa	según grado de contaminación dentro de esa categoría	Pueden utilizarse técnicas de Gestión de Aislamiento Blando: Confinamiento Subacuático o Vertido en Zonas de Recinto Intermareales (se permite la fuga de lixiviados)
IIIb	según grado de contaminación dentro de esa categoría	Pueden utilizarse técnicas de Gestión de Aislamiento Duro: Vertido en Recintos con paredes impermeables. No se permite la fuga de lixiviados

5.b.1. Granulometría

Se procesaron un total de 17 muestras de sedimento de fondo para la determinación de parámetros de composición de tamaño de grano (granulometría). Quedaron excluidas del análisis las estaciones E16, E21 y E22 dado que las mismas presentaban un sustrato duro (fondo rocoso). Las muestras de las estaciones E8 y E9 no pudieron ser procesadas dado que se produjo la rotura de los envoltorios durante el traslado a laboratorio y como consecuencia se perdió parte del material a procesar.

En laboratorio se determinaron los siguientes parámetros: Carbono orgánico total (COT), Nitrógeno total y Porcentajes de las fracciones de arenas, limos y arcillas representadas en la muestra. También se detalla la composición de la fracción de arena discriminada por tamaño de grano (expresado en porcentaje). La separación de arenas se llevó a cabo mediante el tamizado utilizando una serie de tamices con las siguientes luces de malla 1,4 mm, 1 mm, 0,710 mm, 0,600 mm, 0,500 mm, 0,355 mm, 0,250 mm, 0,180 mm, 0,125 mm, 0,063 y 0,053 mm (**Tabla 11**). El porcentaje de las distintas fracciones de arena se expresan sobre el total de la fracción de arena.

Mediante el uso del programa Gradistat V 9.1, se obtuvieron una serie de parámetros granulométricos que contribuyen a una mejor interpretación y caracterización del sedimento obtenido en cada una de las estaciones analizadas. Las muestras fueron caracterizadas según el tipo de muestra (distribución de grano), grupo textural y tipo de sedimento. El método elegido para el cálculo de los parámetros de tamaños de grano fue el Método de las medidas gráficas Logarítmicas de Folk y Ward (1957). Se describe también para cada muestra el tamaño promedio de grano, la selección del grano, la asimetría y la curtosis de la distribución, el D_{10} , el D_{50} y el D_{90} y el Φ .

De los análisis realizados se desprende que todas las muestras han sido catalogadas en los grupos texturales Fango-arenoso, Arenoso-Fangoso o Fangoso (**Figura 39**), con lo que se concluye que existe un componente significativo de sedimentos de grano fino en todas las muestras (**Tabla 12**). Esto se explica en función de la ubicación del puerto que, al actuar como estructura de protección, permite la decantación de los sedimentos finos en el fondo.

En las **Figuras 40 y Figura 41** se observan las curvas granulométricas graficadas para cada una de las muestras de sedimentos de las estaciones caracterizadas.

Las estaciones cuyos sedimentos se caracterizan por ser los más finos y que presentan los promedios de tamaño de grano menores son las estaciones próximas al frente de ataque (E2, E3, E5, E6) y una en el área de abrigo del puerto (E10). Todas ellas se encuentran categorizadas dentro del grupo textural Fangoso. El sedimento de las estaciones E2, E3, E5 y E10 se clasifica como limo grueso (tamaño promedio limo mediano), pobremente seleccionado. Con respecto a la Estación E6 el sedimento se clasifica como limo fino (tamaño promedio limo fino), y también pobremente seleccionado.

Le siguen en tamaño de grano, los sedimentos de las estaciones E1, E7, E11 y E17, que pertenecen al grupo textural fango-arenoso. Las estaciones E1 y E7 se encuentran próximas, mientras que E11 se encuentra ubicada en la zona externa del abrigo del puerto y la E17 está ubicada muy cerca de la monoboya de descarga de combustibles de YPF. El sedimento de las estaciones E1, E7 y E11 se clasifica como Fango arenoso muy fino (tamaño promedio limo grueso en E1 y limo mediano en E7 y E11) y en el caso de E1 está muy pobremente seleccionado, mientras que en E7 y E11 están pobremente seleccionados. Con respecto a la estación E17, los sedimentos se clasifican como Fango muy grueso-Arenoso muy fino (tamaño promedio limo mediano) y pobremente seleccionado.

Tabla 11. Contenido de Carbono Orgánico Total (C), Nitrógeno total (N) y fracciones granulométricas (mm) en muestras de sedimento del Puerto de Comodoro Rivadavia y sector aledaño.

ID	COT	N	Arena	Limo	Arcilla	Separación de arenas (expresada en % de arena)									
						1,400	1,000	0,710	0,600	0,500	0,355	0,250	0,180	0,125	0,063
E1	0.949	0.110	44.9	32.8	22.3	0.09	0.10	0.10	0.43	0.25	0.18	0.63	2.60	12.39	70.24
E2	1.460	0.183	6.0	66.3	27.7	0.36	0.68	1.20	1.47	1.43	0.80	1.32	2.00	6.15	53.76
E3	1.289	0.167	6.5	65.7	27.8	0.16	0.27	0.46	0.40	0.25	0.84	2.73	7.93	17.62	58.70
E4	0.624	0.058	66.5	17.0	16.5	0.13	0.11	0.18	0.23	0.60	0.52	1.70	4.80	24.54	63.20
E5	1.425	0.190	6.1	67.4	26.5	0.07	0.22	0.34	0.65	1.06	0.68	2.57	1.40	7.36	49.64
E6	1.176	0.146	3.8	67.0	29.2	0.40	0.51	0.28	0.64	0.63	0.54	1.57	5.13	13.32	49.20
E7	0.941	0.115	26.2	46.3	27.5	0.60	1.14	0.76	0.82	2.04	1.67	3.91	8.38	1.21	57.60
E10	0.975	0.110	9.1	64.2	26.7	0.03	1.06	0.09	0.26	1.50	1.02	2.03	0.71	2.45	51.57
E11	0.846	0.104	21.8	47.9	30.3	0.69	1.39	1.47	1.27	2.40	1.46	1.92	4.10	10.36	57.47
E12	0.557	0.077	59.7	19.9	20.5	0.00	0.01	0.06	0.08	0.20	0.11	0.31	1.19	15.35	72.87
E13	0.246	0.036	65.3	17.9	16.8	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.03	0.05	0.21	5.93	85.82
E14	0.124	0.011	84.5	5.4	10.1	0.00	0.00	0.00	0.09	0.01	0.03	0.06	0.38	18.01	77.24
E15	0.137	0.015	71.4	13.7	14.9	0.00	0.00	0.12	0.10	0.01	0.02	0.14	0.99	16.39	76.06
E17	1.140	0.134	25.2	56.4	18.4	0.18	0.04	0.09	0.10	0.35	0.27	0.54	1.27	4.72	57.82
E18	0.226	0.022	72.6	15.4	12.0	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	0.09	0.23	0.91	7.08	82.70
E19	0.233	0.014	69.5	16.9	13.6	0.04	0.04	0.05	0.06	0.09	0.10	0.17	0.33	5.88	85.16
E20	0.210	0.017	86.5	5.4	8.1	0.07	0.03	0.06	0.08	0.09	0.10	0.26	1.26	6.09	85.73

Tabla 12. Caracterización de sedimentos mediante el método de Folk y Ward. Media granulométrica expresada en μm y en ϕ

Estación	Descripción	Media (um)	Selección	Asimetría	D ₁₀ (um):	D ₅₀ (um):	D ₉₀ (um):	Media (ϕ)
E1	Fango-arenoso	19.99	4.54	-0.28	2.89	31.75	118.50	5.65
E2	Fangoso	8.02	2.86	0.48	3.07	6.01	43.39	6.96
E3	Fangoso	8.07	2.97	0.49	3.07	6.03	44.17	6.95
E4	Areno-fangoso	28.44	5.36	-0.65	2.61	79.04	162.80	5.14
E5	Fangoso	8.11	2.88	0.44	3.03	6.26	43.75	6.95
E6	Fangoso	7.58	2.71	0.53	3.11	5.53	39.07	7.04
E7	Fango-arenoso	12.56	4.24	0.36	3.07	9.65	101.53	6.32
E10	Fangoso	8.52	3.03	0.44	3.04	6.48	49.41	6.87
E11	Fango-arenoso	11.36	3.92	0.48	3.14	7.57	97.80	6.46
E12	Areno-fangoso	26.17	4.74	-0.65	2.82	67.27	127.03	5.26
E13	Areno-fangoso	25.18	4.68	-0.75	2.62	71.42	116.33	5.31
E14	Areno-fangoso	84.03	2.28	-0.42	2.03	87.66	143.65	3.57
E15	Areno-fangoso	28.85	4.75	-0.71	2.50	78.32	136.10	5.12
E17	Fango-arenoso	12.04	3.97	0.11	2.72	12.29	85.77	6.38
E18	Areno-fangoso	33.73	3.99	-0.73	2.25	76.30	119.75	4.89
E19	Areno-fangoso	29.51	4.26	-0.75	2.39	74.09	117.59	5.08
E20	Areno-fangoso	82.33	2.18	-0.41	6.20	84.13	121.58	3.60

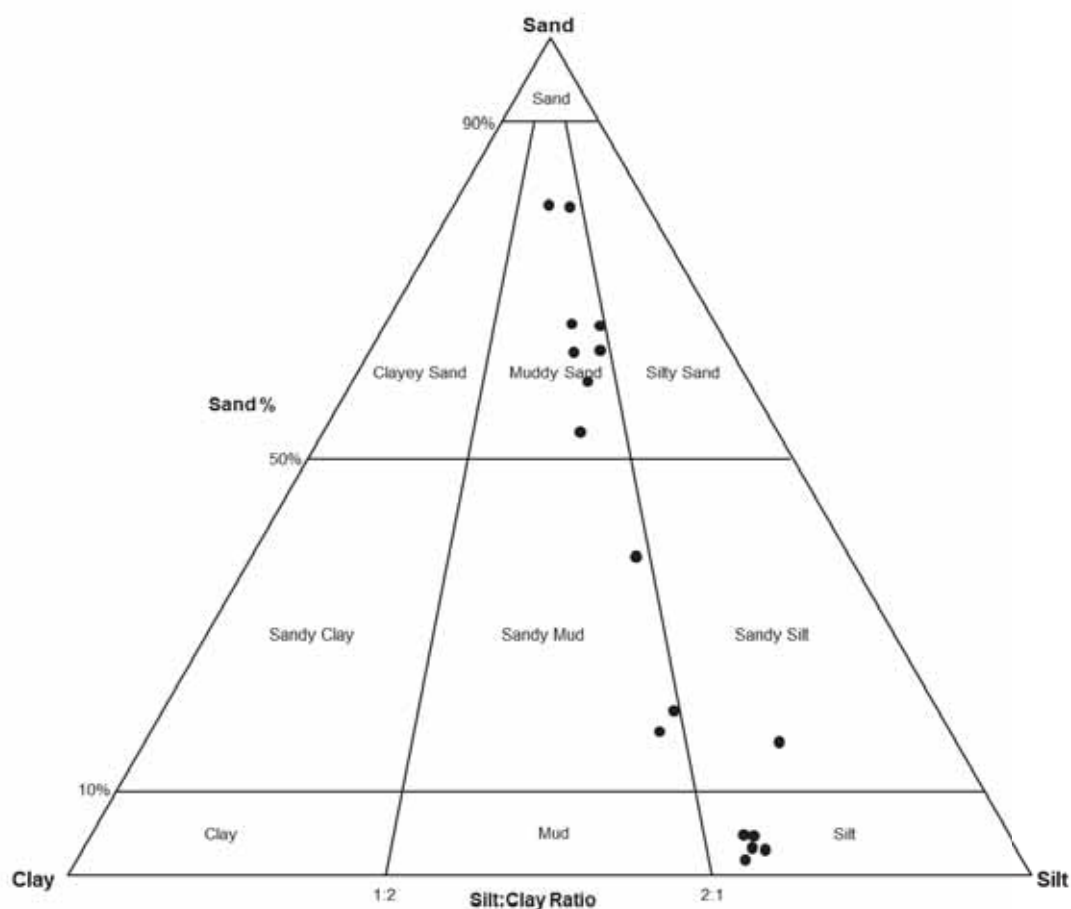


Figura 39. Distribución de la composición granulométrica, según el esquema de clasificación de Shepard.

