



Programa: Monitoreo de Cuerpos Receptores

Subprograma: Estuario de Bahía Blanca

Objetivos del Subprograma: Mantener un sistema de vigilancia de la calidad ambiental del estuario, sus afluentes naturales y descargas antrópicas (no industriales). Disponer de un sistema de información de los aspectos químicos, físicos, biológicos, microbiológicos y bioindicadores para evaluar la preservación de la calidad ambiental del Estuario de Bahía Blanca.

Período: Enero 2020 a diciembre de 2021



3 Resumen del Plan de Trabajo

En la siguiente tabla se detallan las tareas desarrolladas para este subprograma, que se han dividido en dos grandes secciones según se estudie el estuario en si o los afluentes al mismo:

Tareas	
ESTUARIO DE BAHIA BLANCA	
1. Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Estuario de Bahía Blanca.....	03
2. Bioindicadores Costeros: Ostras.....	33
MONITOREOS DE APORTES NO INDUSTRIALES	
1. Monitoreo de Arroyos.....	48
2. Monitoreo de la Descarga Cloacal 3 ^{ra} Cuenca.....	52
3. Evaluación del Impacto Bacteriológico de la Descarga Cloacal de la 3 ^{ra} Cuenca en la Zona Interna del Estuario	55
4. Monitoreo de la Descarga Cloacal 1 ^{ra} Cuenca.....	61
ANEXO.....	64

ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA

1 Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Estuario de Bahía Blanca

1.1 Campañas oceanográficas y muestreos

Durante el año 2020 no se realizaron campañas de muestreo en el estuario de Bahía Blanca, lo que se informa a continuación son los muestreos, resultados y evaluaciones de las campañas del año 2021.

Las campañas y muestreos estuvieron a cargo del Comité Técnico Ejecutivo, utilizando las embarcaciones de la empresa Lanchas del Sur.

Las muestras fueron derivadas a los siguientes laboratorios según el tipo de análisis requerido:

Laboratorio del Comité Técnico Ejecutivo: a cargo de la toma de muestra, de las determinaciones fisicoquímicas in situ, y del análisis de Mercurio en agua y sedimento.

Laboratorio Departamento de Química de la UNS, para la determinación de nutrientes inorgánicos disueltos en agua.

Laboratorio de Análisis Químico (LANAQUI) – CERZOS/UNS: para la determinación de metales pesados en agua y sedimento.

1.1.1 Estaciones de monitoreo. Tabla 1

Estación	Ubicación
E 1	Boya 26 (frente a Villa del Mar)
E 2	En proximidades del desagüe cloacal 1 ^{ra} cuenca.
E 3	Puerto de Ingeniero White
E 4	Puerto Galván (posta de inflamables).
E 5	En proximidades de descarga Polo Petroquímico.
E 6	Canal Maldonado
E 7	Puerto Cuatros



Mapa de la ubicación de las estaciones de muestreo

1.1.2 Campañas realizadas

Se realizaron 2 campañas de muestreo en las cuales se recolectaron muestras de agua y sedimento en los meses de agosto y diciembre del 2021.

1.2 Parámetros analizados

A. Parámetros oceanográficos y fisicoquímicos.

En cada campaña se realizaron las mediciones de los siguientes parámetros oceanográficos: Temperatura, pH, turbidez y O₂ disuelto. Nutrientes inorgánicos en agua de mar: Nitrato (NO₃⁻), Nitrito (NO₂⁻), Amonio (NH₄⁺), Fosfato (PO₄³⁻) y Silicatos (SiO₃).

B. Sustancias potencialmente contaminantes.

- En agua de mar:
 - Metales: Pb, Cu, Cd, Cr, Ni, Zn y Hg disueltos en agua.
- En sedimentos superficiales:
 - Metales: Pb, Cu, Cd, Cr, Ni, Zn y Hg.

C. Parámetros microbiológicos

- En agua de mar:
 - Búsqueda y cuantificación de *E.coli* como indicador de la contaminación fecal.
- En sedimentos superficiales:
 - Búsqueda y cuantificación de bacterias degradadoras de hidrocarburos.

1.3 Resultados

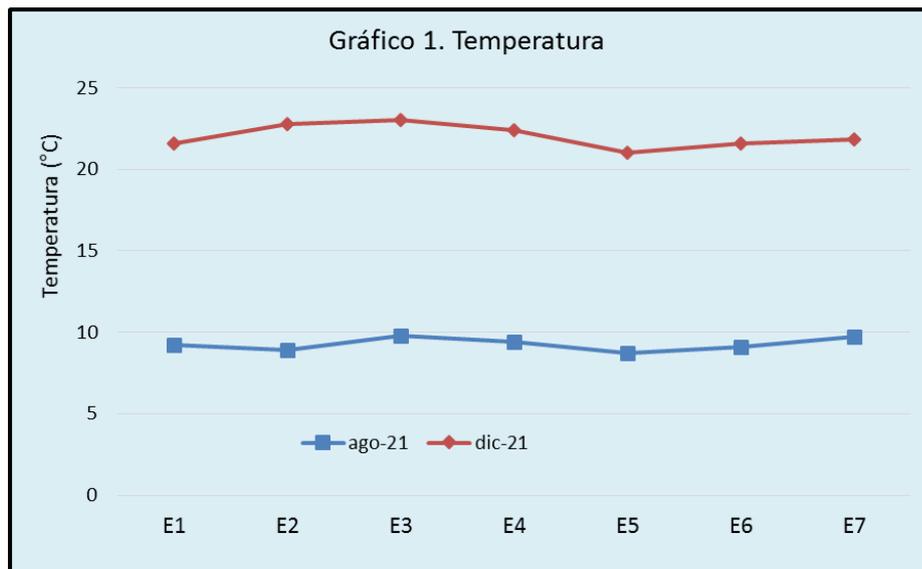
Se presentan a continuación los resultados oceanográficos y fisicoquímicos; las sustancias potencialmente tóxicas en agua y sedimento; y los parámetros microbiológicos.

a. Parámetros oceanográficos y fisicoquímicos

Temperatura del agua

Los valores de temperatura de este período de trabajo muestran una distribución homogénea para todas las estaciones de muestreo, y acordes a cada estación del año, según se observa en el gráfico 1 de temperatura.

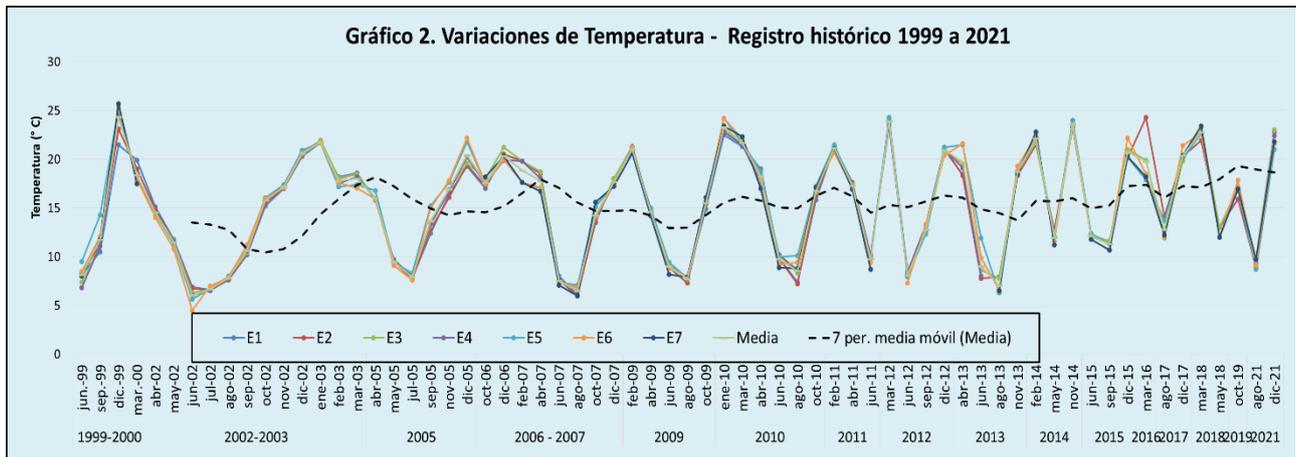
Las temperaturas oscilaron entre los 8,7 y 23,0°C. Los valores este período son similares a los históricos registrados en monitoreos de años previos.



Del análisis de los valores de temperaturas registrados durante las campañas de 1999¹ hasta el período 2021, se observa en el gráfico 2 la serie temporal de datos, los cuales presentan una leve tendencia creciente a lo largo del tiempo. En informes previos el IADO manifestó que existe un evidente incremento de la temperatura que está generando un leve calentamiento del sistema. Este incremento se corresponde también con las observaciones realizadas por científicos en otros ambientes del mundo que señalan un lento calentamiento de los océanos por factores climáticos y de las observaciones realizadas por otras agencias internacionales (NOAA) que estudian las

¹ Datos de la Cámara Regional de la Industria Bahía Blanca

variaciones oceanográficas y atmosféricas; pero debemos considerar que estos cambios se refieren a una escala de tiempo muy corta. Es de destacar que a una escala geológica son varios los factores que determinan las variaciones de temperatura y existen estudios que muestran períodos de calentamiento y otros de enfriamiento a lo largo de la historia de la tierra.²

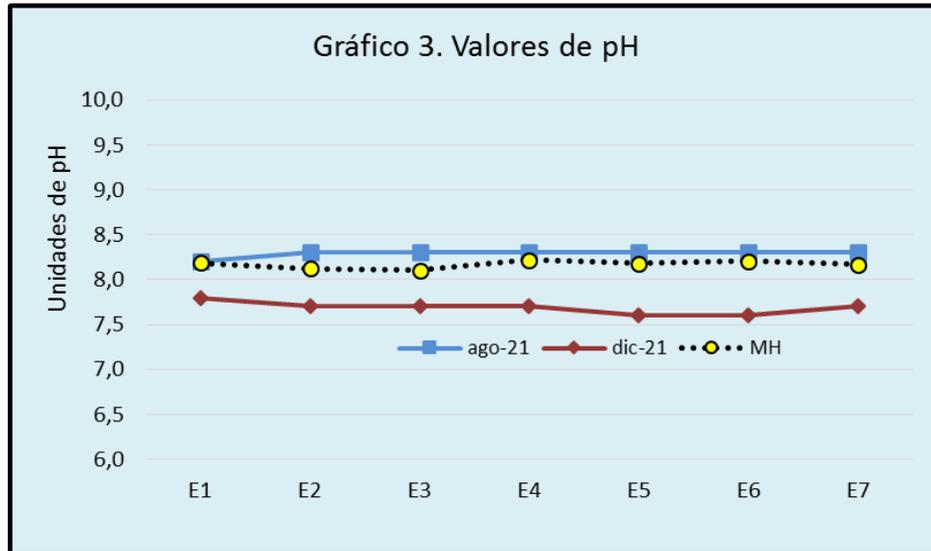


pH del agua

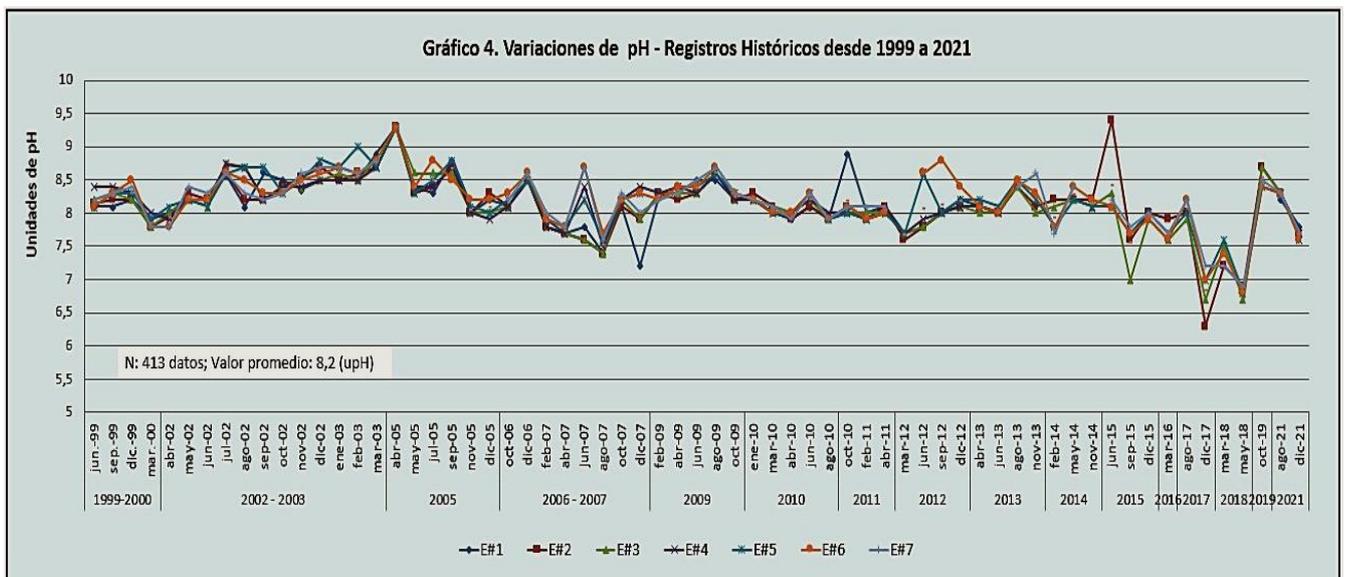
Los valores de pH que se registraron durante las campañas realizadas en el período estudiado mostraron una distribución homogénea a lo largo de la grilla evaluada. Los valores variaron entre 7,6 y 8,7 upH, según se observa en el gráfico 3, con un promedio anual de 8,1 upH.

Los valores de pH que se registraron en estas campañas son similares a los valores medios históricos (MH) informados.

² <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/globalwarming/paleobefore.html>



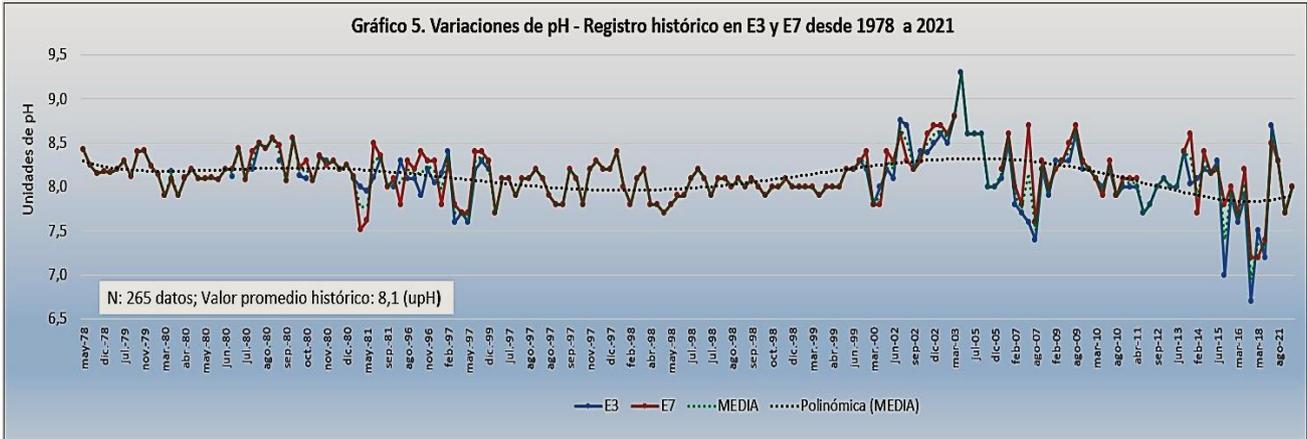
Un análisis temporal de los valores de pH registrados durante las campañas de monitoreo en las 7 estaciones desde 1999³ hasta el período 2021, puede observarse en el gráfico 4.