Las restantes estaciones E4, E12, E13, E14, E15, E18, E19 y E20, se encuentran comprendidas dentro del grupo textural Arenofangoso y con tamaños de grano promedios mayores. Con excepción de la estación E4 que se encuentra en el frente de atraque del puerto el resto de las estaciones se encuentran fuera de la protección del puerto, en sectores ubicados entre el Puerto y el Muelle de YPF o frente a la Playa Costanera. Las estaciones E4, E12, E13, E15, E18 y E19 presentan sedimentos clasificados como Arenas muy finas-fangosas (tamaños promedios de granos limo mediano en E4; limo grueso E12, E13, E15 y E19 y limo muy grueso en E18). Con respecto a la selección los sedimentos de las estaciones E4, E12, E13, E15 y E19 fue muy pobre mientras que en E18 fue pobremente seleccionada.

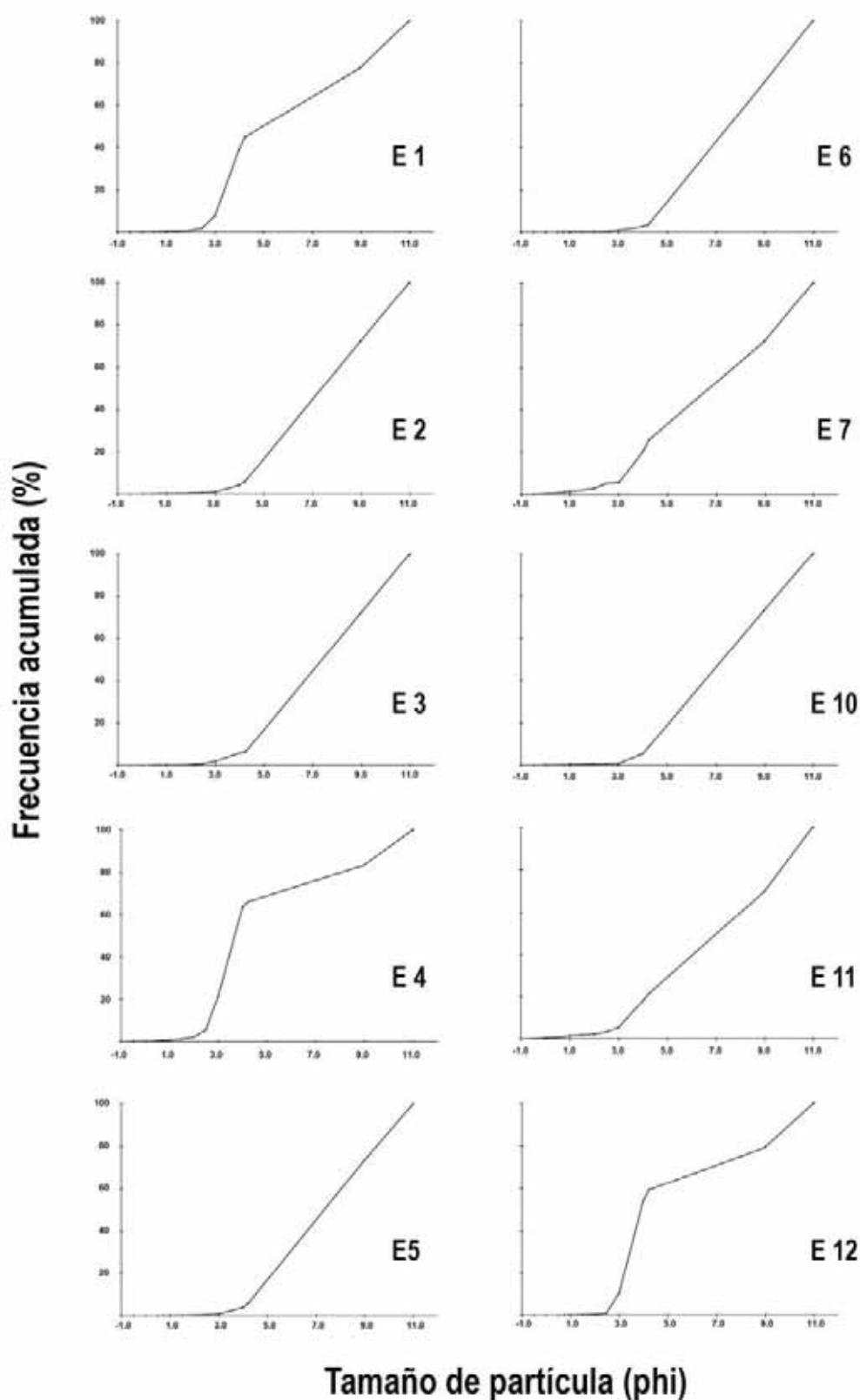


Figura 40. Curvas de distribución granulométrica Estaciones E1 a E12 (ordenadas en orden consecutivo)

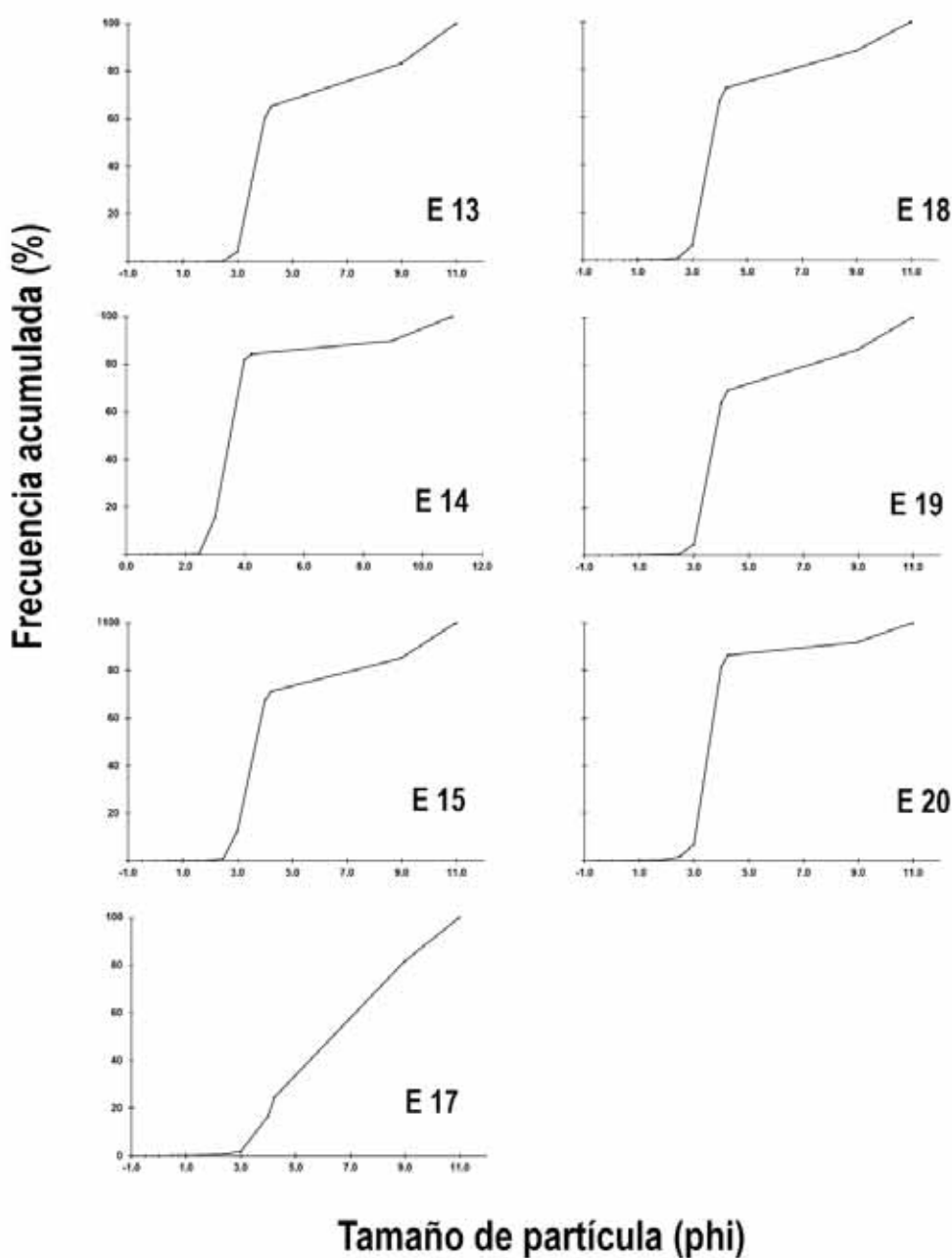


Figura 41. Curvas de distribución granulométrica Estaciones E13 a E20 (ordenadas en orden consecutivo).

Por último, las Estaciones E14 y E20, ubicadas en submareal somero de la playa costanera exhiben los mayores tamaños promedio de granos. El sedimento en estas dos últimas estaciones se clasifica como Arena muy fina-fangosa (tamaños promedio de grano arena muy fina) y sedimentos pobremente seleccionados.

5.b.2. Concentración de sólidos

La concentración de sólidos, es decir, la masa de sólidos por unidad de volumen de sedimento "in situ", se calculó mediante la expresión

$$C_S = \frac{1,5 P_F + 1,7 P_A + 1,8 P_G}{100}$$

donde:

PG = Porcentaje de gruesos.

PA = Porcentaje de arenas.

PF = Porcentaje de finos.

Y debiendo cumplirse la relación: PG + PA + PF = 100.

En la **Tabla 13** se describe la concentración de sólidos calculada para cada una de las muestras de sedimentos recolectadas en las estaciones muestreadas.

Tabla 13. Concentración de sólidos por estación de muestreo.

Estación	Concentración de sólidos
E1	1,5898
E2	1,512
E3	1,513
E4	1,633
E5	1,5122
E6	1,5076
E7	1,5524
E10	1,5182
E11	1,5436
E12	1,6192
E13	1,6306
E14	1,669
E15	1,6428
E17	1,5504
E18	1,6452
E19	1,639
E20	1,673

5.b.3. Caracterización físico-química y bacteriológica de sedimentos marinos

Parámetros analíticos para la caracterización del sedimento en el área de estudio

Las 22 estaciones de muestreo establecidas en el diseño de muestreo de sedimentos de fondo, se encuentran distribuidas en toda el área de estudio siguiendo un diseño de muestreo estratificado (CIEM, 2021). De las estaciones seleccionadas, cuatro se ubicaron en el frente de atraque del Puerto E1, E2, E3 y E4; tres estaciones se situaron dentro del abrigo del Puerto E5, E6 y E10; 3 se ubicaron en la boca de acceso del Puerto E7, E8 y E9; una en la zona externa pero contigua al puerto E11; tres en el frente submareal somero de la Playa costanera E12, E14 y E20; tres estaciones próximas a la restinga del muelle de YPF E15, E16 y E17; tres estaciones ubicadas en el área marina central entre el Muelle de YPF y el Puerto E13, E18 y E19 y por último dos estaciones ubicadas al sur del Puerto, en el submareal somero contiguo a la restinga ubicada frente a la Av. Hipólito Yrigoyen. Esta distribución de muestras asegura la cobertura de todos los sectores y usos del área de estudio y la caracterización de los sedimentos de fondo en función de la variedad de potenciales fuentes de contaminación presentes (Descarga de hidrocarburos livianos en el Muelle de YPF, aportes de efluentes o residuos en zona costera, contaminación originada por vuelcos desde las embarcaciones, procesos de eutrofización costeras, etc.).

En la **Tabla 14** se exponen los resultados analíticos de parámetros físico-químicos y bacteriológicos en las muestras de sedimentos de fondo. Se analizan separadamente por tipo de parámetro agrupándolos en Parámetros Físico-químicos básicos, PCB e Hidrocarburos, Bacteriología y Metales pesados.

- a) *Físico-químicos*: Incluyó el análisis de parámetros tales como Fosfatos, Nitratos, Sulfuros, Nitrógeno y Carbono orgánico total (COT) Sulfatos y Carbono orgánico total. Los resultados analíticos de los parámetros cuantificados se comparan entre estaciones. No es posible contrastarlos con valores de referencia, por ausencia de normativa específica que establezca valores máximos permitidos o niveles guías para sedimentos.

Los valores de fosfato (PO_3^-) registrados fueron variables en las distintas estaciones, tomando valores que variaron entre 132 y 573 $\mu\text{g/g}$. Se observó un patrón general que indica que las muestras obtenidas en las estaciones de muestreo próximas a la zona de atraque y el abrigo del puerto presentan los

valores más bajos de fosfatos (no superan los 300 $\mu\text{g/g}$). En contraste, los valores analíticos más altos se manifestaron en las estaciones de más alejadas del puerto (valores que rondan entre los 300 y 600 $\mu\text{g/g}$).

En cuanto a los valores medidos en laboratorio de Nitratos (NO_3^-), que podrían indicar enriquecimiento de nutrientes, los valores obtenidos se encuentran en un rango entre 8 y 56 $\mu\text{g/g}$. No fue posible establecer un patrón espacial claro respecto de este analito, y asociar mayores concentraciones o menores concentraciones a determinados sectores del área de estudio analizada.

La formación de sulfuros (S^-) en el sedimento marino, es el resultado de la reducción del sulfato durante la oxidación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno por medio de bacterias sulfato reductoras (Solís Acosta et al., 2012). El sulfuro varió en las distintas estaciones de muestreo entre los 28 y 93 $\mu\text{g/g}$, es decir valores altos que indican una intensa actividad de descomposición de materia orgánica por bacterias sulforeductoras en condiciones anaeróbicas. No se observó un patrón de distribución espacial claro, aunque si se observó que los valores altos son consistentes con el tipo de sedimentos y la metodología utilizada para el muestreo. Las muestras de sedimentos estaban compuestas por sedimentos con componentes importantes de sedimentos finos en los que es común el desarrollo de condiciones anóxicas. Por otro lado, el muestreo recolectó sedimentos de una columna de sedimentos de hasta 40 cm de profundidad, que luego fue homogeneizada, por lo tanto, en la muestra están representadas profundidades de pocos centímetros hasta profundidades que alcanzaron esos 40 cm. Las condiciones anóxicas del sedimento eran notorias por sus características organolépticas observadas (olor a huevo podrido y coloraciones negruzcas).

El carbono orgánico total alcanza valores expresados en porcentaje de entre 0,975 % y 1,140 % y tampoco se observa un patrón de distribución espacial que permita analizar relaciones entre los mayores valores y aportes de carbono externos. Cabe aclarar que existen diferentes fuentes de incorporación de materia orgánica en el área de estudio, desde efluentes cloacales, heces de aves que nidifican en el puerto, y descargas de efluentes pesqueros entre otros.

Por último, las mediciones de Nitrógeno total indican que en los sectores protegidos del interior del puerto (abrigo y boca de acceso del puerto y zona de atraque), presentan los menores valores de Nitrógeno total. Los mayores valores están asociados a las aguas someras de la costanera local y zonas próximas a las restingas de Km 3.

b) *PCB, Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), Hidrocarburos aromáticos polinucleares (PHA), Hidrocarburos (C₁₀-C₄₀)*: Esta categoría agrupa parámetros para la caracterización química de sedimentos de fondo, que son imprescindibles de caracterizar, para evaluar la peligrosidad del material de dragado y la línea de acción a seguir para el tratamiento y disposición final del material extraído.

Las determinaciones de bifenilos policlorados (PCBs) han resultado como No detectado (ND) en todas las muestras analizadas.

Entre los Hidrocarburos, los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) alcanzaron valores <0,1 µg/g en las estaciones E2, E3, E4, E12, E14, E15 y E16, mientras que en el resto de las estaciones no fue detectado (ND).

Algo semejante ocurrió con los Hidrocarburos (C₁₀-C₄₀), para el que se repitieron los resultados obtenidos para hidrocarburos totales de petróleo (TPH).

Por último, los Hidrocarburos aromáticos polinucleares (PHA) han resultado no detectables (ND) en todas las muestras de agua.

c) *Bacteriología*: Si bien no es un parámetro que defina la peligrosidad del material pasible de dragado (CIEM, 2021), la normativa recomienda su cuantificación para la caracterización cuando el área a dragar se encuentre próximo a un área de uso recreativo y utilizado para baño y deportes náuticos, como es la playa costanera.

Se realizaron determinaciones de Bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales y *Echerichia coli*.

Con respecto a las bacterias coliformes totales, se obtuvieron valores menores de 100 NMP/gr de material seco en todas las estaciones, con excepción de la estación E21, que alcanzó un valor alto de 1100 NMP/gr de MS. La estación E21 se encuentra ubicada al Sur del puerto y frente a un importante emisario de descargas cloacales, lo que explicaría el valor obtenido para coliformes totales.

Las bacterias coliformes totales mostraron un comportamiento similar en las distintas estaciones muestreadas. Solamente en la Estación E21 los valores fueron mayores de 100 NMP/gr de MS y alcanzó un valor de 460 NMP/gr de MS. Por último, las determinaciones de presencia de *Echerichia coli*, dieron negativas para todas las muestras analizadas.

d) *Metales pesados*: Los metales examinados fueron Arsénico total, Cadmio total, Cinc total, Cromo total, Cobre total, Mercurio total, Niquel total y Plomo total.

El Arsénico total registró valores similares en todas las muestras. En todas las muestras el resultado fue <0,3 µg/g.

Los valores de cadmio también son muy bajos y en todas las muestras fueron $<0,6 \mu\text{g/g}$.

Los valores que registró el Cinc total fueron más variables en las muestras estudiadas y variaron entre $8,2 \mu\text{g/g}$ y $159 \mu\text{g/g}$. Se observó una asociación entre los valores más altos del parámetro medido y los sectores próximos al área operativa del puerto, mientras que los valores más bajos están asociadas a las estaciones más alejadas.

Los valores que se obtuvieron en la medición del Cromo también fueron variables entre las diferentes muestras y variaron en un rango de entre $1,8 \mu\text{g/g}$ y $93,9 \mu\text{g/g}$. Éste parámetro exhibió una distribución espacial semejante al Cinc total donde los valores más elevados se hallaron en las estaciones ubicadas en zonas operativas del puerto.

Otro parámetro que manifestó una variación significativa entre muestras y cuya distribución espacial fue semejante al Cinc total y el Cromo total, fue el Cobre total, cuyos valores oscilaron entre $<0,5 \mu\text{g/g}$ y $74,5 \mu\text{g/g}$.

El mercurio total no alcanzó valores significativos y en todas las muestras se detectaron valores $<0,5 \mu\text{g/g}$. Algo similar ocurrió con el plomo total, cuya cuantificación resultó con valores $<0,2 \mu\text{g/g}$ en todas las estaciones estudiadas.

Tabla 14. Resultados analíticos de parámetros físico-químicos y bacteriológicos en muestras de agua de sedimento de fondo

INSTITUTO DE DESARROLLO COSTERO (U.N.P.S.J.B)		Fecha	9/1/2022	9/1/2022	9/1/2022	9/1/2022	9/1/2022	9/1/2022	9/1/2022
Ruta N° s/n Km 4.		Estación	E1	E2	E3	E4	E5	E6	
Comodoro Rivadavia (9000)- Chubut		Método	91768	91769	91770	91778	91771	91772	
Fosfato	SM 4500 P C		451	140	132	186	151	203	
Nitrato, como NO3 ⁻	SM 4500 NO3 ⁻ B		22	25	16	9	11	15	
Sulfuros	USEPA SW846 N° 9030		71	91	35	76	68	42	
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	TNRCC 1005 CG-FID		ND	<0.1	<0.1	<0.1	ND	ND	
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (A)	USEPA 3550C/8270D GC-MS		ND	ND	ND	ND	ND	ND	
PCBs	USEPA 3540/8270C GC-MS		ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Hidrocarburos (C10-C40)	TNRCC 1005 CG-FID		ND	<0.1	<0.1	<0.1	ND	ND	
Bacterias Coliformes Totales	SM 9221 B		90	90	43	23	23	23	
Bacterias Coliformes Fecales	SM 9221 C		0	0	0	0	0	0	
Escherichia Coli	SM 9221 F		0	0	0	0	0	0	
Arsénico Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES		<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	
Cadmio Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES		<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	
Cinc Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES		101,3	75,0	138,8	159,0	131,1	87,9	
Cromo Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES		17,1	11,3	21,4	9,3	18,9	9,1	
Cobre Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES		26,0	17,0	30,4	7,4	25,2	12,9	
Mercurio Total	USEPA 3051A//USEPA 7471 B		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Níquel Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES		11,1	7,4	14,8	5,6	12,4	5,2	
Plomo Total	USEPA 3051A/6010D AVICP-OES		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	

9/1/2022	9/6/2022	9/1/2022	9/6/2022	9/9/2022	9/9/2022	9/9/2022	9/9/2022	9/1/2022	9/9/2022	9/1/2022
E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	
91773	91779	91776	91780	91781	91782	91783	91774	91784	91775	
365	266	321	190	204	573	439	426	426	415	
23	10	21	8	10	11	12	9	12	13	
70	47	49	92	75	28	88	81	65	93	
ND	ND	ND	ND	ND	<0,1	ND	<0,1	<0,1	<0,1	
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
ND	ND	ND	ND	ND	<0,1	ND	<0,1	<0,1	<0,1	
43	43	90	0	3	3	23	0	75	43	
0	23	0	0	0	0	0	0	43	23	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	
<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	
86,0	50,0	48,6	60,0	41,4	32,1	32,1	134,6	31,7	31,3	
93,9	9,0	5,8	8,9	7,5	6,3	6,7	26,9	6,6	4,4	
74,5	7,6	8,6	9,4	3,9	5,1	3,3	31,2	4,9	3,9	
<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
10,2	5,9	5,1	5,4	4,7	3,8	4,0	15,0	3,7	3,5	
<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	

Lic. Natalia Suárez del Solar
Responsable Técnico
SERMAN & ASOCIADOS S.A.

Por último, el Niquel total mostró una variabilidad en los resultados obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo. Los valores variaron entre 1 µg/g y 15 µg/g y su distribución espacial es muy semejante a las obtenidas para los parámetros Cinc total, Cromo total y Cobre total.

De todos los parámetros medidos en sedimento, los valores de PCBs, Hidrocarburos y metales pesados se contrastaron con los tabulados en la Tabla 2. UMBRALES PARA LA CONSIDERACIÓN DE SEDIMENTO NO PELIGROSO de las Directrices para la Caracterización del Material Dragado y su Reubicación en Aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre (CIEM, 2021) (**Tabla 15**).