Se mantienen la tendencia a lo largo de los registros históricos un valor de 8,2 upH.

El registro más antiguo que disponemos de pH data del año 1974, con valores en las estaciones de Ingeniero White y Puerto Cuatreros, E3 y E7 respectivamente. Se observa en el gráfico 5, que el valor medio de pH en este período más extenso es de 8,1 upH, valor concordante con el obtenido en el 2021.

³ Datos de la Cámara Regional de la Industria de Bahía Blanca



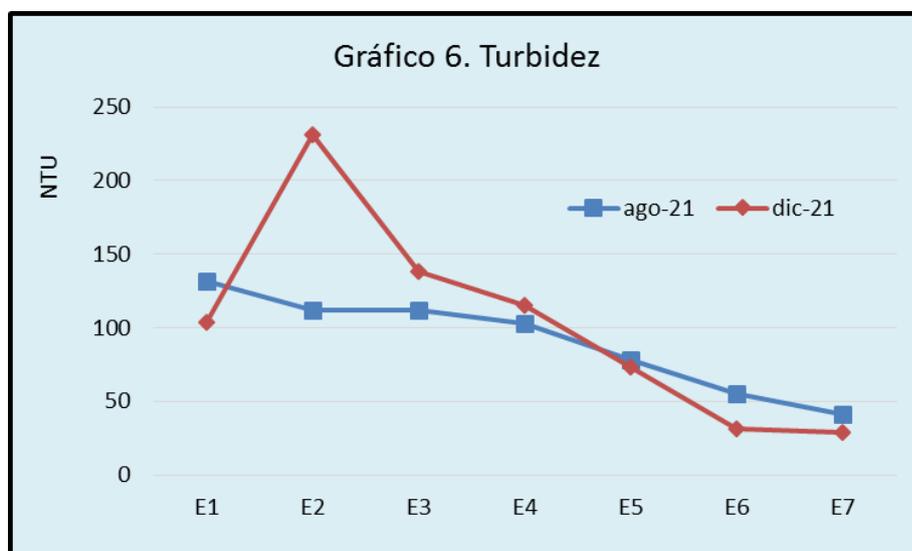
Turbidez del agua

Los valores de turbidez que se registraron durante las campañas realizadas en el período estudiado se mostraron un comportamiento similar, con descenso de la turbidez hacia la zona interna del estuario. Los valores registrados oscilaron entre 29 a 231 NTU.

Diferentes factores pueden modificar los registros de turbidez: el florecimiento planctónico, la resuspensión de sedimentos por efecto de tormentas, dragado, refulado, descarga de efluentes, alteraciones en la circulación de las aguas.

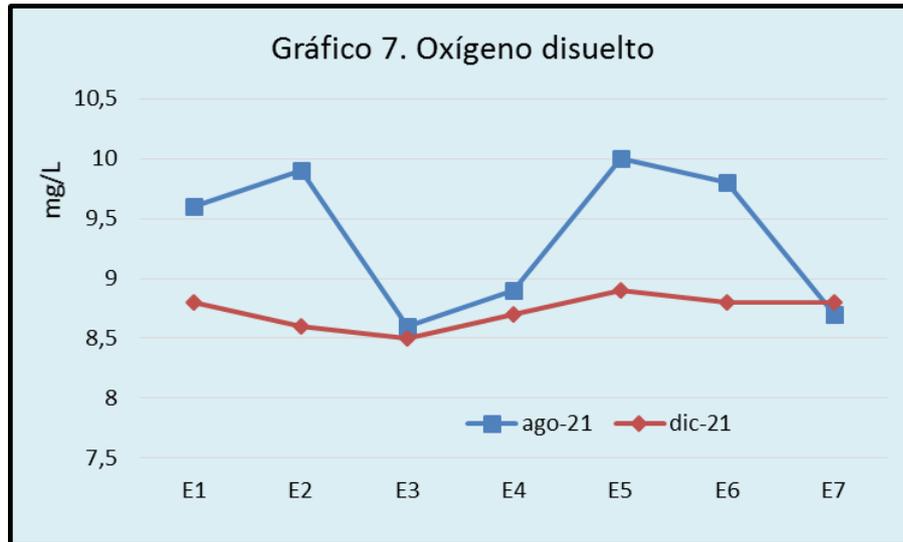
Como puede observarse en el gráfico 6, el valor en el sitio E2 en diciembre resultó elevado, posiblemente influenciado por la descarga cloacal de la primera cuenca, próxima a la E2 y sus alrededores.

Los valores del 2021 se encuentran dentro de los registros históricos reportados para este ambiente.



Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto que se registraron durante las campañas realizadas en el período estudiado se mostraron relativamente estables a lo largo de la grilla de estaciones evaluadas. Los valores registrados oscilaron entre 8,5 a 10,0 mg/L, según se observa en el gráfico 7.



La Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA-Eutrophication survey; 1996) ha clasificado las muestras de calidad de agua como anóxicas cuando tienen 0 mg/L de oxígeno disuelto, hipóxicas si están por debajo de 2 mg/L y estresantes para la biota si están entre 2 y 5 mg/L.

Los valores del 2021 son similares a los históricamente reportados para este ambiente, y ninguno estuvo por debajo de las concentraciones estresantes para la biota.

Nutrientes Inorgánicos

Se realizaron las determinaciones de los nutrientes inorgánicos disueltos Nitrato (NO_3^-), Nitrito (NO_2^-), Amonio (NH_4^+), Fosfato (PO_4^{3-}) y Silicatos (SiO_3) en muestras de agua del Estuario de Bahía Blanca tomadas en las estaciones de monitoreo mencionadas en la página 3.

Las muestras fueron tomadas en botellas de vidrio lavadas con HCl 10% y agua ultrapura, y enjuagadas con cada muestra in situ, según el protocolo establecido, y mantenidas a bordo de la embarcación refrigeradas y en oscuridad. Al desembarcar, fueron derivadas al laboratorio de Química (Universidad Nacional del Sur) donde fueron procesadas. Las muestras fueron filtradas por filtros de fibra de vidrio de 0,7 μm de tamaño de poro, previamente combustionados (450°C

- 4h) y preservadas a -20°C, excepto la alícuota destinada a la cuantificación de silicatos que fue mantenida a 4°C.

A continuación se presentan los resultados informados por el Laboratorio Química y sus principales conclusiones.

Se realizaron 2 campañas, la primera el 24 de agosto y la segunda el 6 de diciembre de 2021. En la Tabla 1a y 1b se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 1a) concentración promedio obtenidas para el muestreo del 24-08-2021

Estación de Monitoreo	Nitrato μM	Nitrito μM	Amonio μM	Fosfato μM	Silicatos μM
E1	8,53	0,164	3,78	1,45	50,00
E2	23,12	0,270	12,78	1,14	33,48
E3	6,45	0,181	3,65	1,23	66,94
E4	6,91	0,299	7,05	1,05	18,27
E5	9,81	0,310	6,27	1,26	19,93
E6	9,37	0,324	5,03	1,13	17,14
E7	6,53	0,110	3,02	1,06	22,40

Tabla 1b) concentración promedio obtenidas para el muestreo del 06-12-2021

Estación de Monitoreo	Nitrato μM	Nitrito μM	Amonio μM	Fosfato μM	Silicatos μM
E1	8,35	4,680	5,81	3,96	57,60
E2	14,02	4,915	4,89	3,84	71,47
E3	16,55	5,085	7,78	3,10	133,59
E4	12,36	4,826	2,73	3,06	102,00
E5	10,57	3,943	6,61	2,52	115,60
E6	19,23	5,228	6,00	2,76	112,14
E7	18,00	4,726	5,02	2,50	101,57

Los nutrientes de Nitrógeno (Nitrato, Nitrito y Amonio) presentan diferencias marcadas, en su concentración y distribución en ambas fechas de muestreo. En agosto, se destaca la elevada concentración de la suma de las especies, expresada como DIN (por sus siglas en inglés: dissolved inorganic nitrogen) en E2 con el máximo valor de nitrato y amonio (Fig. 1a).

Nitrato es la especie de nitrógeno de mayor concentración en todos los sitios en agosto, contribuyendo al DIN en un 62±7%, mientras que la contribución de amonio al DIN es de 34 ±

3 % en promedio, excepto en E4, donde la contribución del amonio alcanza el 49% del DIN. Las concentraciones de nitrito no superan $0,4 \mu\text{M}$ con una contribución menor al 2,5% al DIN (Fig. 1a).

En diciembre, Nitrato se mantiene en $8,4 \pm 0,1 \mu\text{M}$ para la E1, disminuye en E2 de $23,12$ a $14,02 \mu\text{M}$ y aumenta en los sitios E3, E4, E5, E6 y E7 de $7,8 \pm 1,6$ a $15,3 \pm 3,7 \mu\text{M}$ en promedio. En general, se incrementan las concentraciones de todos los nutrientes, destacándose el aumento de la concentración de Nitrito (Fig. 1b), de $0,024 \pm 0,08 \mu\text{M}$ como promedio de los sitios en agosto, a $4,78 \pm 0,41 \mu\text{M}$ al DIN desde $1,6 \pm 0,5 \%$ a $20,0 \pm 3,4 \%$.

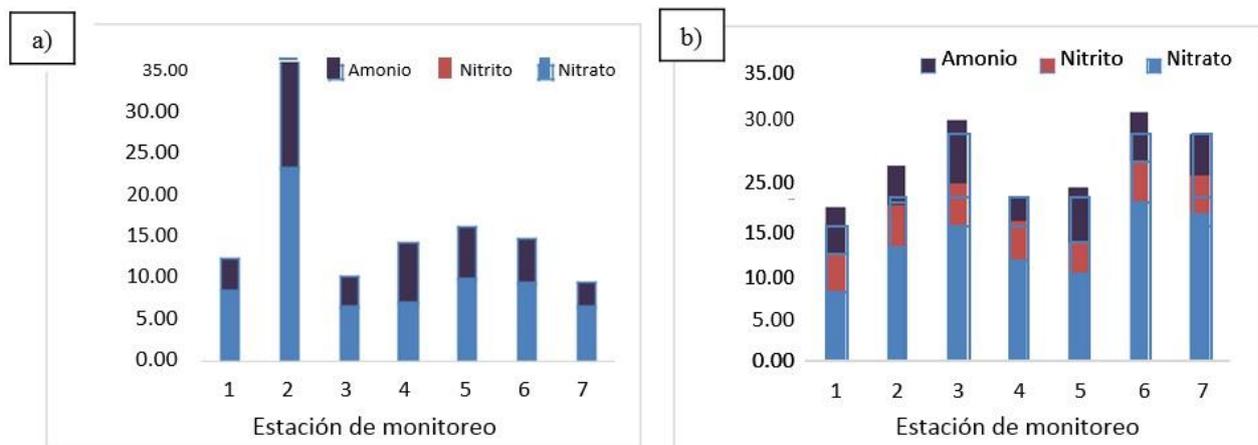


Fig. 1a y 1b: concentración de la suma de las especies de Nitrógeno (nitrato, nitrito y amonio) en los sitios de muestreo a) muestreo del 28-08-2021 y b) muestreo del 06-12-2021.

Fosfato presenta valores promedio de $1,19 \pm 0,14 \mu\text{M}$ en agosto y aumenta su concentración promedio a $3,10 \pm 0,59 \mu\text{M}$ en diciembre. Los más elevados corresponden a la E1 y E2. Los valores de Silicatos se mantienen comparables únicamente en E1 aumentando en el resto de los sitios considerablemente (Fig. 2a y b) correspondiendo el máximo a la E3.

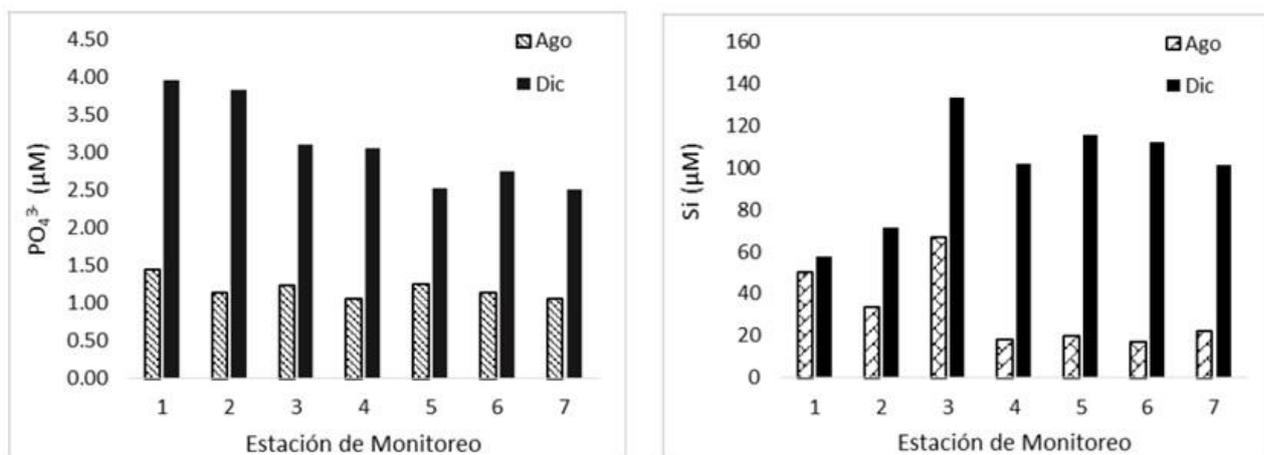


Fig. 2: a) concentración de fosfato y b) concentración de Silicatos en los sitios de muestreo obtenidos en agosto y diciembre de 2021.

Anteriormente han sido reportados aumentos de las concentraciones de todos los nutrientes inorgánicos disueltos, excepto amonio, (Informe IADO 2015-2016). Los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos históricos informados para este ambiente (Tabla 3) destacándose en este informe menores concentraciones de amonio que las informadas en el periodo Julio 2017 a Junio 2018, manteniéndose en ambas fechas de muestreo por debajo de los límites de los niveles guía internacionales (USEPA, 1999 y ANZECC/ARMCANZ, 2000) de 55 µM y 65 µM respectivamente, en todos los sitios, siendo el máximo valor de 12,78 µM en E2 en agosto.