Tabla 15. Umbrales para la consideración de sedimento no peligroso (CIEM, 2021)

Tabla 2. UMBRALES PARA LA CONSIDERACIÓN DE SEDIMENTO NO PELIGROSO	
PARÁMETRO	Concentración
Hg (mg/kg)	17
Cd (mg/kg)	72
Pb (mg/kg)	1000
Cu (mg/kg)	2500
Zn (mg/kg)	2500
Cr (VI) (mg/kg)	1000
Ni (mg/kg)	1000
As (mg/kg)	1000
Σ 7 PCBs (mg/kg) ⁽¹⁾	4,0
Σ 9 HAPs (mg/kg) ⁽²⁾	110
TBT (mg Sn/kg) ⁽³⁾	3,0
Hidrocarburos C10-C40 (mg/kg)	2500 ⁽⁵⁾
(1) Suma de los congéneres IUPAC números 28, 52, 101, 118, 138, 153 y 180	
(2) Suma de los nueve recomendados por OSPAR (Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(ghi)perileno, Benzo(a)pireno, Criseno, Fluoranteno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Pireno, y Fenantreno)	
(3) TBT y sus productos de degradación (DBT y MBT)	

5.c. Caracterización de la diversidad marina bentónica intermareal y submareal (Epifauna e infauna)

5.c.1. Bentos intermareal

1- Caracterización general de los sitios

La restinga del Puerto Sur (PT) se encuentra afectada por la descarga de aguas residuales principalmente hacia los niveles medios y altos de la restinga (**Figura 42**). La misma presenta orientación Este y es, en líneas generales, semiexpuesta al oleaje en parte de su extensión dada la protección que brinda el puerto. El intermareal está compuesto por una extensa plataforma de abrasión (~ 600 m) con pendiente suave y el sustrato se compone de sedimentitas marinas de la Formación Patagonia, constituidas por areniscas compactas con bancos de ostras fósiles (Kokot, 2015).

La restinga del Muelle de YPF presenta orientación Este y es, en líneas generales, semiexpuesta al oleaje en su orientación sur. Su intermareal presenta una extensión de 450-500 m y está compuesto por mismos sustratos que PT aunque su plataforma de abrasión presenta mayor complejidad estructural y topografía más heterogénea, con mayor número de canales. En ella se emplaza el muelle de General Mosconi de YPF en donde atracan los buques que abastecen de combustibles a la región (**Figura 42**).

2- Cobertura de especies bentónicas de importancia ecológica

El análisis de cobertura del sustrato indicó la presencia de al menos 10 categorías de especies/ensambles de importancia ecológica que cubren las restingas estudiadas. Las mismas fueron las siguientes: 1) sustrato desnudo y/o con sedimento desprovisto de macrofauna evidente, 2) matrices del mejillín del sur *Perumytilus purpuratus* (ingeniero ecosistémico), 3) bancos de mejillón *Mytilus platensis* (ingeniero ecosistémico), (4) bancos de cholgas *Aulacomya atra atra* (ingeniero ecosistémico), 5) cobertura del cirripedio exótico *Balanus glandula*, 6) asociación epilbionte *Balanus/Perumytilus*, 7) sedimentos con evidencia de poliquetos de la familia Spionidae (indicadores de contaminación orgánica), 8) biodermas, películas formada por filamentos algales microscópico y/o diatomeas bentónicas o cianofíceas, 9) macroalgas verdes Chlorophyta, 10) matas del alga corallínea *Corallina officinalis* (ingeniero ecosistémico), 11) Otras (incluyen algas Rhodophytas, Phaeophyceae y otros invertebrados menores) (**Figura 43**).



Figura 42. Restingas de sustrato rocoso examinadas: Muelle YPF (a-c) y Puerto Sur (d-f), Comodoro Rivadavia.

El patrón de zonificación vertical en la cobertura de principales especies se indica en la **Figura 44**. En la restinga del muelle de YPF la zona más alta del intermareal (HMS) exhibe dominancia de sustrato desnudo y biodermas con escaso desarrollo del mejillinar conformado por la especie *Perumytilus purpuratus* que comienza a disponerse en parches pequeños, predominando individuos de tallas pequeñas intercalados con parches del cirrípedio *Balanus glandula*. En su zona media (HMM) el mejillinar y la interacción con el cirrípedio *Balanus glandula* cubre gran parte del sustrato, mientras que hacia el mesolitoral inferior (HMI), la matriz de *P. purpuratus* se vuelve menos densa y pueden identificarse bancos mixtos con algunos parches del mejillón *Mytilus edulis platensis*. En el horizonte infralitoral superior (HIS) domina el alga coralínea *Corallina officinalis* formando densas matas que sirven como sustrato para una gran diversidad invertebrados, también se encuentran en este nivel bancos de la cholga *Aulacomya atra* como la especie más conspicua de invertebrados.

Por su parte el patrón observado en la restinga del Puerto Sur (**Figura 44**), indica mayores alteraciones en sus niveles superiores con sustrato desnudo dominante y coberturas significativas de biodermas y del cirrípedio exótico *Balanus glandula*. Además, se destaca la asociación conformada por agrupamientos de poliquetos espionidos (e.j. *Boccardia* spp.) característicos de ambientes con enriquecimiento

orgánico hacia niveles del HMM coincidentes con la principal zona de descarga de efluentes en la restinga. El mejillinar (*P. purpuratus*) se visualiza fragmentado y con mayor desarrollo hacia niveles inferiores del HMI.



Figura 43. Principales categorías de especies/ensambles utilizados en el análisis de grado de cobertura en restingas aledañas al Puerto de Comodoro Rivadavia.

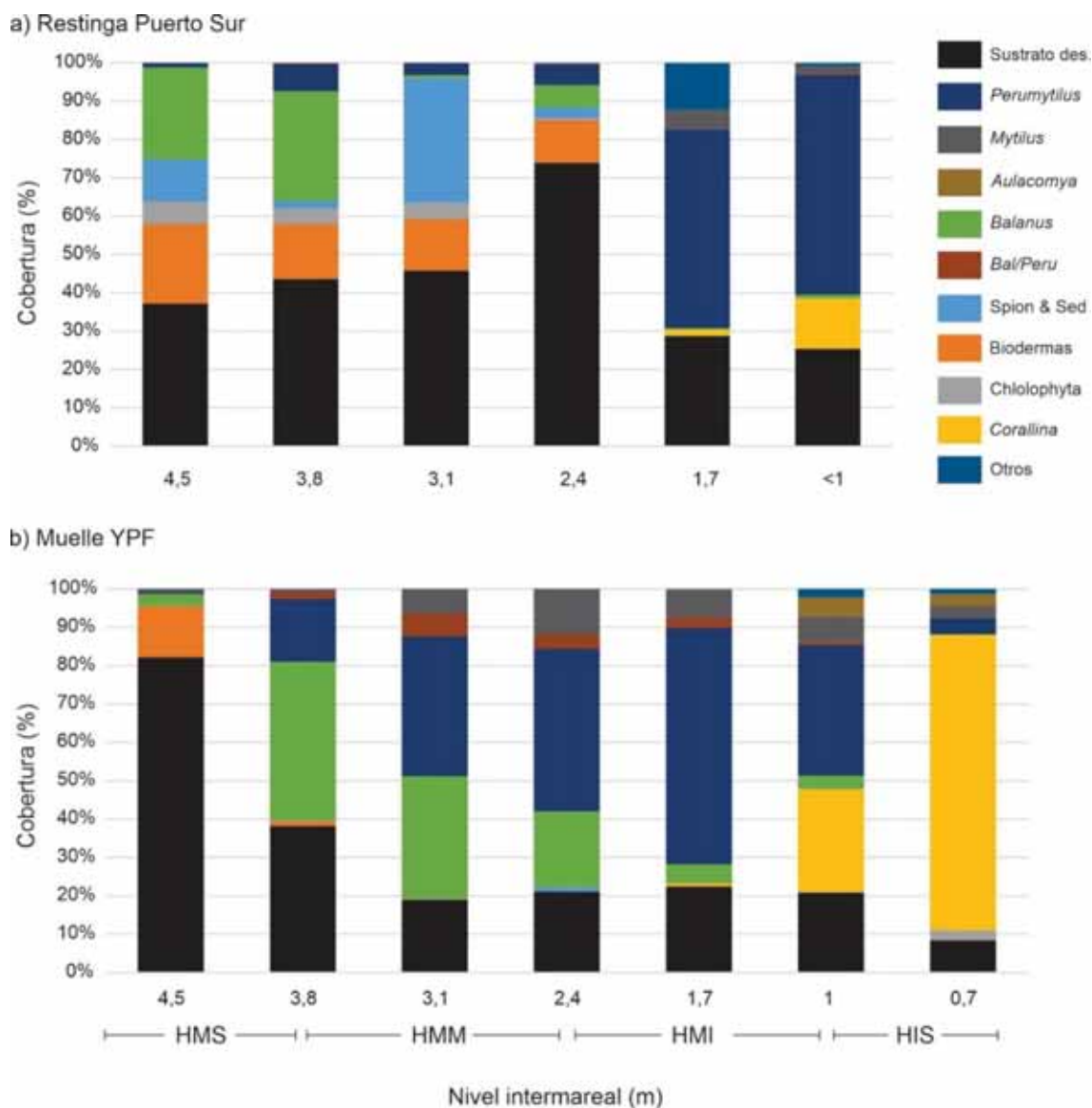


Figura 44. Cobertura acumulada de principales especies intermareales y su relación con el nivel intermareal en restinga a) Puerto Sur y b) Muelle YFF (Comodoro Rivadavia).

3 - Diversidad bentónica

Se identificaron un total de 67 taxones de macroinvertebrados con mayor riqueza taxonómica en grupos de moluscos, crustáceos y anélidos. No obstante, dada la dificultad en la determinación de especies de taxones poco estudiados (ej. poríferos, anélidos), el listado no es exhaustivo (**Tabla 16**). Las especies de macroalgas más relevantes (no cuantificadas en el informe) se detallan en la **Tabla 17**.

Tabla 16. Taxones de macrozoobentos identificados en el bentos de las restingas del Puerto Sur y Muelle YPF (n=24 muestras; Septiembre 2022).

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxones
Annelida	Polychaeta	Eunicida	Eunicidae	Eunicidae
			Lumbrineridae	Lumbrineridae
			Eunicidae	<i>Marphysa sp.</i>
		Phyllodocida	Polynoidae	<i>Halosydna patagonica</i>
			Nereididae	<i>Platynereis australis</i>
			Sigalionidae	Sigalionidae
			Syllidae	Syllidae
		Sabellida	Sabellidae	Sabellidae
			Serpulidae	Serpulidae
		Sedentaria (Subclase)	Capitellidae	<i>Capitella sp.</i>
			Orbiniidae	<i>Leodamas tribulosus</i>
			Orbiniidae	Orbiniidae indet
			Sabellariidae	Sabellariidae
		Spionida	Spionidae	<i>Boccardia polybranchia</i>
				<i>Boccardia proboscidea</i>
				<i>Rhynchospio glutaea</i>
				Spionidae
		Terebellida	Cirratulidae	Cirratulidae
			Terebellidae	Terebellidae
Arthropoda	Arachnida	Acari (Subclase)	Acari (Subclase)	Acari indet
	Hexapoda	Diptera	Chironomidae	<i>Clunio brasiliensis</i>
		Insecta (Subclase)	Insecta	Insecta indet (pupa)
	Malacostraca	Amphipoda	Amphipoda	Amphipoda indet
			Corophiidae	<i>Monocorophium insidiosum</i>
		Decapoda	Hymenosomatidae	<i>Halicarcinus planatus</i>
		Isopoda	Idoteidae	<i>Edotia tuberculata</i>
			Sphaeromatidae	<i>Exosphaeroma spp.</i>
			Joeropsididae	<i>Joeropsis dubia</i>
			Sphaeromatidae	<i>Pseudosphaeroma sp.</i>
				<i>Sphaeromatidae</i>
		Tanaidacea	Tanaididae	<i>Tanais dulongii</i>
	Pycnogonida	Pantopoda	Pantopoda	Pantopoda indet
	Thecostraca	Balanomorpha	Balanidae	<i>Balanus glandula</i>
				<i>Balanus laevis</i>
Bryozoa				Bryozoa indet 1

				Bryozoa indet 2
				Bryozoa indet 3
Chordata	Ascidiacea			Ascidiacea indet
				Ascidiacea indet
Cnidaria	Anthozoa	Actiniaria	Actiniaria	Actiniaria indet 1
				Actiniaria indet 2
Echinodermata	Asteroidea	Forcipulatida	Asteriidae	<i>Anasterias minuta</i>
	Ophiuroidea	Ophiuroidea	Ophiuroidea	Ophiuroidea indet
Mollusca	Bivalvia	Galeommatida	Lasaeidae	<i>Lasaea miliaris</i>
		Mytilida	Mytilidae	<i>Aulacomya atra</i>
				<i>Mytilus platensis</i>
				<i>Perumytilus purpuratus</i>
		Venerida	Veneridae	<i>Ameghinomya antiqua</i>
			Neoleptonidae	<i>Neoleptonidae</i>
	Gastropoda	Caenogastropoda	Newtoniellidae	<i>Eumetula</i>
		Lepetellida	Fissurellidae	<i>Fissurella radiosa</i>
		Littorinimorpha	Calyptraeidae	<i>Crepidatella</i>
			Eatoniellidae	<i>Eatoniella</i>
		Neogastropoda	Cominellidae	<i>Pareuthria fuscata</i>
			Muricidae	<i>Trophon geversianus</i>
		Patellogastropoda (Subclase)	Nacellidae	<i>Nacella magellanica</i>
		Pylopulmonata (Superorden)	Pyramidellidae	<i>Eulimella smithii</i>
		Siphonariida	Siphonariidae	<i>Siphonaria lessoni</i>
		Trochida	Tegulidae	<i>Tegula patagonica</i>
			Pyramidellidae	<i>Odostomia sp1</i>
	Polyplacophora	Chitonida	Mopaliidae	<i>Plaxiphora aurata</i>
	Polyplacophora	Chitonida	Chitonidae	<i>Tonica argyrosticta</i>
Nematoda	Nematoda	Nematoda	Nematoda	Nematoda
Nemertea	Nemertea	Nemertea	Nemertea	Nemertea indet
Nemertea ?	Nemertea ?	Nemertea ?	Nemertea ?	Nemertea indet 2
Porifera	Porifera	Porifera	Porifera	Porifera indet

Tabla 17. Especies de macroalgas más comunes identificadas en el análisis de muestras cuantitativas en intermareales del Puerto Sur y Muelle YPF (n=24 muestras; Septiembre 2022).

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxones
Chlorophyta	Ulvophyceae	Bryopsidales	Bryopsidaceae	<i>Bryopsis australis</i>
		Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Chaetomorpha linum</i>
				<i>Cladophora</i> sp.
		Ulvales	Kornmanniaceae	<i>Blidingia</i> sp.
			Ulvaceae	<i>Ulva</i> sp.
Ochrophyta	Phaeophyceae	Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Dictyota dichotoma</i>
		Ectocarpales	Scytosiphonaceae	<i>Scytosiphon</i> sp.
		Laminariales	Alariaceae	<i>Undaria pinnatidida</i>
Rhodophyta	Bangiophyceae	Bangiales	Bangiaceae	<i>Pyropia columbina</i>
	Florideophyceae	Ceramiales	Ceramaceae	<i>Ceramium diaphanum</i>
			Dasyaceae	<i>Heterosiphonia</i> sp.
			Rhodomelaceae	<i>Polysiphonia</i> sp.
			Corallinaceae	<i>Corallina officinalis</i>

Las curvas de rarefacción para ambos sitios, tanto en función del número de réplicas (**Figura 45.a.**) como del número de individuos (**Figura 45.b.**) indica que, a pesar de no haber alcanzado la asíntota, el esfuerzo de muestreo fue suficiente para caracterizar la diversidad de las áreas estudiadas, aunque el inventario de especies no es completo.

El análisis de las curvas de rarefacción y los estimadores de riqueza específica no paramétricos (**Tabla 18**), indican mayor riqueza específica acumulada en la restinga del Muelle YPF (media: 71,3) respecto a la restinga del Puerto Sur (media: 42,4). La proporción de taxones registrados (obs.) en cada sitio respecto a la estimación media por métodos no paramétricos fue levemente menor al 90% (**Tabla 18**) lo que sugiere una leve subestimación de la diversidad observada. Se recomienda que futuros estudios incorporen un mayor número de muestras.

Los estimadores de diversidad (diversidad, equitatividad, dominancia) para cada sitio se expresan en la **Tabla 18**.

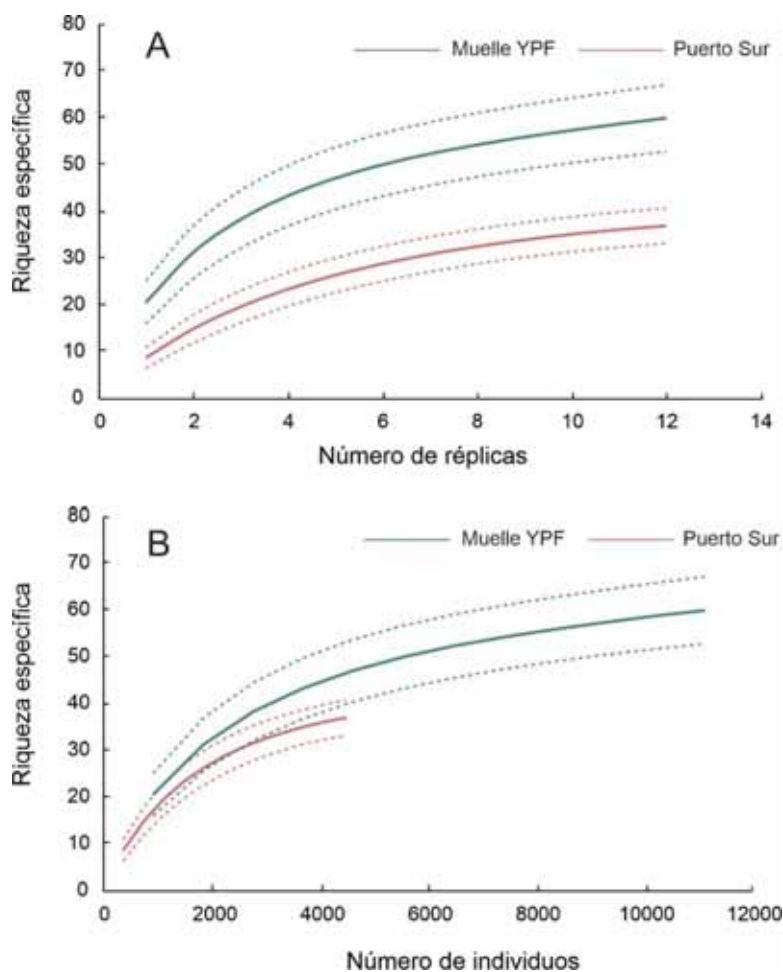


Figura 45. Curvas de rarefacción ($\pm$ IC 95%) para los sitios (restingas) evaluadas. A). en función del número de muestras y B) en función del número de individuos.

Tabla 18. Resumen de estimadores de riqueza observada, estimada (no paramétricos) e índices de diversidad. J' (Pielou), H' (Shannon), $1-\lambda'$ (Simpson).

Sitios	S (obs)	Estimadores no paramétricos					Estimadores de diversidad			
		ACE	ICE	Chao 1	Media	%	N	J'	$H' (\log e)$	$1-\lambda'$
Puerto Sur	37	43,49	43,32	40,44	42,42	87,23	4486	0,59	2,15	0,80
YPF Muelle	60	68,96	70,68	73,75	71,13	84,35	11143	0,63	2,59	0,89

La estimación de índices de diversidad a lo largo de un gradiente de nivel (zonificación) se indica en la **Figura 46** y **Figura 47**. Los patrones en las curvas de k-dominancia, tanto para la comparación entre sitio (**Figura 46.a.**), como para el análisis dentro de cada sitio entre horizontes estudiados (**Figura 46.c.**) indica mayor diversidad en la restinga del

muelle YPF y patrones verticales similares en cada sitio, siendo los horizontes inferiores (HMI y HIS) los que presentan mayor diversidad respecto a niveles medios o superiores. Las tendencias en valores medios en los índices de diversidad, equitatividad y dominancia indica fuerte variaciones entre las restingas estudiadas en todas las variables de diversidad y mayor afectación en los niveles del HMS y HMM de la restinga ubicada en el Puerto Sur tanto en valores de riqueza y diversidad como de equitatividad (Fig. 10x).

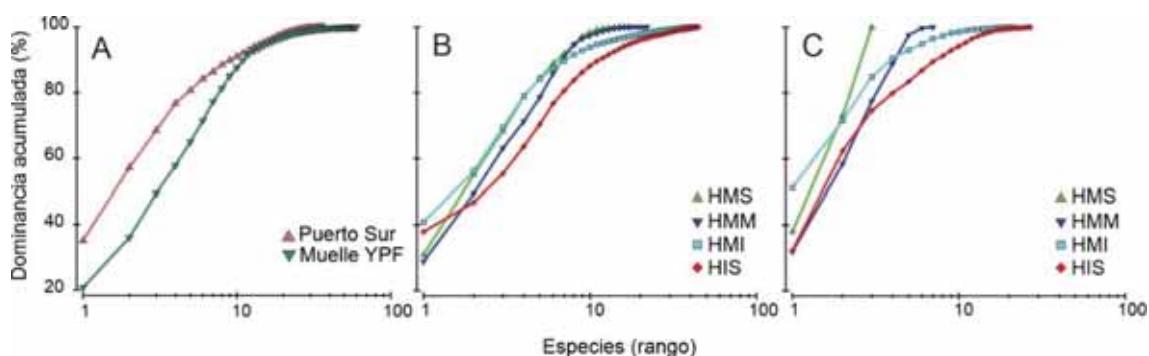


Figura 46. Curvas acumuladas de k-dominancia. A: sitios, B: horizontes intermareales para restinga Muelle YPF, C: horizontes intermareales para restinga Puerto Sur.

4- Composición de especies y estructura

Las **Figura 48** y **Figura 49** ilustran la composición porcentual de los principales taxa agrupadas por categorías taxonómicas superiores y por especie para ambas restingas. Se observa un dominio en taxa de moluscos bivalvos (filtradores) y poliquetos en ambas restingas, pero con mayor heterogeneidad en su composición en el intermareal del muelle de YPF. Los taxa referidos a Malacostraca, donde están incluidos especies de isópodos (especies carroñeras o detritívoras), presentan mayor abundancia relativa en la restinga del puerto Sur, en particular hacia niveles inferiores (HMI e HMI). Además, la presencia de sustratos desnudos con alta sedimentación y aportes de agua dulce proveniente de los efluentes en la zona del Puerto podría explicar la disminución en la abundancia relativa de *Balanus glandula* en el Puerto Sur.