La Tabla 2 a continuación muestra los Valores mínimos y máximos de concentraciones, expresadas en µM considerando todos los sitios, comparado con informes anteriores reportados en estaciones ubicadas en sitios aproximados a los de este estudio. (*nd: no detectable*)

	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ₃₋	Silicatos
Jun 2015 - Mar 2016 (IADO, 2016)	0,50 – 99,4	0,21 -4,09	5,15 – 7,51	2,94 –30,19	22,34 – 163,61
Jul 2017 - Jun 2018 (IADO, 2018)	<u>nd</u> – 58,20	0,17 -3,84	<u>nd</u> – 662,80	0,67 –5,50	24,25 – 140,78
Este informe Ago-2021 y Dic-2021	6,45 –23,12	0,11 – 5,23	2,73 – 2,78	1,05 –3,96	17,14 – 133,59

La estequiometría de los nutrientes suele emplearse para comprender la limitación de nutrientes respecto al nitrógeno, fósforo o silicio para ensamblajes naturales de fitoplancton. En este informe se presentan las relaciones molares que se observan en la Fig. 2. Analizando todos los resultados

obtenidos, puede considerarse que no se detecta deficiencia de Silicatos dado que todas las muestras presentan valores de $Si:P > 10$ y $Si:DIN > 1$ (Fig. 2a). Por otra parte, una potencial limitación por N se considera si $DIN:P < 10$ y $Si:DIN > 1$, mientras que en caso que $Si:P > 20$ y $DIN:P > 22$ se considera una potencial limitación por P (Fig. 2b).

De manera similar, se analiza la relación de Redfield (Redfield et al., 1963) que establece una relación estequiométrica para $Si:N:P$ de 16:16:1 como la óptima requerida para el crecimiento de fitoplancton, siendo las desviaciones en la disponibilidad en estas proporciones, interpretada como una potencial limitación. En este informe, la relación $DIN:P$ (16:1) es mayor únicamente en E2 en agosto (Fig. 2c), mientras que en la misma estación presenta valores ligeramente menores a 1 en la relación $Si:DIN$ (Fig. 2d).

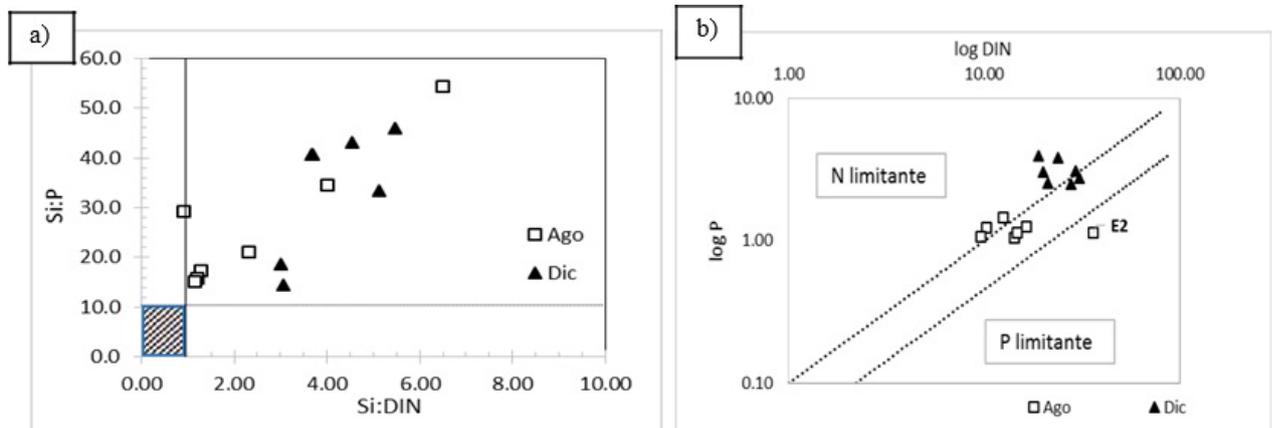
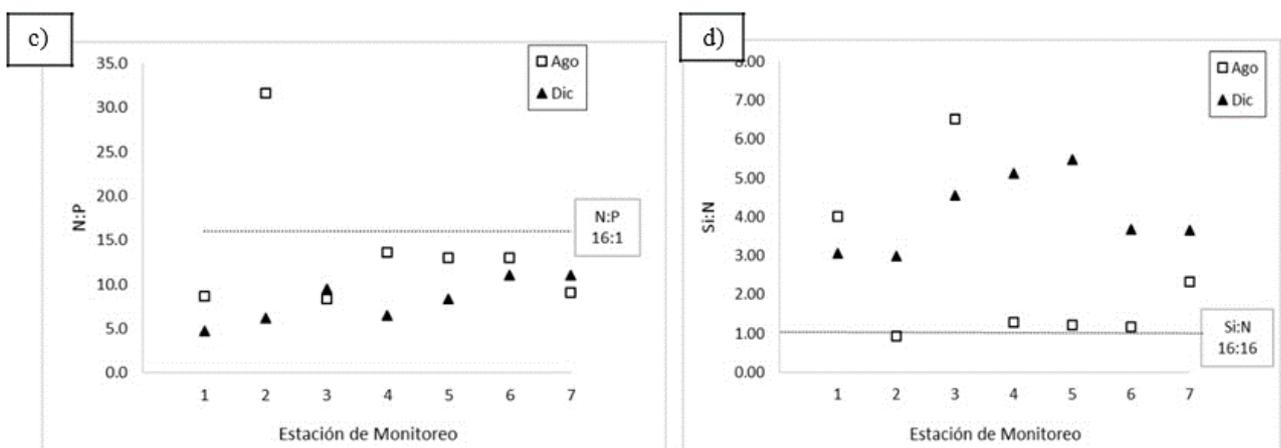


Fig. 2a) el área sombreada indica la zona donde la relación $Si:P < 10$ y $Si:DIN < 1$ y sugiere limitación de Si para el crecimiento del fitoplancton. 2b) los límites punteados corresponden a $DIN:P=10$ y $DIN:P=22$ siendo indicativo de limitación de N una relación $Si:DIN > 1$ y $DIN:P < 10$ e indicativo de limitación de P una relación $DIN:P > 22$.



En las Fig. c) y d) las líneas punteadas corresponden a la Relación de Redfield Si:N:P = 16:16:1.

Hay antecedentes de alternancia entre limitación de N y limitación de P en el Estuario (IADO, 2018), en este informe la mayoría de las muestras presentan limitación de N. Se debe considerar que los muestreos fueron realizados únicamente en agosto y diciembre.

a. Sustancias potencialmente contaminantes

Metales disueltos en agua

La detección de metales disueltos en el agua es indicadora de ingreso reciente al sistema, ya que esta fase de los compuestos metálicos es sumamente efímera y es desplazada rápidamente hacia los otros compartimientos del sistema (por ej., material particulado en suspensión, sedimentos, organismos).

A los efectos de realizar estimaciones comparativas, resultan de utilidad los indicadores de referencia establecidos por la NOAA, que diferencia dos niveles:

- **exposición aguda:** está referida a la concentración promedio para 1 hora de exposición.
- **exposición crónica:** está referida a la concentración promedio para 96 horas de exposición (4 días).

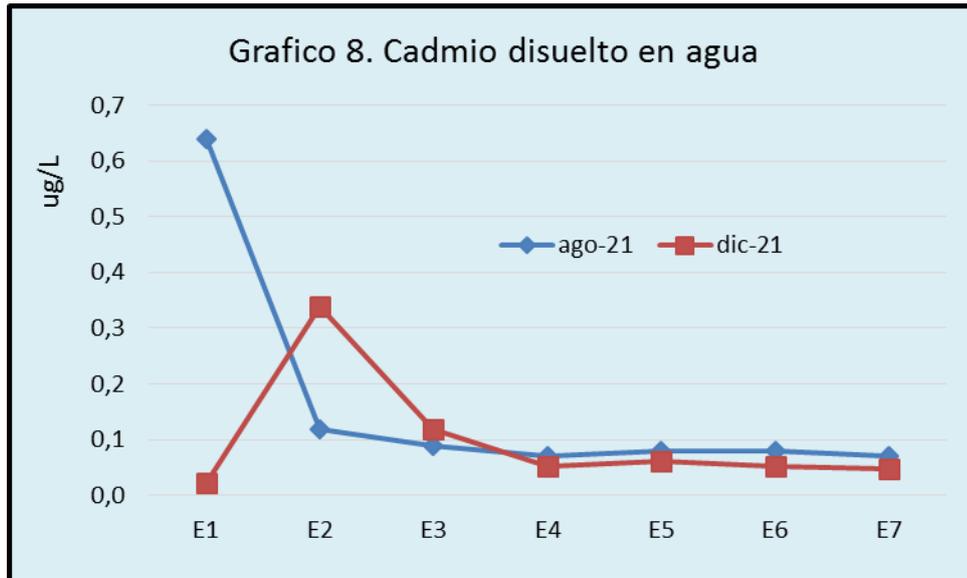
En la Tabla A, del ANEXO I – Estuario de Bahía Blanca (página 65) se detallan los valores guías de la NOAA.

Cadmio

En ambas campañas las concentraciones de cadmio resultaron mayores al límite de detección, los valores oscilaron entre 0,022 y 0,64 µg/L.

Es de destacar que el máximo y mínimo valor fue determinado en la E1 en diferentes campañas de muestreo, que podemos observar en el gráfico 8.

A diferencia de otros años, incluso de los registros históricos, en este período los máximos valores fueron reportados en la zona más externa del área de monitoreo, estaciones E1 y E2.



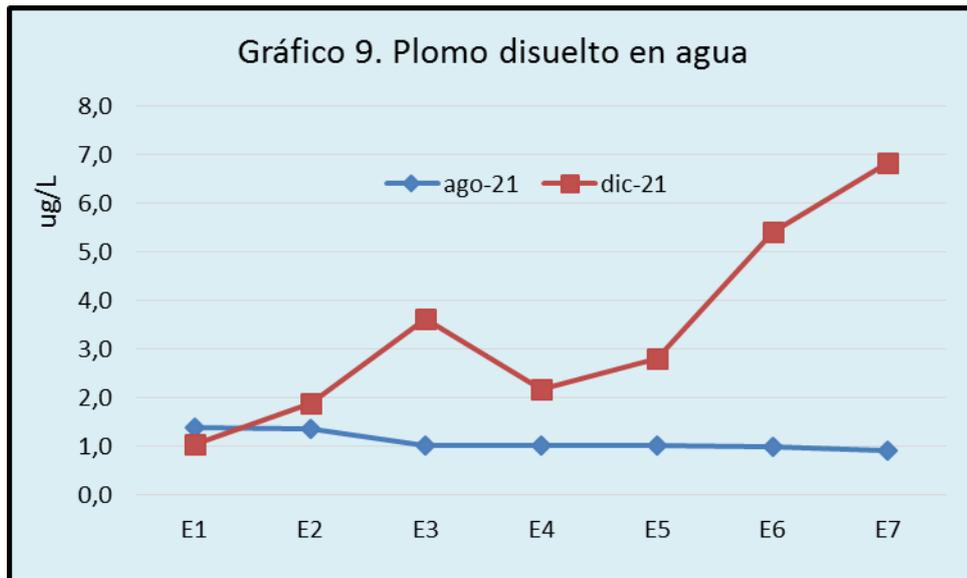
Ninguno de los valores de cadmio, superaron los niveles guía de referencia de la NOAA, para Exposición aguda o crónica de 40,0 y 8,8 $\mu\text{g/L}$ respectivamente.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 515 registros desde el año 2002 oscilan entre no detectables y 0,52 $\mu\text{g/L}$ con un promedio de 0,28 $\mu\text{g/L}$, con un máximo puntual de 6,77 $\mu\text{g/L}$ registrado en el año 2014 en la E7.

En términos generales, las concentraciones de cadmio disuelto resultaron similares o inferiores a los valores medios históricos determinados previamente, excepto para la E1 en el mes de agosto.

Plomo

Se registraron concentraciones de plomo disuelto en el agua en las campañas realizadas, según se observa en el gráfico 9. Los valores registrados variaron entre 0,9 y 6,9 $\mu\text{g/L}$, con valores homogéneos en la campaña de agosto. El valor máximo fue obtenido en la estación E7 en diciembre.



En ninguna oportunidad los valores superaron los niveles guía de referencia de la NOAA, para Exposición aguda 210 $\mu\text{g/L}$, ni crónica, de 8,1 $\mu\text{g/L}$.

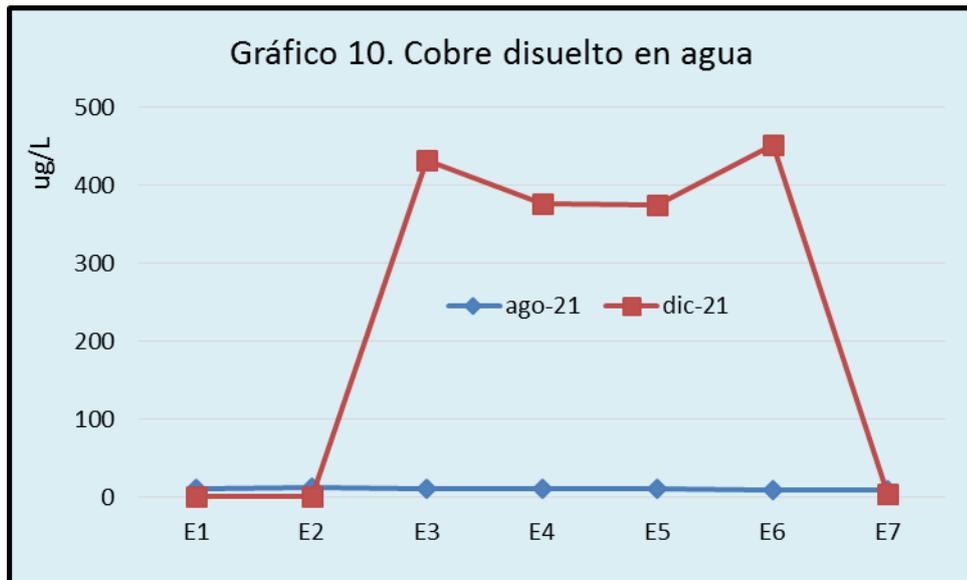
En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 503 registros desde el año 2002 oscilan entre no detectables y 3,70 $\mu\text{g/L}$ con un promedio de 2,96 $\mu\text{g/L}$, con un máximo puntual de 54,06 $\mu\text{g/L}$ registrado en el año 2018 en la E6.

La mayoría de los valores estuvieron por debajo o al mismo nivel que la media histórica, excepto para las estaciones E6 y E7 en el mes de diciembre.

Cobre

Se detectaron concentraciones de cobre en agua en todas las campañas del 2021. Los valores registrados variaron entre 1,3 y 451,0 $\mu\text{g/L}$. La campaña de agosto presentó valores homogéneos en todas las estaciones, mientras que en el mes de diciembre se detectaron valores más elevados que oscilaron entre 1,3 a 451,0 $\mu\text{g/L}$ de cobre en agua, como muestra el gráfico 10.

No se detectaron concentraciones elevadas de cobre en ningún efluente industrial, ni en ningún otro afluente al estuario que es monitoreado desde el CTE, incluidas las descargas cloacales. Asimismo los valores de cobre total determinados en aguas e informados en el apartado Bioindicadores costeros: Ostras, se encontraban dentro del rango histórico que disponemos para este ambiente.



En ambas campañas se detectaron valores (86% de los datos) que superaron el nivel guía de referencia de la NOAA, para "Exposición crónica", de 3,1 $\mu\text{g/L}$ y para "Exposición aguda" de 4,8 $\mu\text{g/L}$.

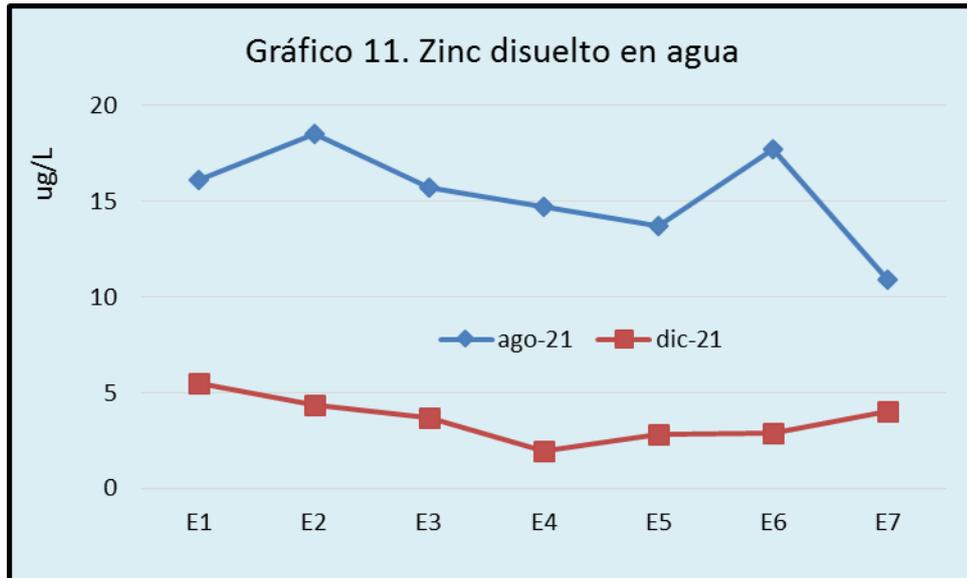
En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 505 registros desde el año 2002 oscila entre no detectables y 22,59 $\mu\text{g/L}$ con un promedio de 12,26 $\mu\text{g/L}$, con un máximo puntual de 1227 $\mu\text{g/L}$ registrado en diciembre del 2012 en la E6.

Los valores detectados durante la campaña de diciembre, estuvieron por encima de la media histórica registrada para este ambiente. La campaña de agosto se presentó con valores dentro del rango histórico.

Zinc

Los valores registrados durante este año variaron entre niveles de 1,97 y 18,50 $\mu\text{g/L}$.

Como se observa en el gráfico 11, los valores en cada campaña resultaron homogéneos a lo largo de la línea de muestreo, aunque los analizados en agosto resultaron superiores a la campaña de diciembre y están por encima de los valores medios históricos registrados para este ambiente.



El nivel guía de referencia de la NOAA, para "Exposición crónica", de 81 $\mu\text{g/L}$, no fue superado en ninguna oportunidad.

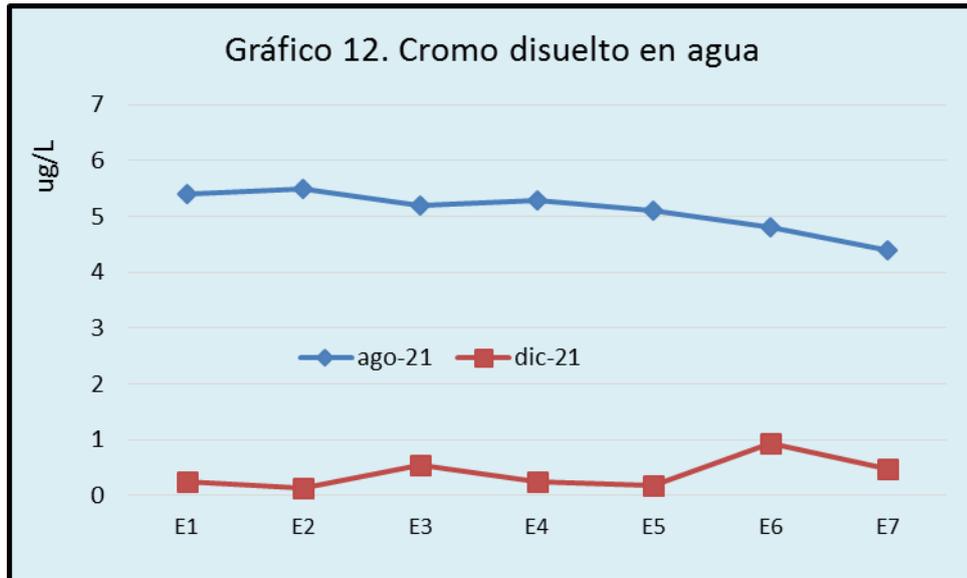
Es de destacar que los valores promedios máximos se encuentran sobre los extremos de la grilla de muestreo, las E1, E2 y E6, E7.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 494 registros desde el año 2002 oscilan entre no detectables y 10,74 $\mu\text{g/L}$ con un promedio de 5,38 $\mu\text{g/L}$, con un máximo puntual de 197,44 $\mu\text{g/L}$ registrado en junio del 2010 en la E7.

Los valores promedios del 2021 resultan en parte similares a ligeramente superiores a los informados en informes previos para este estuario.

Cromo

Se registraron concentraciones de cromo disuelto en el agua en ambas campañas. Los valores para el período estudiado variaron entre 0,13 y 5,50 $\mu\text{g/L}$, y la distribución de valores a lo largo de las estaciones de muestreo pueden verse en el gráfico 12. Las dos campañas presentaron una tendencia homogénea, mostrando diferentes rangos de concentración.



No está establecido un valor guía de referencia de la NOAA.

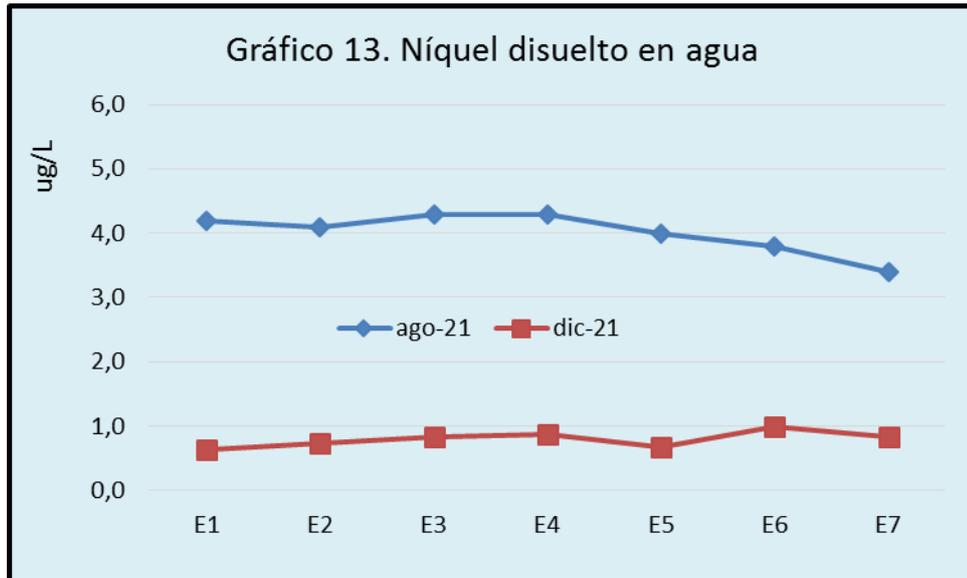
Es de destacar que los valores promedios máximos se encuentran en las estaciones más internas del estuario.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 494 registros desde el año 2002 oscilan entre no detectables y 3,09 $\mu\text{g/L}$ con un promedio de 2,04 $\mu\text{g/L}$, un máximo puntual de 48,62 $\mu\text{g/L}$ registrado en agosto del 2013 en la E5.

En línea general, los valores medios de cromo se encuentran dentro del rango histórico que disponemos para este ambiente.

Níquel

En ambas las campañas se detectaron valores de níquel disuelto, los cuales presentaron niveles que oscilaron entre 0,63 y 4,30 $\mu\text{g/L}$. Como puede verse en el gráfico 13, las concentraciones fueron homogéneas a lo largo de cada estación para cada campaña, mostrando concentraciones mayores en el mes de agosto.



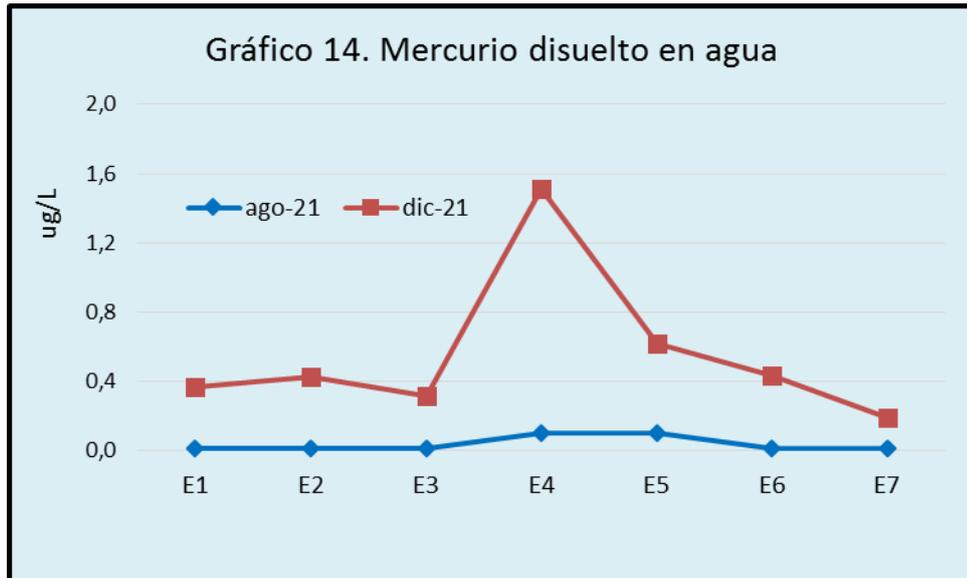
Ninguno de los valores superó los máximos niveles guía de referencia de la NOAA, ni para Exposición aguda ni crónica.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 389 registros desde el año 2002 oscilan entre no detectables y 1,75 $\mu\text{g/L}$ con un promedio de 1,15 $\mu\text{g/L}$, y un máximo puntual de 18,80 $\mu\text{g/L}$ registrado en diciembre del 2012 en la E6. Las concentraciones registradas en agosto estuvieron por encima de estos valores históricos.

Mercurio

Se registraron concentraciones de mercurio en el 64% de las muestras analizadas, restantes estuvieron por debajo del límite de detección.

Los valores de mercurio que se detectaron en este período variaron entre no detectables y 1,51 $\mu\text{g/L}$. La campaña de agosto presentó el mayor porcentaje de no detectables, mientras que en diciembre los valores se mostraron homogéneos excepto para el sitio E4, donde se alcanzó el máximo de concentración, como se observa en el gráfico 14.



El nivel guía de referencia de la NOAA, para "Exposición crónica" (0,94 $\mu\text{g/L}$), fue superado con el máximo obtenido en la E4 (1,51 $\mu\text{g/L}$), los de Exposición aguda no fueron superados.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 507 registros desde el año 2002 oscilan entre no detectables y 0,44 $\mu\text{g/L}$ con un promedio de 0,30 $\mu\text{g/L}$, y máximo puntual de 2,60 $\mu\text{g/L}$ registrado en agosto del 2008 en la E2.

Las concentraciones registradas en este período se encuentran dentro del mismo rango de concentraciones históricas.

En relación con las concentraciones de metales determinadas en el estuario, el CTE continúa con el monitoreo de fuentes probables de diferentes orígenes que aporten metales disueltos al estuario: industriales, subterráneas, cloacales, ríos, arroyos, y atmosféricas asociadas al material particulado sedimentable, en todas ellas, en general se detectan siempre concentraciones de metales. Cabe mencionar que estos elementos son propios de la corteza terrestre y pueden aparecer de manera natural en las fuentes analizadas, dificultando cuantificar el aporte antrópico de metales en un ambiente.

Metales en sedimento marino

El término sedimento se refiere a los depósitos en el fondo de los ecosistemas acuáticos compuestos de materiales de diversos tamaños, formas y mineralogía; originados de diferentes fuentes, terrígenas, biogénicas y autogénicas (*Canadian Council*, 1999).

El destino final y la ecotoxicología de los metales pesados en sistemas acuáticos dependen de varios aspectos fisicoquímicos y biológicos. La topografía, hidrología, biología y geología de las cuencas, así como los niveles de precipitación y el clima de la región determinan el amplio rango de condiciones químicas del agua. Además, la actividad humana agrega una cantidad de compuestos contaminantes que influyen en los sistemas acuáticos existentes. Sin embargo, uno de los principales procesos que controla la toxicidad de los metales es la afinidad y preferencia por los sólidos o la fase acuosa, cuando esta competencia favorece la fase acuosa - metal disuelto - la movilidad del metal y su potencial tóxico se incrementan.

La movilidad de los metales suele ser el resultado de procesos naturales y de las actividades del hombre, llegando estos metales a enriquecer los sedimentos marinos. También es importante considerar que las partículas suspendidas con contaminantes asociados pueden sedimentar a lo largo de los cursos de agua y convertirse en parte de los sedimentos, frecuentemente a algunos kilómetros de sus fuentes químicas de origen.

En general, los metales pesados, presentan concentraciones relativamente elevadas en los sedimentos superficiales de las zonas costeras explotadas por el hombre.

En los últimos años ha existido gran inquietud sobre el comportamiento de los metales pesados en los ambientes acuáticos, debido a su potencial peligro sobre una gran variedad de flora y fauna, como así también sobre la salud humana, ya que estos metales, a diferencia de otros compuestos tóxicos, no son biodegradables y pueden acumularse en los tejidos y concentrarse a lo largo de la cadena alimenticia.

Los metales son emitidos a la atmósfera, descargados sobre el suelo, en las aguas residuales y finalmente acumulados en los sedimentos. Por lo tanto, los sedimentos ofrecen *datos integrados en el tiempo* sobre las tendencias geográficas y temporales de las emisiones. Cuando existe una capacidad limitada de realizar los análisis de metales disueltos en los cursos de agua, es de utilidad estimar la calidad de un sistema natural mediante el análisis de los sedimentos.

Si bien no existen normas o niveles guía de referencia a nivel Nacional ni Provincial para sedimentos en el estuario de Bahía Blanca, y a efectos de realizar estimaciones comparativas, resultan de utilidad los indicadores de referencia establecidos por la NOAA.