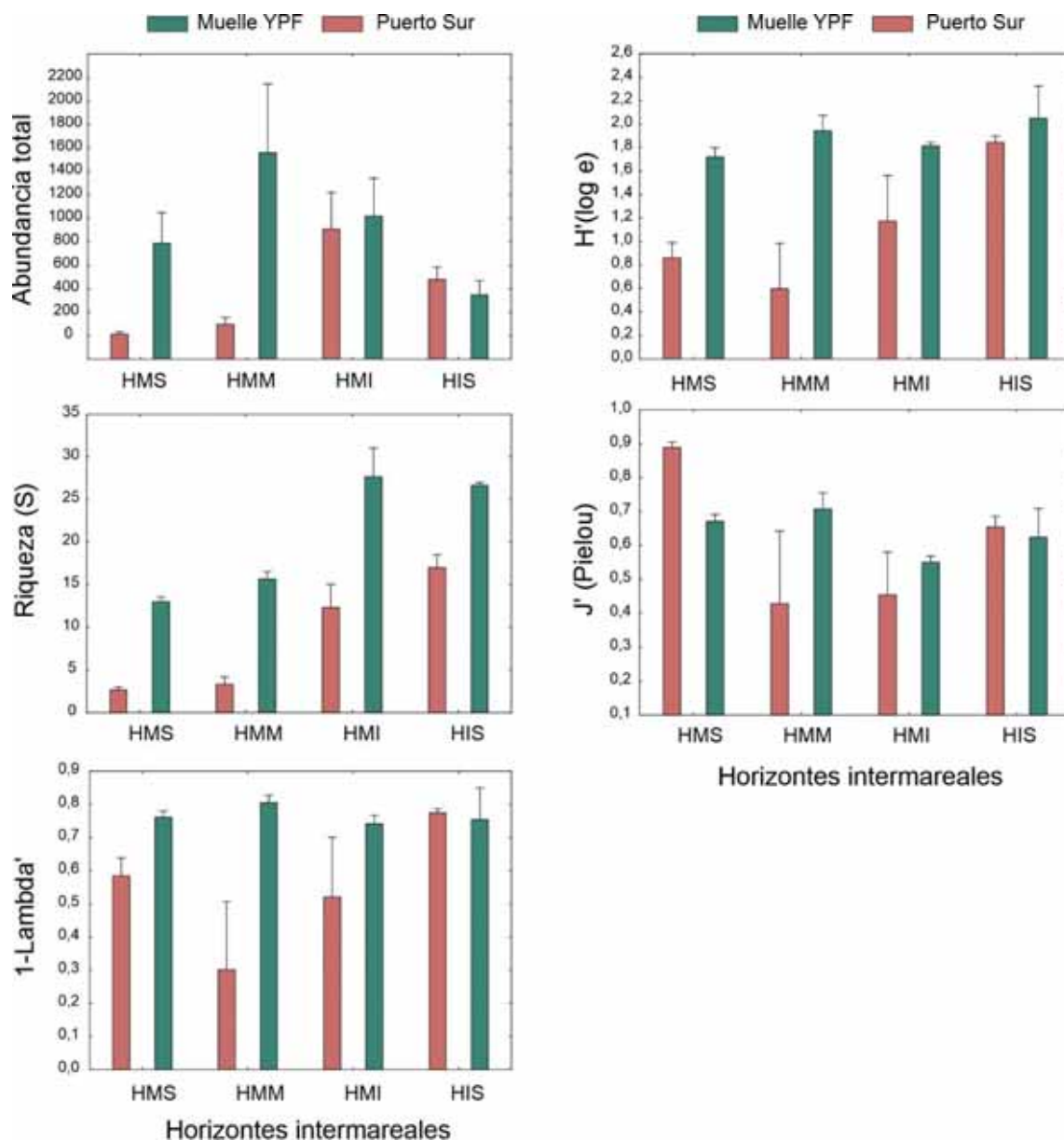
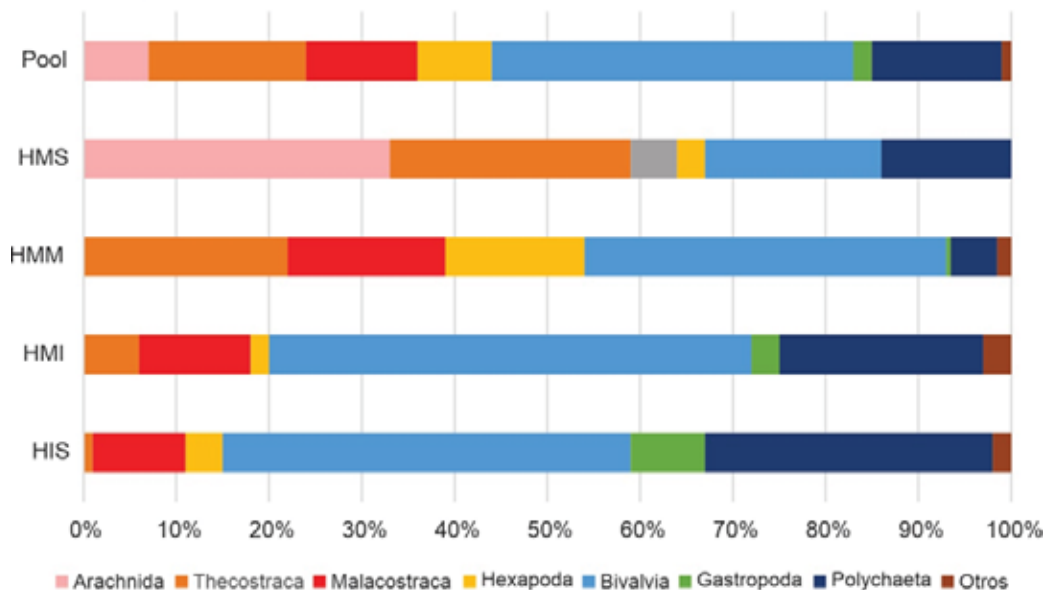


Figura 47. Variación vertical en la abundancia total de macrozoobentos e indicadores de diversidad para la restinga del Muelle YPF (verde) y Puerto Sur (rojo). La barras de error indican ± 1 ES.

A) Restinga Muelle YPF



B) Restinga Puerto Sur

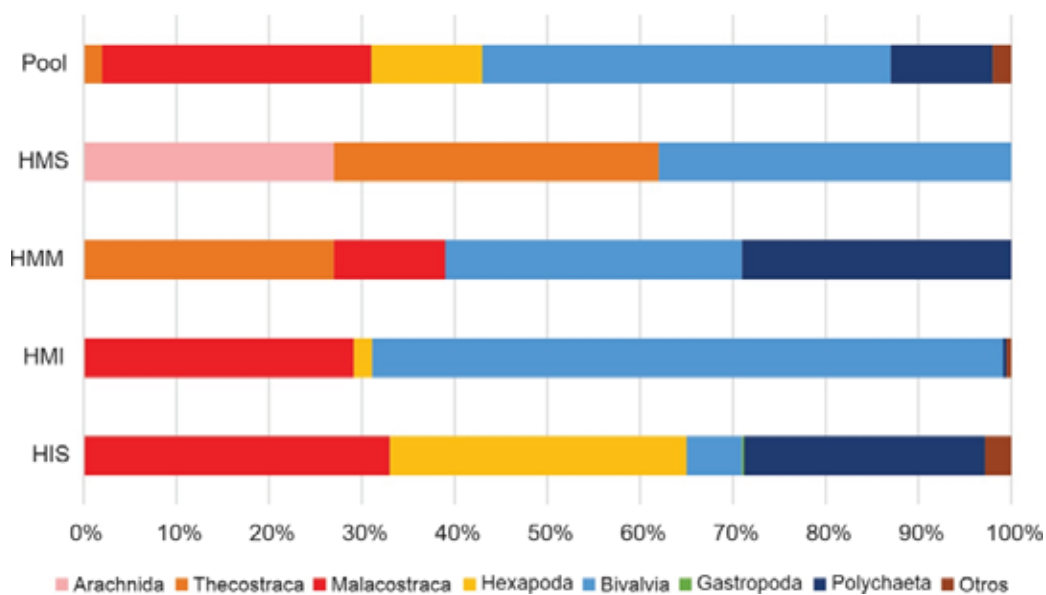
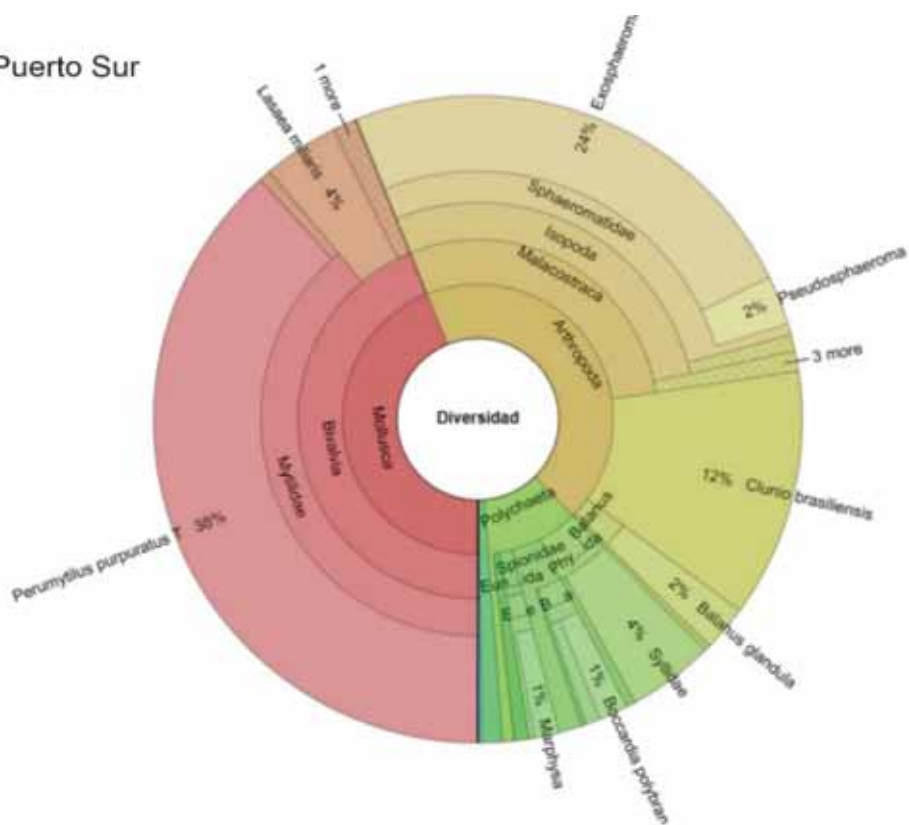


Figura 48. Composición porcentual por categoría taxonómica superior. Se indican datos agrupados por sitio y por horizonte intermareal.

A) Restinga Puerto Sur



B) Restinga Muelle YPF

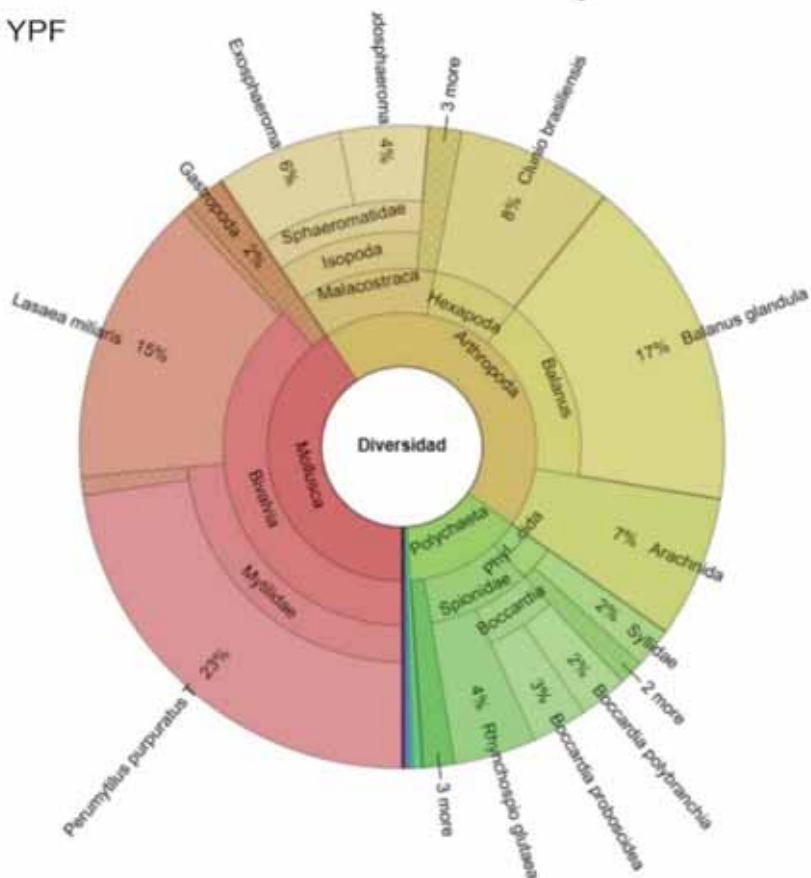


Figura 49. Composición porcentual de taxones con inclusión de jerarquía taxonómica agregado por sitio.