En la Tabla B del ANEXO I – Estuario de Bahía Blanca (página 65) se presentan los valores de **TEL** (Threshold Effect Level); **ERL** (Effects Range-Low); **ERM** (Effects Range-Median) y **PEL** (Probable Effect Level) establecidos por la NOAA para los parámetros inorgánicos contenidos en sedimentos marinos superficiales. Estos indicadores ofrecen diferentes grados de protección para

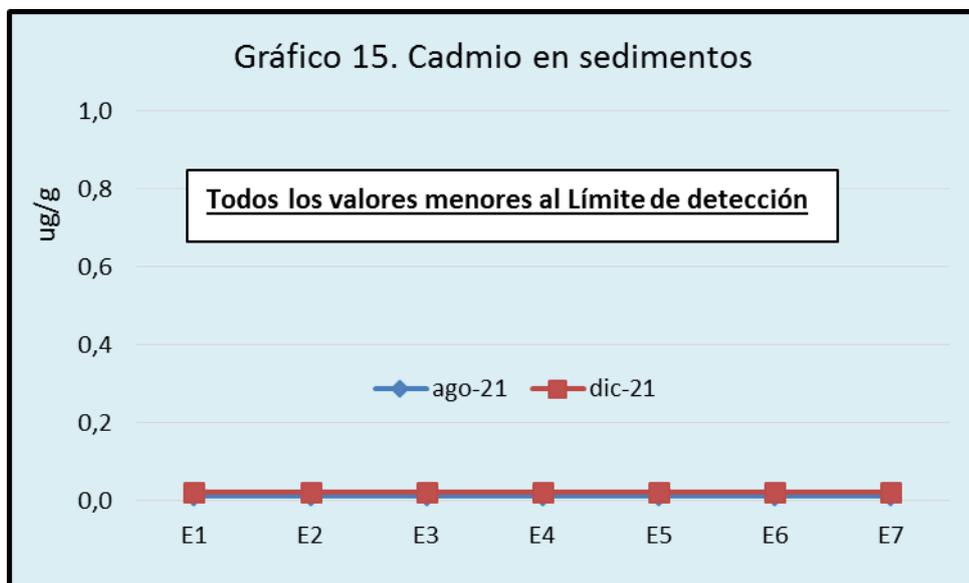
la vida acuática, y se fundamentan sobre bases de datos de composición química de sedimentos y en bases de datos de bioensayos de toxicidad.

Los niveles **TEL**, están considerados para proveer un alto nivel de protección para organismos acuáticos, e indica: concentraciones por debajo de las cuales, nunca o casi nunca se observan efectos biológicos negativos. Los niveles **ERL** indican concentraciones por debajo de las cuales los efectos adversos raramente ocurren. Por el contrario, los niveles **PEL** ofrecen una baja protección, e indican concentraciones por encima de las cuales los efectos adversos frecuentemente pueden ocurrir. Los **ERM** ofrecen también una muy baja protección, e indican concentraciones por encima de las cuales los efectos adversos frecuentemente ocurren.

Cadmio

En todas las estaciones de monitoreo y durante las dos campañas no se registraron concentraciones detectables de cadmio en los sedimentos superficiales.

En el gráfico 15, podemos observar los resultados obtenidos de cadmio y el valor medio histórico para este metal en sedimentos del estuario



Ningún valor supera los niveles guía de referencia de la NOAA.

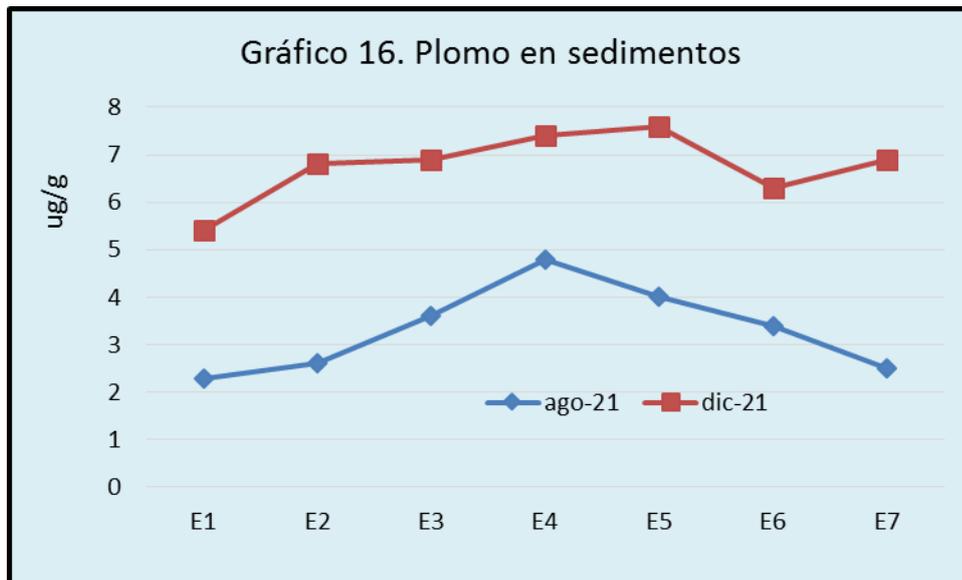
Los valores del 2021, han resultado ser de los más bajos detectados para este ambiente.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 484 registros desde el año 2002 oscilan entre no detectables y 0,67 $\mu\text{g/g}$ con un promedio de 0,52 $\mu\text{g/g}$, y un máximo puntual de 2,15 $\mu\text{g/g}$ registrado en diciembre del 2007 en la E7.

Las concentraciones registradas en este período se encuentran por debajo del rango de concentraciones históricas.

Plomo

Se detectó la presencia de plomo en los sedimentos superficiales en ambas campañas de monitoreo. Las concentraciones de plomo variaron entre los 2,3 y 7,6 $\mu\text{g/g}$, según se observa en el gráfico 16.



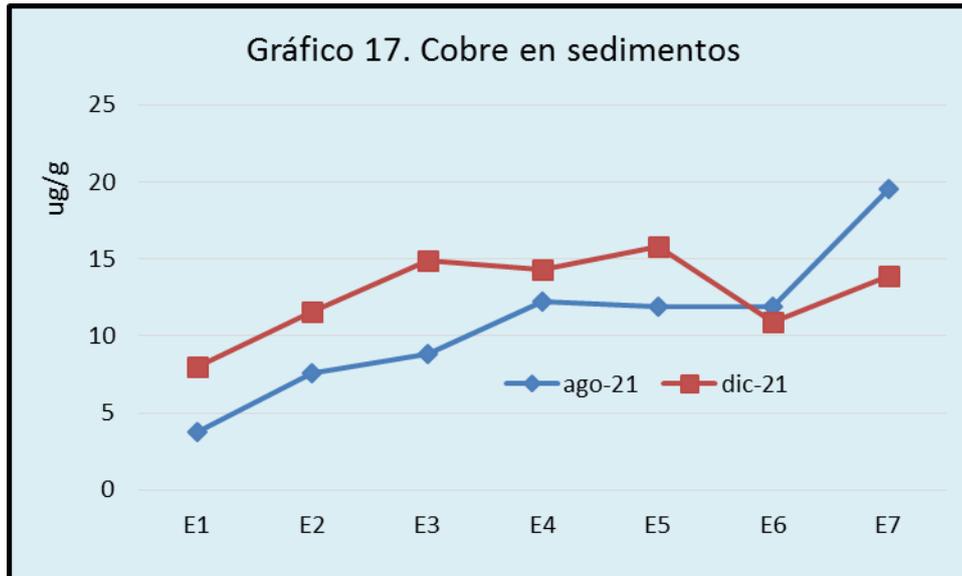
Todos los resultados obtenidos estuvieron por debajo de los niveles guías de referencia de la NOAA, incluso del que mayor protección ofrece, **TEL** establecido en 30,24 $\mu\text{g/g}$.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 496 registros desde el año 2002 oscilan entre 8,8 y 11,8 $\mu\text{g/g}$ con un promedio de 9,8 $\mu\text{g/g}$, y un máximo puntual de 42,0 $\mu\text{g/g}$ registrado en diciembre del 2007 en la E7.

Las concentraciones registradas durante este período, resultaron homogéneas a lo largo de la grilla de muestreo y están por debajo de los valores medios históricos mencionados.

Cobre

Se registraron concentraciones de cobre en los sedimentos superficiales muestreados en ambas campañas, que variaron entre 3,8 y 19,5 $\mu\text{g/g}$, como se observa en el gráfico 17.



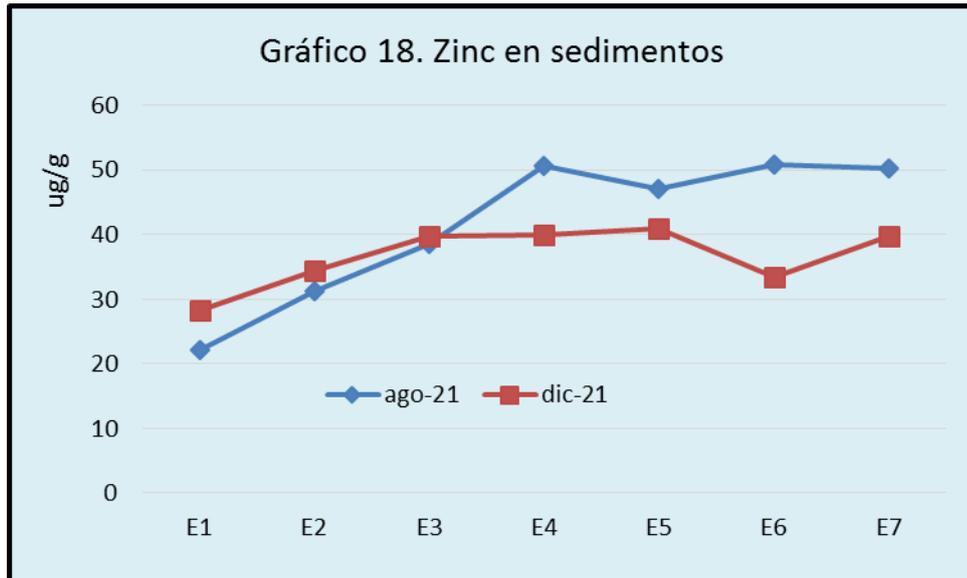
Con respecto a los valores de referencia de la NOAA, solo un valor, el registrado en la E7 durante la campaña de agosto (19,5 µg/g) superó el nivel TEL establecido en 18,7 µg/g.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 399 registros desde el año 2002 oscilan entre 7,6 y 16,8 µg/g, con un promedio de 13,8 µg/g, y un máximo puntual de 92,0 µg/g registrado en abril del 2015 en la E2.

Ambas campañas mostraron un comportamiento similar a las medias históricas, con un incremento hacia la zona interna del estuario.

Zinc

En el análisis de los sedimentos superficiales se detectó la presencia de zinc en ambas campañas, los valores determinados variaron entre 22,1 y 50,9 µg/g. El gráfico 18 muestra los resultados a lo largo de las estaciones de muestreo.



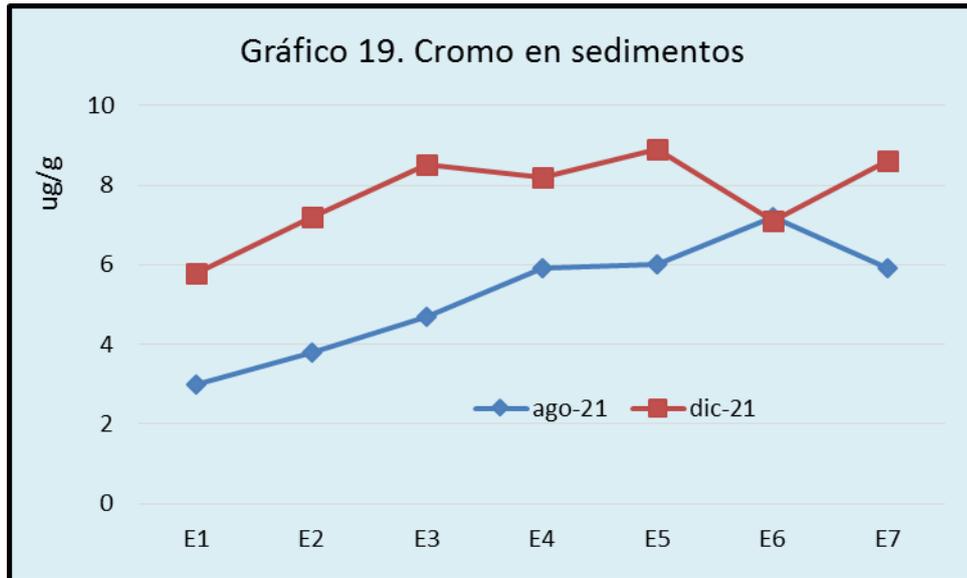
Con respecto a los valores de referencia de la NOAA, ningún valor supera los niveles establecidos de protección para organismos acuáticos.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 497 registros desde el año 2002 oscilan entre 30,3 y 43,4 $\mu\text{g/g}$ con un promedio de 39,5 $\mu\text{g/g}$, y un máximo puntual de 135,6 $\mu\text{g/g}$ registrado en junio del 2012 en la E6.

Los valores de este período se muestran similares a los registros medios históricos que se disponen para este ambiente.

Cromo

Se registraron concentraciones de cromo en los sedimentos superficiales muestreados en ambas campañas, los valores determinados variaron entre 3,0 y 8,9 $\mu\text{g/g}$, según el gráfico 19.



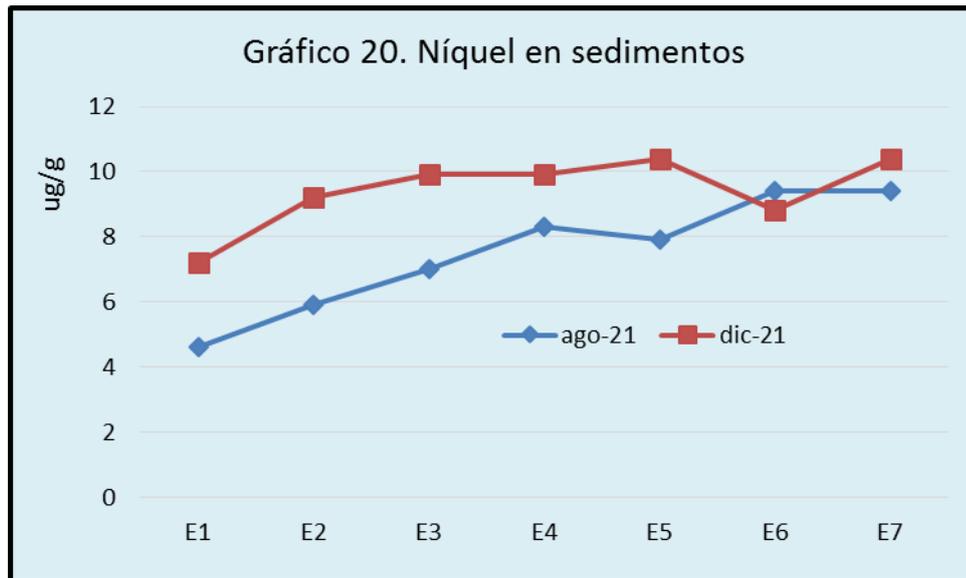
Respecto de los niveles de referencia de la NOAA, en ninguna oportunidad, los valores superaron el más exigente nivel de protección, **TEL** de 52,3 ug/g.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 448 registros desde el año 2002 oscilan entre 5,8 y 10,0 $\mu\text{g/g}$ con un promedio de 8,5 $\mu\text{g/g}$, y un máximo puntual de 22,4 $\mu\text{g/g}$ registrado en agosto de 2013 en la E5.

Ambas campañas se observan con incremento hacia la zona interna del estuario, asimismo están por debajo de los valores medios históricos.

Níquel

Se detectaron concentraciones de níquel en los sedimentos en ambas campañas, con valores que oscilaron entre 4,6 y 10,4 $\mu\text{g/g}$, con una distribución que muestra un incremento hacia la zona interna del área de monitoreo. La distribución de valores de níquel en sedimento se muestra en el gráfico 20.



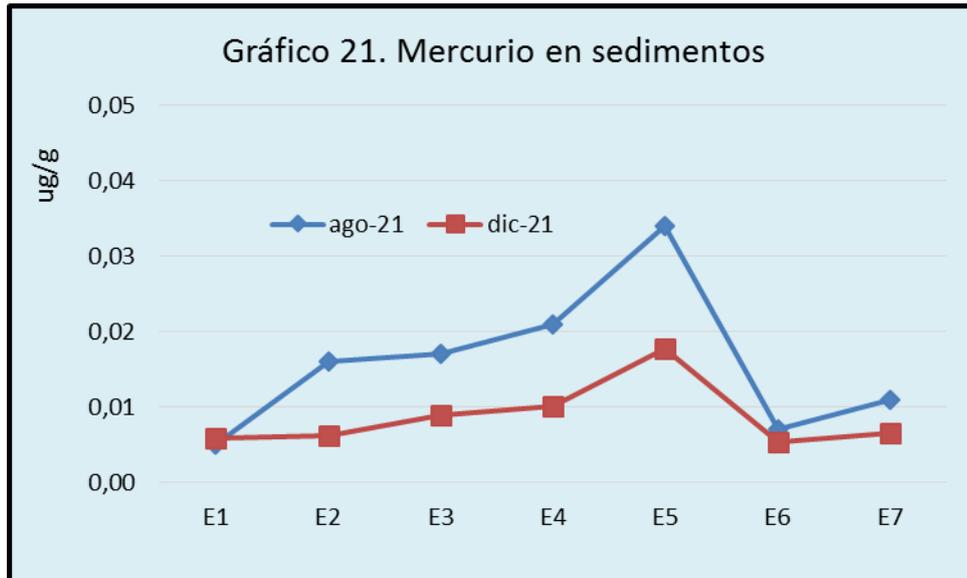
En referencia a los valores de la NOAA, en ninguna oportunidad los valores superaron el más exigente nivel de protección **TEL**, establecido en 15,9 ug/g.

En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 399 registros desde el año 2002 oscilan entre 7,3 y 10,7 $\mu\text{g/g}$ con un promedio de 9,8 $\mu\text{g/g}$, y un máximo puntual de 26,9 $\mu\text{g/g}$ registrado en diciembre de 2006 en la E7.

Los valores de este período se mostraron similares e inferiores a la media histórica registrada para este ambiente.

Mercurio

Se detectaron concentraciones de mercurio en los sedimentos en ambas campañas, con valores que oscilaron entre 0,005 y 0,034 $\mu\text{g/g}$, con una distribución homogénea a lo largo de los sitios de muestreo, que se observa en el gráfico 21.



Con respecto a los valores de referencia de la NOAA, ninguno de los valores obtenidos estuvo por encima de los valores guías, todos estuvieron casi un orden de magnitud por debajo del más exigente de los niveles (**TEL**) establecido en 0,13 $\mu\text{g/g}$.

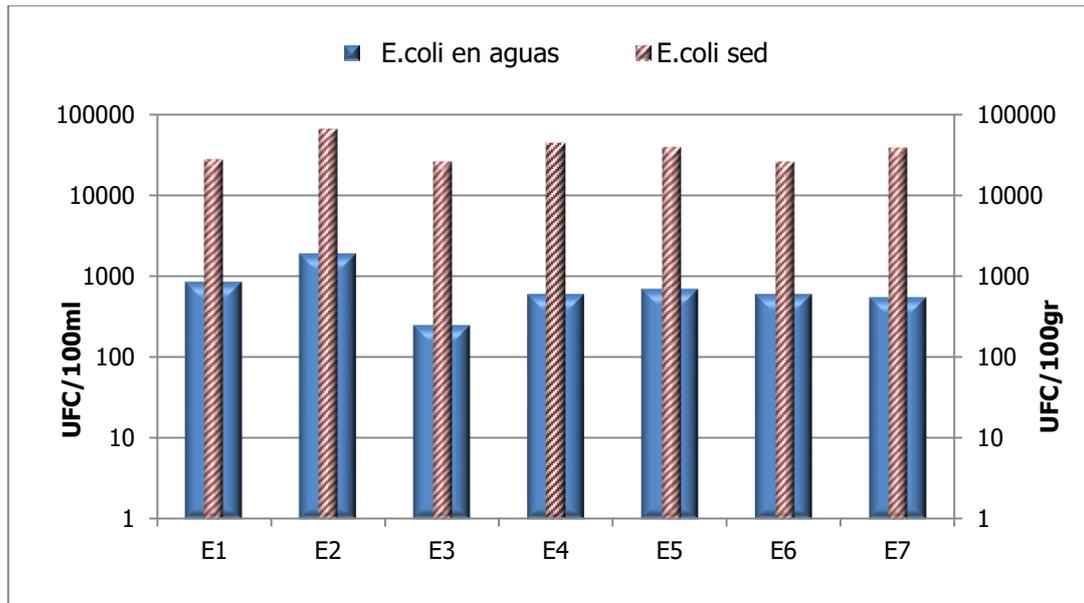
En toda el área de estudio, los valores medios determinados según 500 registros desde el año 2002 oscilan entre no detectables y 0,052 $\mu\text{g/g}$ con un promedio de 0,044 $\mu\text{g/g}$, y un máximo puntual de 0,47 $\mu\text{g/g}$ registrado en agosto del 2017 en la E7.

Los valores de este periodo resultaron inferiores a la media histórica registrada para este ambiente.

b. Microbiología

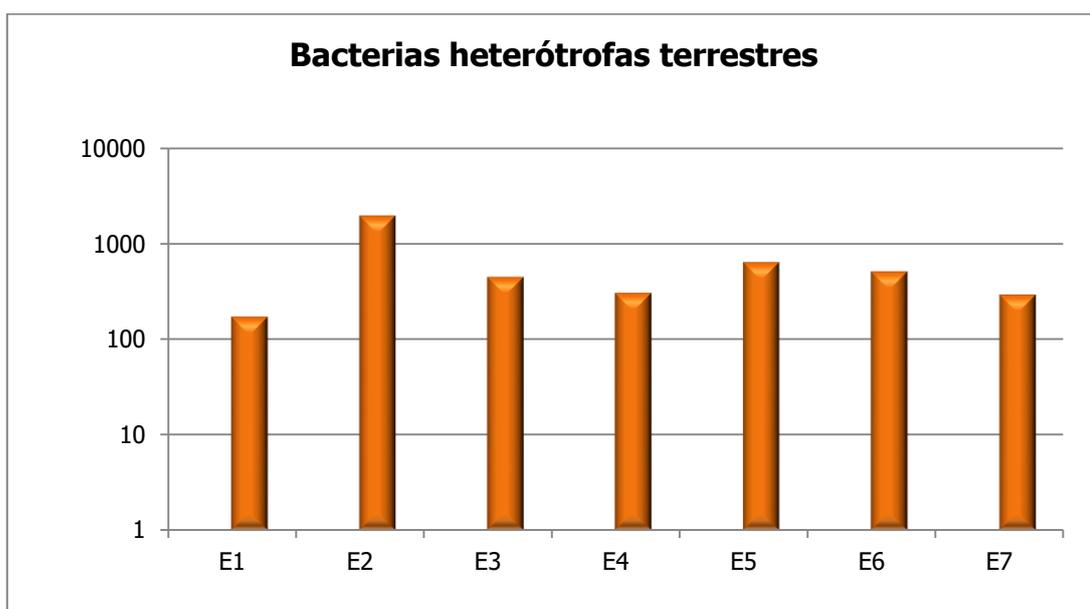
La presente sección tiene por objetivo determinar la distribución espacial de distintos grupos de bacterias utilizadas como indicadores de contaminación antrópica, en aguas y sedimentos de siete sitios del estuario de Bahía Blanca.

Análisis de *Escherichia coli* y bacterias heterótrofas terrestres en agua



Comparación de los recuentos de *E. coli* en aguas y sedimento de las estaciones de muestreo. Los recuentos en sedimentos se presentan por 100 g de sedimento seco y en agua por 100ml.

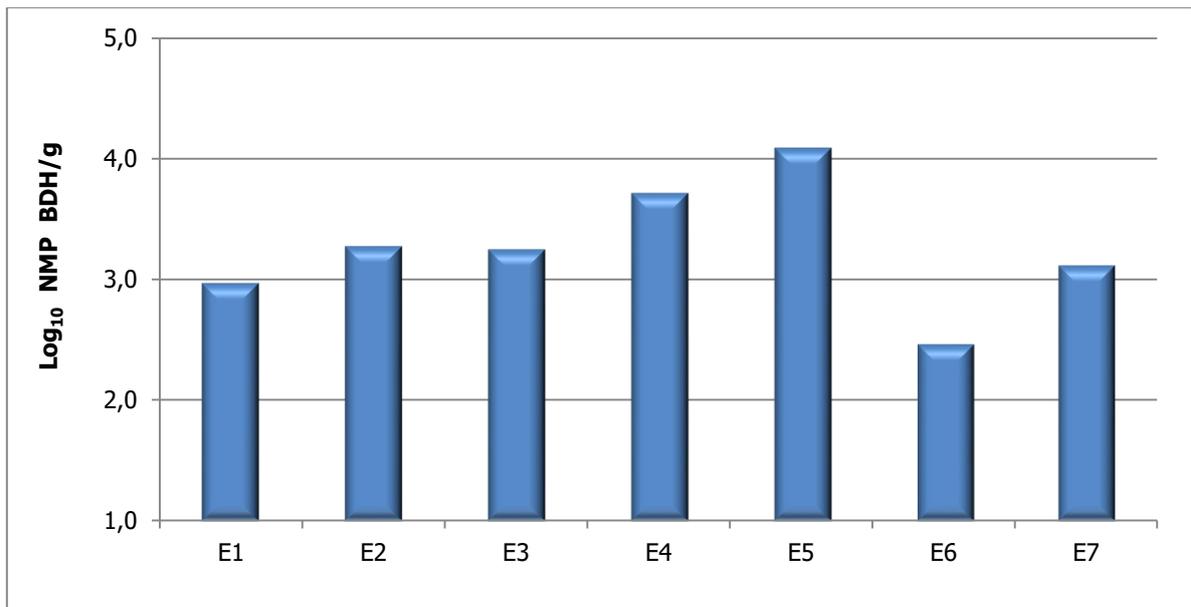
La estación de muestreo aledaña al vuelco de la cloaca para la primera cuenca, presenta los mayores recuentos de *E. coli* tanto en agua como en sedimento, como viene dándose en los muestreos anteriores. En los sedimentos, se ve la misma tendencia, pero suavizada ya que las bacterias se acumulan en el sedimento, donde persisten más tiempo, como reservorios más estables. El estuario no es el hábitat natural de *E. coli*, la continua presencia de las mismas y en altas concentraciones, es indicio de aporte continuo al estuario.



Distribución espacial de las poblaciones de bacterias heterótrofas terrestres.

La estación de monitoreo aledaña a la cloaca principal de Bahía Blanca y en cercanía de la desembocadura del arroyo Napostá Grande, es donde se ve un pico de bacterias heterótrofas terrestres. Dado el caudal de estos vuelcos con aporte de bacterias y materia orgánica, el consiguiente aumento de las poblaciones heterotróficas que se desarrollan a expensas de la misma.

Determinación de bacterias degradadoras de hidrocarburos en sedimentos



Valores medios de bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH) en sedimentos. Los resultados son expresados como la medias del log₁₀ NMP BDH por gramo de sedimento seco.

Los valores de este muestreo se encuentran dentro de los reportados en los estudios anteriores. En la zona aledaña al vuelco del canal colector del polo los valores de bacterias degradadoras de hidrocarburos acumuladas en sedimentos, son mayores que en el resto de los puntos muestreados; seguida por las detectadas en puerto Galván, poniendo de manifiesto el impacto antrópico de dichas zonas.

1.4 Conclusiones generales

a. Parámetros oceanográficos y nutrientes

Parámetros oceanográficos

La distribución horizontal de los parámetros fisicoquímicos presentó –en general– una tendencia homogénea, sin alteraciones a lo largo de la grilla de muestreo, lo que permite sostener que desde el punto de vista oceanográfico esta zona funciona como una unidad.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos estructurales del sistema, la temperatura presentó una tendencia de distribución similar a la descrita históricamente, pero con algunas variaciones en sus niveles, que indican un lento calentamiento del sistema.

Los valores de pH variaron entre 7,6 y 8,7 upH, con un promedio anual de 8,1 upH, y son similares a los valores medios históricos (MH) informados.

No existieron variaciones de turbidez y oxígeno disuelto, y ambos parámetros se comportaron de manera similar a los históricos registrados. Ninguno de los valores de oxígeno estuvo por debajo de las concentraciones estresantes para la biota.

Nutrientes inorgánicos

Los valores obtenidos de nutrientes inorgánicos, se encuentran dentro de los rangos históricos informados para este ambiente destacándose en este informe menores concentraciones de amonio que las informadas en el periodo Julio 2017 a Junio 2018, manteniéndose en ambas fechas de muestreo por debajo de los límites de los niveles guía internacionales (USEPA, 1999 y ANZECC/ARMCANZ, 2000) de 55 μM y 65 μM respectivamente, en todos los sitios, siendo el máximo valor de 12,78 μM en E2 en agosto.

b. Sustancias potencialmente contaminantes

Metales disueltos en agua

Se detectaron concentraciones de metales pesados disueltos en agua de mar durante todas las campañas y estaciones de monitoreo.

Las concentraciones anuales promedio de cadmio y plomo se mostraron similares a los registros históricos.

Las concentraciones de zinc, cromo y níquel tuvieron un comportamiento similar, con valores promedios similares a los registros históricos, pero la campaña de agosto estuvo por encima de esa media general.

El cobre mostró las mayores variaciones, con una campaña en agosto con valores similares a los históricos registrados, pero en la campaña de diciembre con valores excepcionalmente altos en las estaciones E3, E4, E5 y E6.

Las concentraciones de mercurio se mostraron similares a las medias históricas registradas, con un valor alto en la E4 que supera el valor medio para este ambiente.