La ordenación multivariada (nMDS) resume características de los ensambles del macrozoobentos indicadas con anterioridad. Se visualiza una marcada zonificación del bentos en los dos sitios examinados y una segregación entre sitios para cada nivel. Es evidente la presencia de cambios en la estructura y quizás funcionamiento -no evaluada- de los sistemas bentónicos en ambas plataformas. Además, se visualiza una mayor variabilidad en los ensambles de los niveles superiores y medios (HMS, HMM y HMI) en el sitio de Puerto Sur y mayor consistencia o uniformidad en las muestras del sitio Muelle YPF que denotan cambios más graduales en la zonificación (**Figura 50**).

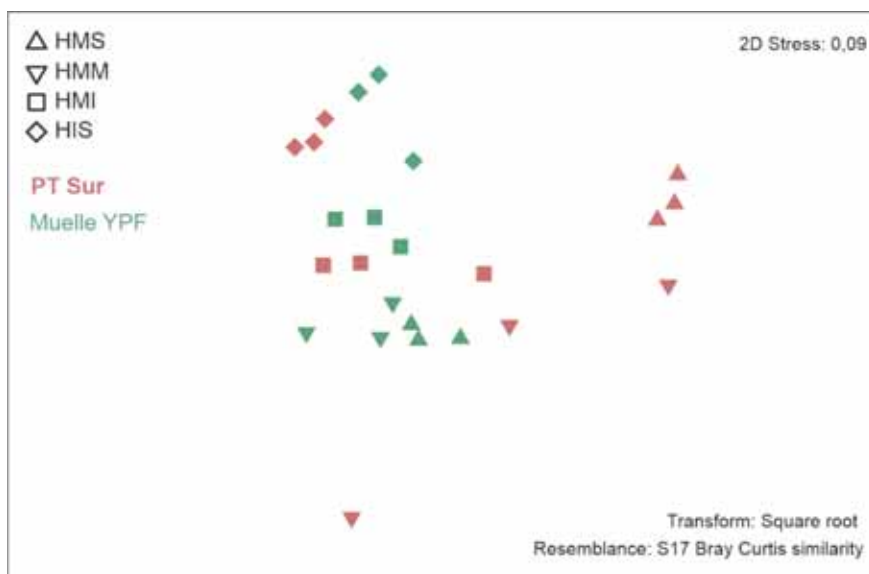


Figura 50. Ordenación nMDS de las muestras de comunidades bentónicas intermareales según sitio y horizonte intermareal.

5- Caracterización del bentos submareal

Los ambientes submareales costeros relevados en este informe corresponden a ambientes de fondos blandos y/o mixtos entre las profundidades de 5 y 12 m. No se incluyen zonas de alta diversidad como los fondos duros o arrecifes costeros (7-9 m profundidad) usualmente asociados a bosque de algas laminariales (e.j., *Macrocystis pyrifera*) los cuales han sido identificados asociados a las restingas rocosas estudiadas (**Figura 51**).



Figura 51. Ubicación de los bosques de *Macrocystis pyrifera* en la zona de estudio y ubicación aproximada de las transectas.

Tabla 19. Listado de especies especies mas comunes registradas en los lances en area del Puerto de Comodoro Rivadavia.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie
Annelida	Polychaeta	Echiuroidea	Urechidae	<i>Urechis chilensis</i> *
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Alpheidae	<i>Betaeus truncatus</i> **
			Campylonotidae	<i>Campylonotus vagas</i> **
			Hippolytidae	<i>Nauticaris magellanica</i> **
			Hymenosomatidae	<i>Haliscarcinus planatus</i> **
			Inachidae	<i>Euripodius latreillii</i> **
			Munididae	<i>Munida gregaria</i> ***
			Trichopeltariidae	<i>Peltarion spinosulum</i> **
Chordata	Ascidacea	Stolidobranchia	Molgulidae	<i>Paramolgula</i> sp. **
Cnidaria	Anthozoa	Scleralcyonacea	Renillidae	<i>Renilla octodentata</i> **
Echinodermata	Asteroidea	Forcipulatida	Stichasteridae	<i>Cosmasterias lurida</i> **
	Echinoidea	Arbacioida	Arbaciidae	<i>Arbacia dufresneii</i> **
		Camarodonta	Temnopleuridae	<i>Pseudechinus magellanicus</i> **
Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	<i>Aulacomya atra</i> **
		Venerida	Veneridae	<i>Ameghinomya antiqua</i> *
	Cephalopoda	Octopoda	Enteroctopodidae	<i>Enteroctopus megalocyathus</i> **
	Gastropoda	Neogastropoda	Volutidae	<i>Odontocymbiolla magellanica</i> **
		Trochida	Tegulidae	<i>Tegula patagónica</i> **

*: infaunales, **: epibentonicos, ***: hiperbentonicos

La **Tabla 19** resume las principales especies encontradas en ambientes submareales de fondos blandos o mixtos y se indica además el grupo ecológico de cada uno de ellos en: 1) infaunales: que viven en el sedimento, 2) epibentónicos: que viven sobre el fondo o 3) hiperbentónicos: que viven comunmente en la columna de agua cerca del fondo. El relevamiento de especies infaunales arrojó poca diversidad en las muestras de sedimento con presencia de algunas especies de anélidos infaunales (**Tabla 19**).

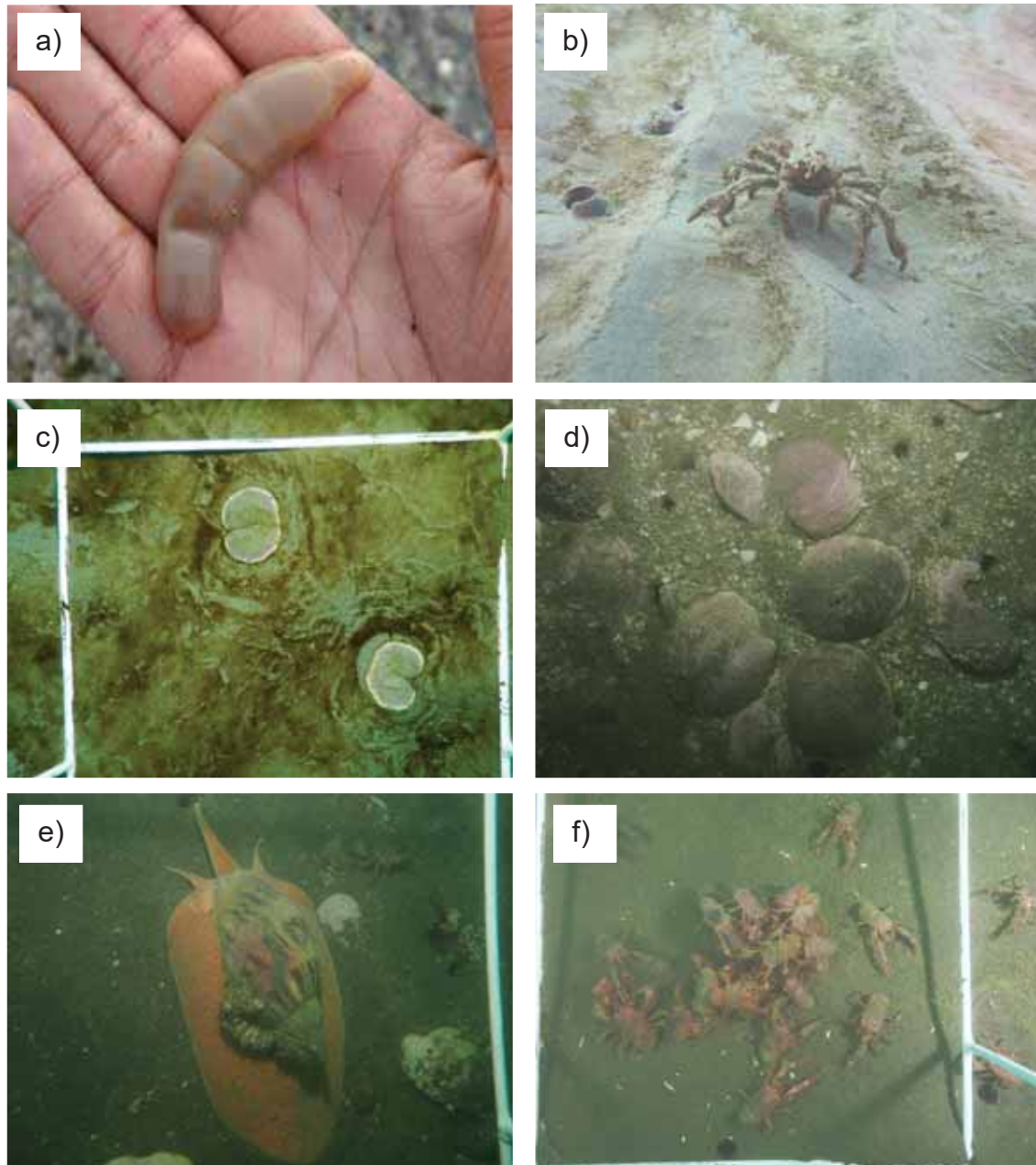


Figura 52. a) *Urechis chilensis*. b) *Euripodius latreillii*. c) *Renilla octodentata*. d) *Ameghinomya antiqua*. e) *Odontocymbiolla magellanica*. f) *Munida gregaria*.

El relevamiento realizado con red de arrastre indicó que la macrofauna epibentónica en fondos blandos estuvo dominada por la langostilla *Munida gregaria* y los cangrejos *Euripodius latreillei* y *Peltarion spinosulum* y el cnidario octocoral *Renilla octodentata* (Tabla 19).

6. CONCLUSIONES

Este trabajo permitió definir una línea de base ambiental del área marina costera del Puerto y zona de influencia, que incluyó la caracterización de la calidad del agua superficial y los sedimentos de fondo y describió los patrones de zonación y distribución de organismos bentónicos en el intermareal, la composición taxonómica de macroinvertebrados y algas de intermareales rocosos, los ensambles de macrozoobentos y algas de submareales rocosos y la composición taxonómica y diversidad de organismos epifaunales e infaunales de ambientes submareales de fondos blandos.

La información obtenida a través del presente trabajo es de relevancia fundamental para complementar los estudios preliminares, que se deberán realizar para la formulación del proyecto ejecutivo del dragado del Puerto, que tiene previstos a mediano plazo la Administración Portuaria del Puerto de Comodoro Rivadavia. La definición de los criterios sobre el destino y reutilización o usos posteriores de los sedimentos obtenidos del dragado en el proyecto ejecutivo, debe indefectiblemente considerar la información sobre calidad de agua y sedimentos descripta en este informe.

De los resultados obtenidos de mediciones en campo y en laboratorio se concluye que la calidad físico-química y bacteriológica del agua de mar superficial recolectada en cada una de las estaciones de muestreo establecidas, cumple con la legislación ambiental Nacional y Provincial vigente. A nivel nacional se contrastó con los niveles guía establecidos en el marco regulatorio efectivamente vigente para los residuos peligrosos, sancionada por la Ley 24.051/91 de RR.PP. y su decreto reglamentario 831/93. En la Provincia del Chubut se contrastó con los niveles guía establecidos mediante la ley XI N° 35, Código ambiental de la Provincia del Chubut y su decreto reglamentario N° 1540/16 que establece los Niveles Guía en la *Tabla 3. Niveles guía de la calidad de agua salada superficial para protección de la vida acuática* y *Tabla 5. Niveles guía de calidad de agua dulce, salada y salobre para uso recreativo en contacto primario y secundario*.