Con respecto a los niveles guías de referencia de la NOAA, ninguna de las concentraciones de cadmio, plomo, zinc y níquel superaron los niveles. Para mercurio, solo el valor de la E4 en diciembre superó el umbral, y respecto de cobre, el 86% de los valores obtenidos en el 2021, estuvieron por encima de los valores de referencia NOAA.

Metales en sedimentos

Se detectó la presencia de metales en los sedimentos de todas las campañas y en todas las estaciones muestreadas, excepto para el cadmio que mostró los valores más bajos históricos registrados.

En líneas generales, las concentraciones de los metales evaluados estuvieron en el mismo orden que los históricos registrados para este ambiente, o incluso ligeramente inferiores.

En ninguna oportunidad, los valores de cadmio, plomo, cromo, níquel, zinc, y mercurio superaron los niveles de referencia de la NOAA. Solo un valor de cobre superó los niveles guía de la NOAA.

c. Microbiología

Los estudios microbiológicos demuestran el impacto antrópico que recibe la zona interna del estuario de Bahía Blanca, evidenciado por el aumento en el número de bacterias indicadoras de contaminación fecal y heterótrofas, principalmente en las estaciones de muestreo cercanas al vuelco final de cloaca y de degradadoras de hidrocarburo en la zona aledaña a la descarga del canal del polo y posta de inflamables. La contaminación fecal es un peligro asociado con el uso de las aguas, por ello el tratamiento de los efluentes cloacales previo a su volcado al estuario constituye una medida fundamental para preservar el cuerpo receptor y mantener la salubridad asociada.

2 Bioindicadores costeros: Ostras

La ostra del Pacífico, *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) también conocida como *Crassostrea gigas* es una especie exótica, en 1981 en Argentina fue introducida en Bahía Anegada (Provincia Buenos Aires) con fines de acuicultura debido a su rápido crecimiento y su tolerancia a un amplio rango de condiciones ambientales, desde donde se ha expandido.

En 2010, Dos Santos y Fiori⁴, reportan por primera vez la presencia de *Crassostrea gigas* en el estuario de Bahía Blanca a partir de entonces se la ha hallado cada vez con mayor frecuencia y hoy ya está ampliamente distribuida en casi cualquier sustrato duro sumergido.

Estos moluscos bivalvos son filtradores y pueden bioacumular sustancias tóxicas, como metales, agroquímicos, hidrocarburos, fitotoxinas, bacterias y virus potencialmente peligrosos para el hombre. Aunque la bioacumulación de microorganismos es pasiva y muchas veces inocua para los moluscos, los microorganismos se pueden acumular en diferentes órganos y tejidos del bivalvo donde permanecen estables durante largos períodos de tiempo. Muchos moluscos son consumidos crudos o poco cocidos y en consecuencia los microorganismos pueden llegar viables a los consumidores siendo capaces de producir enfermedad⁵.

Internacionalmente, los organismos reguladores de la calidad de los alimentos establecen valores límites de metales pesados y microorganismos presentes en moluscos que aseguran la calidad para su consumo. Entre los microorganismos se regula la presencia del principal indicador de contaminación, *Escherichia coli*, y de patógenos como *Salmonella* spp. y *Vibrio* spp.

El objetivo de este programa es evaluar la dinámica del contenido de metales en tejido blando de ostra *Crassostrea gigas*, la cuantificación de indicadores microbiológicos y determinar la presencia de microorganismos críticos en muestras del estuario.

2.1 Muestreo

Durante el 2020 solo se realizó el muestreo de verano, los muestreo que usualmente se efectúan en invierno y primavera se suspendieron debido al confinamiento y las restricciones en el marco de la pandemia Covid-19. En el muestreo del verano además de los sitios del estuario de Bahía Blanca se muestreó una estación prístina alejada del impacto urbano e industrial en el balneario Los Pocitos, en Bahía Anegada, la cual está clasificada por la provincia de Buenos Aires para producción y

⁴ Dos Santos EP y Fiori SM. 2010. Primer registro sobre la presencia de *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (Bivalvia: Ostreidae) en el estuario de Bahía Blanca (Argentina). Comunicaciones de la Sociedad Malacologica del Uruguay, 9: 245 – 252.

⁵ Costagliola M, Malaspina A, Guerrero R, Ma D, Odizzio M, Abelenda A y De Kereki C. 2000. Estudio de la presencia de *Vibrio cholerae* en la Zona Común de Pesca Argentina-Uruguay. Período 1992-1996. Frente Marítimo, 18: 53-58.

comercialización de moluscos bivalvos AR-BA 001 según resolución 39/07, por lo tanto es controlada por el SENASA, al contrario de lo que sucede en el estuario de Bahía Blanca que no está clasificado.

2.1.1 Estaciones de Muestreo

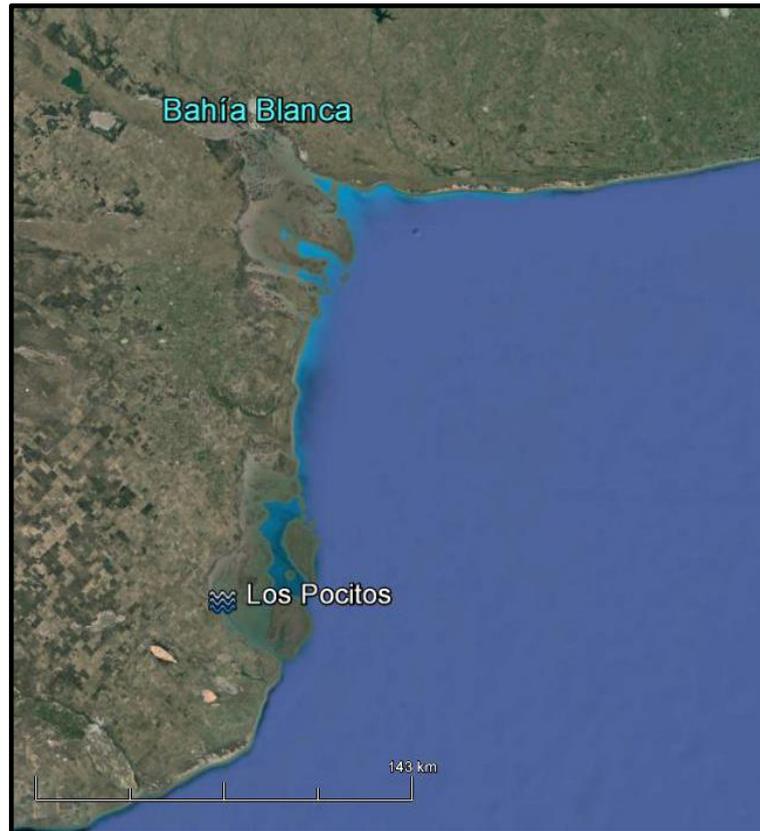
Se muestreó en tres muelles del estuario de Bahía Blanca y en una bahía aledaña al mismo. Las estaciones de muestreo se ubican en:

Estaciones del muestreo de ostras			
	Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste
G	Ing. White (Club Náutico BB)	38°47'22,83"	62° 16' 46,58"
H	Gral. Cerri (Puerto Cuatrerros)	38°45'0,97"	62° 22' 49,98"
I	Villa del Mar (Club Náutico Punta Alta)	38°51'26,56"	62° 07' 2,51"
LP	Bahía Anegada (Balneario Los Pocitos)	40°25'45,78"	62° 25' 18,45"

Estos puntos de muestreo se ubican, a continuación, en dos mapas:



- Mapa del Estuario de Bahía Blanca, indicando las estaciones de muestreo de ostras.



- Mapa ubicando al Balneario Los Pocitos, punto de muestreo considerado como background.

2.1.2 Toma de Muestras

Los muestreos fueron realizados por personal del Comité Técnico Ejecutivo. Se tomaron muestras de ostras, sedimento y agua asociados a ellas. Al agua se le midió *in situ*, pH, temperatura, conductividad y turbidez con medidor multiparamétrico HORIBA.

Para realizar los análisis microbiológicos se colectaron muestras de sedimento y agua de mar subsuperficial en frascos plásticos estériles y de ostras en bolsas de nylon estériles. Se transportaron las muestras refrigeradas y se entregaron inmediatamente a personal del laboratorio de microbiología de la UNS.

Las muestras destinadas a determinación de metales se colectaron y guardaron con elementos plásticos y se transportaron refrigeradas hasta el laboratorio del CTE. Allí se midieron las ostras (alto y largo), se separó el material blando de las valvas, se formaron pooles de ostras los que se pesaron y acondicionaron junto al agua y sedimento hasta su derivación.

2.2 Determinaciones

2.2.1 Biometría

Se realizaron mediciones a las valvas de las ostras muestreadas con calibre milimetrado y se pesaron las muestras de tejido blando junto al líquido intervalvar, con balanza.

2.2.2 Metales

Las muestras de ostras, agua de mar y sedimento, fueron derivadas al Laboratorio de Análisis Químico (LANAQUI)–CERZOS/UNS para la determinación de metales pesados en las tres matrices. El tratamiento de las muestras de ostras y las determinaciones se realizaron bajo norma EPA SW-3052, 200.7, SM 3500 y JIS K 0094. Se utilizaron estándares certificados Chem-Lab, Zedelgem B-8210, Bélgica. Los metales a determinar fueron: Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni y Zn (las determinaciones de Hg en agua y sedimento se realizaron el CTE). Los resultados de metales en tejido blando de ostra, se compararon con los límites de metales considerados como aceptables para el consumo humano en bivalvos, según el Código Alimentario Argentino (CAA) y la resolución SAGPyA 829/2006 del Servicio Nacional de Sanidad Animal de Argentina (SENASA). El SENASA fija como límite de Cadmio, Plomo y Mercurio la concentración en tejido de ostra de 1 ppm, 1 ppm y 0,5 ppm respectivamente. Mientras que el Código Alimentario Argentino (Capítulo III, art 156) fija como límites para moluscos bivalvos: Cadmio: 2 ppm, Cobre: 10 ppm, Mercurio: 0,5 ppm, Plomo: 1,5 ppm, Zinc: 100 ppm. Los metales que no están normados en la legislación argentina se los comparó con los límites de la Food and Drugs Administration (FDA)⁶, como ser el Cromo: 13 ppm y el Níquel: 80 ppm.

Con motivo del cierre de la UNS por la pandemia Covid-19, las muestras de 2020 no fueron analizadas.

2.2.3 Microbiológicos

Las muestras de ostras, agua de mar y sedimento, fueron derivadas al Laboratorio de Microbiología General de la UNS para la determinación de *Escherichia coli* (en las tres matrices), *Enterococcus* (en sedimento y agua), *Vibrio* spp (en agua y ostras) y *Salmonella* spp (en ostras).

Los resultados de indicadores fecales en ostras, se compararon con los límites considerados como aceptables para el consumo humano en bivalvos. En Argentina, la legislación al respecto es la Resolución (SAGPyA) 829/06 (que modifica el numeral 23.24 del Decreto 4238/68 del SENASA) establece que los moluscos para consumo humano, para ser comercializadas directamente deben contener menos de 230 *E. coli* por cada 100 grs de carne y líquido intervalvar y ausencia de *Salmonella* spp. en 25 grs. Si bien la normativa para el consumo interno no exige la búsqueda de

⁶ Food and Drugs Administration (FDA). 1997. HACCP Guidelines. US Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Vibrio, la FDA y la EPA marcan niveles seguros en regulaciones y guías⁷, así como varios mercados extranjeros (MINCETUR⁸, 2010) que establecen como requisito para la importación de moluscos bivalvos, la ausencia de ciertas especies de *Vibrio* en 30 grs de carne de ostras. Por su lado en agua, contrastamos las determinaciones con los valores de la Resolución ADA N° 42/2006 que establece como límite de referencia para *Enterococcus* en agua marina de uso recreativo un valor de 35 colonias/100 ml, este límite coincide con el internacional para aguas de contacto primario dado por la U.S.E.P.A⁹.

La metodología utilizada por el Laboratorio de Microbiología General de la UNS para cada determinación esta detallada en el informe final presentado según convenio.

2.3 Resultados

Las mediciones de parámetros fisicoquímicos medidos in situ en agua dieron valores normales para el lugar y la época del año, los mismos se presentan en la siguiente tabla:

Fecha	Lugar	pH (upH)	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	Turbidez (NTU)
Verano 2020	Los Pocitos	8,4	23,3	61,4	430
	Villa del Mar	8,3	21,4	67,8	230
	Ing. White	8,2	22,6	68,8	111
	Cuatreros	8,2	21,9	71,8	159
Verano 2021	Los Pocitos	7,8	17,8	57,4	106
	Villa del Mar	8,1	n/d	65,5	198
	Ing. White	7,7	22	63,7	107
	Cuatreros	8,0	23,4	65,9	243
Invierno	Villa del Mar	8,2	10,5	62,9	520
	Ing. White	8,2	11,5	58	31,8

⁷ Food and Drugs Administration (FDA). 2011. Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance - Fourth Edition. US Department of Health and Human Services, Center for Food Safety and Applied Nutrition, FDA.

⁸ Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). 2010. Guía de requisitos sanitarios y fitosanitarios para exportar alimentos a la Unión Europea. Lima, Perú. 31p.

⁹U.S. EPA 2012. Water Quality Standards Handbook. Second edition. EPA-823-B-12-002.



2021	Cuatreros	8,4	8,6	58,8	27,1
Primavera 2021	Villa del Mar	7,5	n/d	59,7	108
	Ing. White	7,6	17,7	61,9	227
	Cuatreros	7,7	17,6	59,2	320

Los resultados correspondientes a datos biométricos de las ostras y análisis microbiológicos del tejido blando de ostras, agua y sedimentos, se presentan en los siguientes apartados.

2.3.1 Datos biométricos

Los individuos muestreados son medidos para generar una base de datos que permita caracterizar a las ostras que se asientan en el estuario de Bahía Blanca. Los datos biométricos de las ostras colectadas en cada lugar son:

	Período	Lugar	Número de individuos/pool	Peso promedio por individuo (grs)	Relación promedio Alto/Largo	Peso Relativo (grs/cm ³)
2020	Verano	Villa del Mar	22	10,9	1,17	0,15
		Ing. White	22	10,6	1,58	0,16
		Cuatreros	22	10	1,60	0,15
2021	Verano	Villa del Mar	19	12,02	1,19	0,15
		Ing. White	23	8,6	1,73	0,15
		Cuatreros	22	10,7	1,76	0,12
	Invierno	Villa del Mar	21	10,4	1,29	0,14
		Ing. White	21	12,1	1,64	0,19
		Cuatreros	22	11,1	1,84	0,19
	Primavera	Villa del Mar	21	12,4	1,27	0,17
		Ing. White	21	13,6	1,38	0,18
		Cuatreros	21	11,8	1,51	0,15
Promedio histórico		Los Pocitos	160	11,39	1,50	0,16

2.3.2 Metales

Debido a la pandemia y el cierre de los laboratorios de la UNS, las muestras de agua, sedimento y otras enviadas a LANAQUI el 2020, no fueron analizadas. Se presentan los resultados de 2021:

• Agua

Las ostras filtran el agua que las circundan y los metales disueltos y particulados son incorporados y acumulados en sus tejidos. Se realiza la detección de metales en el agua a fin de estudiar la acumulación de los mismos en cada compartimento del sistema (agua-ostra-sedimento).