Con respecto a la granulometría de los sedimentos analizados, y en base a los resultados obtenidos para cada muestra podemos concluir y generalizar que el área de estudio se caracteriza por la dominancia de sedimentos finos (limos y arcillas) y arenas muy finas, con sutiles variaciones en la composición porcentual de cada uno de los componentes mencionados que definen tres tipos texturales: Fango, Areno-Fangoso y

Fango-Arenoso. En todas las muestras, los porcentajes de finos nunca fueron menores al 10 % del peso seco total de la muestra.

Los resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológicos, nos permiten concluir que, en términos generales, el material o sedimento que es susceptible de ser dragado se clasifica como no peligroso de acuerdo a las comparaciones realizadas con la tabla de Umbrales para considerar a un material como no peligroso, incluida en las Directrices para la Caracterización del Material Dragado y su Reubicación en Aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre.

En esta instancia preliminar de análisis no fue factible establecer el Nivel de acción para los sedimentos de acuerdo a la clasificación de los materiales de dragado, ya que las concentraciones de contaminantes que presentan con los niveles de acción definidos por las concentraciones incluidas requieren para su cálculo, conocer los volúmenes de materiales a dragar en cada sector del Puerto.

En base a los resultados obtenidos podemos concluir que las condiciones de calidad ambiental del área operativa portuaria y zonas de influencia son aceptables y no manifiestan que existiera un impacto significativo por diversas fuentes de contaminación en el área.

7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Baird, R. B., Eaton, A. D., & Clesceri, L. S. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 10). E. W. Rice (Ed.). Washington, DC: American public health association.
- Beijbom, O., Edmunds, P. J., Roelfsema, C., Smith, J., Kline, D. I., Neal, B. P., ... & Kriegman, D. (2015). Towards automated annotation of benthic survey images: Variability of human experts and operational modes of automation. *PloS one*, 10(7), e0130312.
- Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth surface processes and Landforms*, 26(11), 1237-1248.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). (1994) Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. España.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation, 2, 1-68.
- Colwell, R. K., & Elsensohn, J. E. (2014). Estimates turns 20: statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. *Ecography*, 37(6), 609-613.
- Comisión Interministerial de Estrategias Marinas (CIEM). (2021). Directrices para la Caracterización del Material Dragado y su Reubicación en Aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre. España.
- Folk, R.L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology*, 62, 344-359.
- Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-26.
- Gee, W.G., and D. Or. 2002. Particle-Size Analysis. p. 255–293. In: Dane, J., and G.C. Topp (eds.). *Methods of Soil Analysis*. Book Series: 5. Part 4. Soil Science Society of America. USA.
- Gil D.G., Tolosano J.A., Stoyanoff P., Verga R.N. (2021) Invertebrados de la restinga frente al Barrio Mosconi, Comodoro Rivadavia. En: *Explorando la restinga en Comodoro Rivadavia. La playa del club náutico de Km 3*. EDUPA (Comodoro Rivadavia) pp. 55-83

- Kokot, R.R. (2015). Erosión Costera. En: La Zona Costera Patagónica Argentina. Volumen II. Comunidades biológicas y geología (Zaixso HEy Boraso A, eds). Editorial Universitaria de la Patagonia – EDUPA p. 167– 230
- Krumbein, W.C. and Pettijohn, F.J. (1938). Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century-Crofts, New York.
- Lamirand, M., Lozado-Misa, P., Vargas-Angel, B., Couch, C., Schumacher, B., & Winston, M. (2022). Analysis of Benthic Survey Images via CoralNet: A Summary of Standard Operating Procedures and Guidelines. NOAA Pacific Islands Fisheries Science Center
- Provincia del Chubut (2016). Decreto Provincial N° 1540/16 de la Provincia del Chubut. Reglamentario del Título II, Capítulo I y del Título III; Capítulo I del Libro Segundo de la Ley XI N° 35 “Código Ambiental de la Provincia del Chubut”.
- Solís Acosta, J., Carhuapoma, W., Velazco Castillo, F., & Graco, M. (2012). Validación y cuantificación de sulfuros de hidrógeno (H₂S) en agua intersticial de sedimentos marinos recientes.
- U.S. EPA (2003). “Method 8015C (SW-846): Nonhalogenated Organics Using GC/FID,” Revision 4. Washington, DC.
- U.S. EPA (2014). "Method 6010D (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry," Revision 4. Washington, DC.
- Udden, J.A. (1914) Mechanical composition of clastic sediments. Bulletin of the Geological Society of America, 25, 655-744.
- Verga, R. N., Tolosano, J. A., Cazzaniga, N. J., & Gil, D. G. (2020). Assessment of seawater quality and bacteriological pollution of rocky shores in the central coast of San Jorge Gulf (Patagonia, Argentina). Marine Pollution Bulletin, 150, 110749.
- Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30, 377-392.
- Zaixso, H. E.; Boraso De Zaixso, A. L.; Pastor De Ward, C. T.; Lizarralde, Z. I.; Dadon, J. R.; Galván, D. (2015). El Bentos Costero Patagónico. En: La Zona Costera Patagónica Argentina. Volumen II. Comunidades biológicas y geología (Zaixso HEy Boraso A, eds). Editorial Universitaria de la Patagonia – EDUPA p. 43 – 152

ANEXO I

Modelo de Formulario de Cadenas de Custodia para la toma de muestras de agua de mar

CERTIFICADO DE CADENA DE CUSTODIA Y DERIVACIÓN

N° de muestra **E1**

N° de Cadena de Custodia y Derivación **1/22 cc**

Laboratorio Interviniente	IL&A –Ingeniería Laboral y Ambiental-		
Fecha de Extracción de la Muestra	01/09/2022	Fecha de Solicitud de Análisis	05/08/2022

DATOS DEL SOLICITANTE DEL ANÁLISIS

Nombre o Razón Social	INSITUTO DE DESARROLLO COSTERO (U.N.P.S.J.B)	C.U.I.T.	Exento
Domicilio	Ruta Nº s/n Km 4	Provincia	Chubut
C.P/ Localidad	9000 / Comodoro Rivadavia	Tel./FAX	297-154428101

PERSONAL QUE TOMÓ LA MUESTRA

Apellido y Nombres	D.N.I.	Título Habilitante	Firma
Tolosano Javier Alejandro	22.632.966	Lic. en Cs. Biológicas	

MUESTRA

Identificación de la muestra – Metodología de extracción								
Estación 1 (E1) Muestra de agua superficial								
Fecha	Hora	Transparencia (Secchi)	T° (°C)	Solidos totales disueltos	Oxígeno disuelto (%)	PH	Salinidad	Conductividad
01-09/22	13:09	6,5	7,55	31,54	11,5	8,10	33,97	35,20

Metodología de Extracción			
Toma de agua con los distintos recipientes desde la borda del bote semirrigido			
Lugar de Extracción (Coordenadas)		Datos Ambientales	
Latitud: 45°51'43.46"S		Viento	30 km/h
Longitud: 67°27'29.59"O		Humedad	43 %
		Temperatura	10° C

Detalles del Sitio Muestreado

Profundidad: 8,8 m (frente de atraque del puerto)

MUESTRA

Analito	Capacidad y Material del Envase	Tipo de Conservación	Volumen o Peso de la Muestra
DBO5	500 ml, envase plástico	Frío	500 ml
DQO	125 ml, envase plástico	Frío	125 ml
Parámetros Químicos Generales (Bicarbonatos, Carbonatos, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos)	1000 ml, envase plástico	Frío	1000 ml
Sólidos Disueltos Totales			
Metales y Metaloides (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr y As)	125 ml, envase plástico	Frío	125 ml
Hidrocarburos Totales	1000 ml, envase vidrio color caramelo	Frío	1000 ml
Carbono Orgánico Total			
Coliformes Totales	125 ml, envase estéril	Frío	125 ml
Coliformes Fecales			
Escherichia coli			

Recepción de la Muestra en el Laboratorio

Fecha.....Hora.....

Temperatura.....

.....
Firma y Sello del Responsable de
derivación de la Muestra

ANEXO II

Modelo de Formulario de Cadenas de Custodia para la toma de muestras de sedimento

CERTIFICADO DE CADENA DE CUSTODIA Y DERIVACIÓN

N° de muestra **E1**

N° de Cadena de Custodia y Derivación **1/22 cc**

Laboratorio Interviniente	IL&A –Ingeniería Laboral y Ambiental-		
Fecha de Extracción de la Muestra	01/09/2022	Fecha de Solicitud de Análisis	05/08/2022

DATOS DEL SOLICITANTE DEL ANÁLISIS

Nombre o Razón Social	INSITUTO DE DESARROLLO COSTERO (U.N.P.S.J.B)	C.U.I.T.	Exento
Domicilio	Ruta N° s/n Km 4	Provincia	Chubut
C.P/ Localidad	9000 / Comodoro Rivadavia	Tel./FAX	297-154428101

PERSONAL QUE TOMÓ LA MUESTRA

Apellido y Nombres	D.N.I.	Título Habilitante	Firma
Tolosano Javier Alejandro	22.632.966	Lic. en Cs. Biológicas	

Extracción de la Muestra			Metodología de Extracción
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Sedimentos de fondo (submareal) Extracción mediante buceo autónomo
01/09/2022	13:09	10° C	

MUESTRA

Identificación de la muestra – Metodología de extracción
Estación 1 (E1), las muestras se obtuvieron utilizando una jeringa de 60 ml cortada para la muestra de bacteriológico y con un tubo de tipo HOPE de acrílico de 50 cm de longitud para el resto de las muestras. La muestra fue recolectada introduciendo el tubo en forma vertical hasta una profundidad de aprox 30-40 cm, luego se homogeneizo el sedimento dentro del tubo antes de colocarlo en el frasco, es decir que en la muestra están representadas todas las fracciones de profundidad.

Lugar de Extracción (Coordenadas)	Datos Ambientales
Latitud: 45°51'43.46"S	Viento 30 km/h
Longitud: 67°27'29.59"O	Humedad 43 %
	Temperatura 10° C

Detalles del Sitio Muestreado
Profundidad toma muestra: 8,8 m (frente de atraque del puerto)

MUESTRA

Analito	Capacidad y Material del Envase	Tipo de Conservación	Volumen o Peso de la Muestra
Metales y metaloides (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr y As)	250 ml, frasco vidrio	Frío	250 g
Sulfuros			
Fosfatos y Nitratos			
PCB			
Hidrocarburos Totales			
Tributil Estaño (TBT) y productos de degradación (DBT y MTB)			
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)			
Hidrocarburos (C10-C40)	125 ml, envase estéril	Frío	125 ml
Coliformes Totales			
Coliformes Fecales			
Escherichia coli			



.....
Firma y Sello del Responsable de
derivación de la Muestra

Recepción de la Muestra en el Laboratorio

Fecha.....Hora.....

Temperatura.....

ANEXO III

Resultados analíticos de muestras de Agua

ANEXO IV

Resultados analíticos de muestras de Sedimento

ANEXO V

Cadenas de custodia de muestreo de Agua

ANEXO VI

Cadenas de custodia de muestreo de Sedimento

ANEXO VI

Compilación de fotografías tomadas durante las tareas de campo y muestreos

MUESTREO DE BENTOS EN INTERMAREAL



Foto 1. Supralitoral y mesolitoral superior



Foto 2. Mesolitoral superior



Foto 3. Parche de mejillón y Corallina



Foto 4. Cobertura de mejillinar



Foto 5. Cholga y caracol de roca



Foto 6. Mesolitoral medio

MUESTREO DE BENTOS EN SUBMAREAL



Foto 1. Cámara de deriva



Foto 2. Rastra para epifauna

MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL DE MAR Y SEDIMENTOS



Foto 5. Buzo operando en el agua



Foto 6. Colección de sedimentos