Se determinó la concentración de metales en el agua de mar total lindante a las ostras de ambas estaciones de monitoreo y de Los Pocitos. Esta última se promedia con las realizadas desde 2015, utilizándose ese promedio como background. A continuación, se tabulan los resultados expresados en µg/L:

Lugar	fecha	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
LP (Los Pocitos)	verano	0,70	< LD	3,4	< LD	0,8	0,21	0,9
H (Cuatros)	verano	0,80	0,51	3,2	< LD	1,3	0,65	2,7
	invierno	0,08	3,60	6,5	< LD	3,8	0,46	8,8
	primavera	0,70	0,74	3,9	< LD	2,0	0,91	16,2
G (Ing. White)	verano	1,50	0,33	2,9	< LD	2,1	1,30	2,2
	invierno	0,08	3,60	9,2	1,01	3,2	1,28	10,5
	primavera	0,13	0,30	4,2	0,69	1,1	0,18	3,9
I (Villa del Mar)	verano	0,90	< LD	3,1	< LD	0,2	1,90	0,8
	invierno	0,09	4,80	9,9	< LD	3,8	0,32	15,0
	primavera	0,05	0,25	3,1	< LD	0,9	0,12	3,8
Promedio 2015/2021		0,18	0,56	5,4	0,32	1,0	0,69	2,6
Rango 2015/2021		0,03-1,5	0,025-4,8	0,3-16	0,03-3,64	0,19-5,2	0,12-1,9	0,09-16,2
Background (LP)		0,17	0,36	3,7	0,15	0,4	0,45	1,0

Valores promedio correspondientes a 5 réplicas independientes (desvío estándar < 3,5%)

LD: Límite de detección.

En todas las muestras de agua se detectó la presencia de los metales analizados, a excepción del mercurio y el cromo que no se detectó en Los Pocitos. En el estuario el mercurio solo se detectó en dos muestras de Ing. White y el cromo no se detectó en la muestra de verano de Villa del Mar.

Las determinaciones se realizaron sobre el agua entera, sin filtrar. Es por ello que no se pueden comparar con otras determinaciones realizadas en otros monitoreos o con los límites de referencia de la NOAA, que se realizan sobre la fracción disuelta.

● Sedimentos

Se determinaron los niveles de metales en los sedimentos asociados a las ostras de ambas estaciones de monitoreo y de Los Pocitos.

Al no existir normas o niveles guía de referencia nacionales ni provinciales para sedimentos, se utilizan los indicadores de referencia TEL y ERL establecidos por la NOAA (SQiRTs) para sedimentos marinos, para hacer comparaciones.

A continuación, se tabulan los resultados expresados en ppm de peso seco:

Lugar	fecha	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
LP (Los Pocitos)	verano	< LD	4,7	6,0	0,014	2,7	1,7	23
H (Cuatreritos)	verano	< LD	10,7	14,2	< LD	11,0	3,0	59
	invierno	< LD	6,7	13,6	0,025	9,1	4,3	56
	primavera	< LD	7,6	12,2	0,012	7,9	2,0	45
G (Ing. White)	verano	< LD	10,7	15,8	< LD	10,9	3,5	66
	invierno	< LD	6,9	14,8	0,030	9,2	4,7	59
	primavera	< LD	10,7	16,3	0,023	10,2	2,8	61
I (Villa del Mar)	verano	< LD	9,3	13,5	< LD	8,8	4,0	49
	invierno	< LD	4,8	9,3	0,024	6,4	4,3	38
	primavera	< LD	11,8	15,8	0,024	10,7	3,3	63
TEL		0,676	52,3	18,7	0,13	15,9	30,24	124
ERL		1,2	81	34	0,15	20,9	46,7	150
Promedio 2015/2021		0,30	7,8	14,3	0,029	6,8	4,1	43
Rango 2015/2021		0,21-0,34	0,82-16	2,3-23	0,005-0,21	2-11,7	0,7-13	7-146
promedio background		0,08	4,0	6,4	0,007	4,3	1,8	19

Valores promedio correspondientes a 5 réplicas independientes (desvío estándar < 3,5%)

LD: Límite de detección.

En todos los monitoreos, como viene sucediendo, no detectado fue el Cd (LD=0,1 ppm) ni mercurio en las muestras de verano, los demás si se hallaron. En ninguna muestra se superó el nivel más exigente de protección de la vida acuática "threshold effects level" (TEL), propuesto por la NOAA y los valores se encuentran dentro del rango histórico del estuario.

● Ostras

Se determinaron los niveles de metales en los diferentes pools de ostras, obteniendo los siguientes resultados expresados en ppm de peso húmedo:



Lugar	fecha	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
LP (Los Pocitos)	verano	0,241	0,29	22	< LD	0,13	0,06	69
H (Cuatrerros)	verano	0,085	0,08	30	< LD	0,11	0,14	111
	invierno	0,440	0,07	35	< LD	0,11	0,05	102
	primavera	0,290	0,07	27	< LD	0,09	0,05	80
G (Ing. White)	verano	0,147	0,11	40	< LD	0,13	0,17	184
	invierno	0,410	0,08	38	< LD	0,11	0,03	114
	primavera	0,290	0,07	27	< LD	0,09	0,11	104
I (Villa del Mar)	verano	0,208	0,09	65	< LD	0,11	0,02	193
	invierno	0,450	0,17	52	< LD	0,17	0,02	110
	primavera	0,390	0,10	36	< LD	0,09	0,06	70
CAA		2	-	10	0,5	-	1,5	100
SENASA		1	-	-	0,5	-	1	-
FDA		4	13	-	1	80	1,7	-
Promedio 2015/2021		0,377	0,082	47	0,009	0,10	0,06	138
Rango 2015/2021		0,01-0,87	0,03-0,29	16-103	0,008-0,041	0,03-1,16	0,01-0,17	28-389
promedio background		0,482	0,11	26	0,011	0,08	0,05	58

El SENASA es el organismo que controla las zonas clasificadas por la provincia para la extracción de moluscos bivalvos. El SENASA regula el manejo y control de la explotación y comercialización de moluscos bivalvos destinados para consumo humano, según la Res SAGPYA N° 829/06, numeral 23.24. Los metales controlados son Cd, Hg y Pb, cuyas concentraciones límite nunca han sido superadas en este monitoreo.

Para comparar el resto de los metales se buscó en el CAA y allí se encontraron límites para Cu y Zn en alimentos generales (art. 156 Res. 1546/85), siendo las concentraciones de Cu y muchas de las de Zn en ostras, superiores a estos. Estos dos metales no fueron considerados en la modificatoria de la Res. N° 12/11 del MERCOSUR 2012 que discrimina valores para moluscos bivalvos. Internacionalmente, la FDA tampoco fija límites admisibles de Cu y Zn para moluscos bivalvos. Estos dos metales presentaron mayor concentración en ostras de Cuatrerros, con respecto a años anteriores.

Por otro lado, el contenido de Cr y Ni no están legislados a nivel nacional y la FDA fija como límite superior admisible en moluscos bivalvos 13 y 80 ppm respectivamente, siendo estas concentraciones mucho mayores a las encontradas en el estuario de Bahía Blanca. Este año fue llamativo encontrar que el Cr en las ostras de Los Pocitos fue mayor a las del estuario, dato a seguir evaluando en años subsiguientes.

En todos los monitoreos del 2021, el único metal que no se detectó fue el Hg (LD=0,01 ppm) en ninguna estación ni momento del año, los demás si se hallaron dentro del rango histórico del estuario.

- **Asociación de cada metal con las distintas matrices**

En el ANEXO I-Estuario de Bahía Blanca, páginas 66–70 se presentan los gráficos con los resultados de la concentración de cada metal analizado en el tejido de ostras, en paralelo a los del agua y del sedimento que la circundan. Se utiliza como background el promedio de las determinaciones de metales en ostras provenientes de Los Pocitos realizadas desde 2015.

Se puede observar que el Ni en muchas muestras de las tres matrices es mayor al promedio del estuario. El Cd en las muestras de agua del verano es mayor al promedio del estuario, particularmente en Ing. White fue máximo. El Hg y Pb en sedimento han disminuido respecto al promedio en todo el estuario. El Hg en agua solo fue detectado en Ing. White. El Cr, Cu y en mayor magnitud el Zn en el agua en el muestreo de invierno, se vieron incrementados respecto al promedio del estuario y a años anteriores.

Con los datos de concentración de cada metal en las distintas matrices generados desde 2013 se observan dos grandes tendencias o patrones, según donde se acumulan los metales en los distintos compartimentos del sistema o matrices

- **Comparación entre las concentraciones de metales en tejido blando de ostras del estuario de Bahía Blanca y las publicadas para otros lugares del mundo.**

A fin de conocer como es nuestra situación acerca de los metales pesados en tejido blando de ostras, respecto de las informadas en otros lugares, se realizó una búsqueda bibliográfica, para tener como referencia a otros estuarios y/o ambientes similares al de nuestro estudio.

En la tabla 1 del ANEXO I-Estuario de Bahía Blanca, página 71, se detallan los resultados de algunas de las publicaciones seleccionadas para este análisis comparativo. Al final se puntualiza un promedio mundial para cada metal y los valores aproximados propuestos por Cantillo¹⁰ como indicadores de contaminación en ostras, en un informe de la NOAA (1997) realizado en base de datos del programa de seguimiento mundial de mejillones, que incluye a las ostras. Debido al origen de estos valores umbrales de contaminación, su uso es útil cuando se los quieren comparar con monitoreos globales.

¹⁰Cantillo A.Y., (1997) World Mussel Watch database. U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Coastal Monitoring and Bioeffects Assessment Division. NOAA technical memorandum NOS ORCA 109, 198 pp.

A pesar de ello, para sondear nuestros resultados, los utilizaremos, ya que los únicos datos locales y zonales al respecto son los que, a partir de 2013, estamos generando desde el CTE.

Del análisis surgen las mismas consideraciones que se venían observando años atrás:

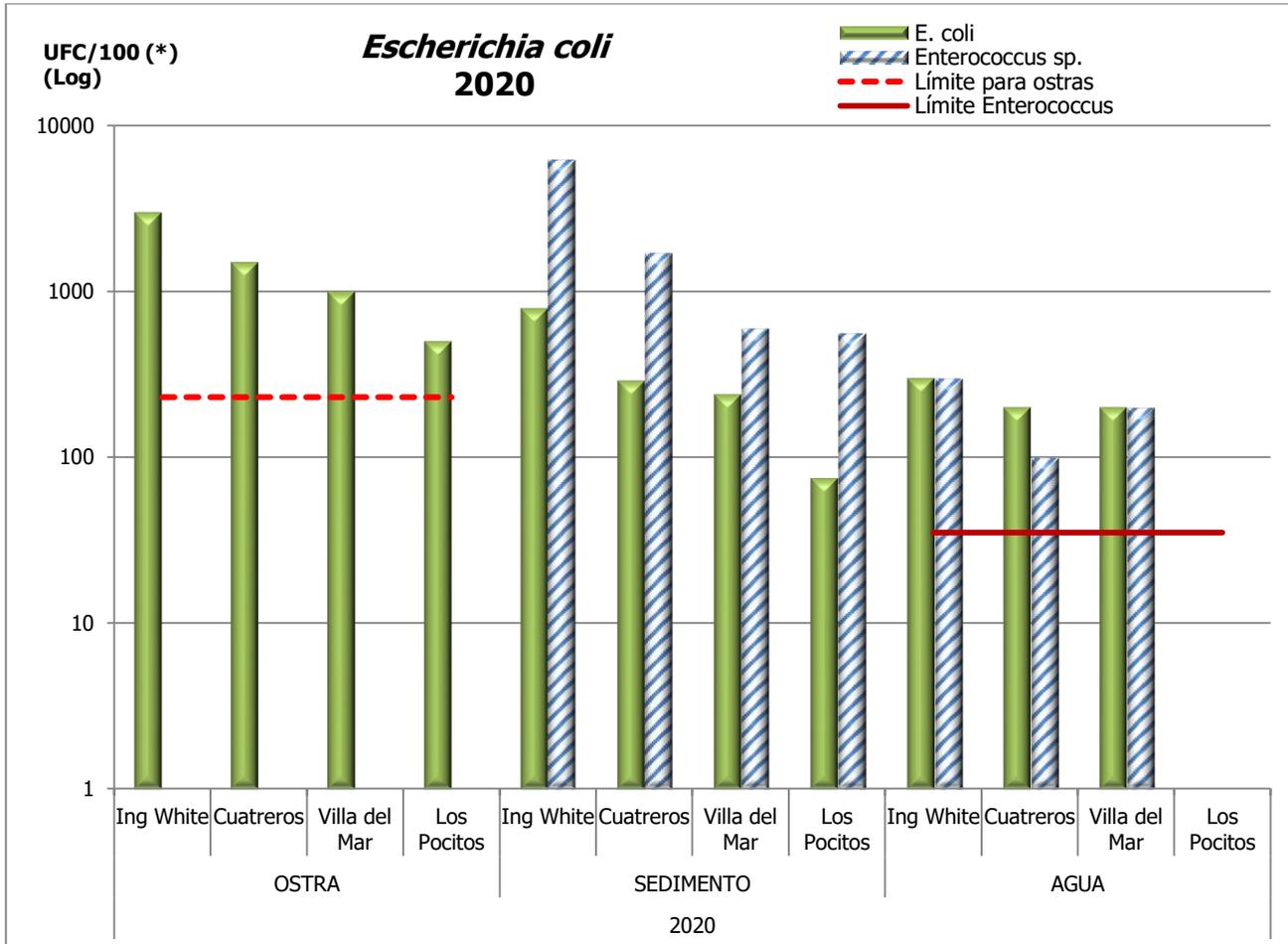
- Las concentraciones de los metales detectados en las ostras del estuario de Bahía Blanca no superan los umbrales de contaminación propuestos por Cantillo para la NOAA (ver valores resaltados en negrita de la tabla 1 del ANEXO I -Estuario de Bahía Blanca, página 71).
- La concentración de Cd y Ni en el tejido blando de las ostras muestreadas, se encuentran en el orden del promedio mundial (sin superarlo); mientras que la del Cr, Hg, y Pb siempre es menor del promedio mundial para ostras.
- La concentración de Zn y Cu en todas las estaciones de muestreo, están por encima del promedio mundial para ostras. La biología de esta especie que es acumuladora natural de estos dos metales que le resultan fisiológicamente esenciales, hace esperable el hecho que a mayor disponibilidad de los mismos, mayor acumulación. El factor de acumulación es variable entre las especies, a pesar de ser una tendencia general de las ostras, que responde a la concentración de estos metales en el agua y fracción del material en suspensión más fino que pudiese ingresar con el agua a las ostras. El promedio mundial se calcula, en el trabajo de Cantillo citado (1997), con los datos registrados en todas las ubicaciones estudiadas y cargados en dicha base de datos, la misma cuenta con gran cantidad de registros de Estados Unidos para otra especie de ostra.
- Como se viene señalando, la concentración de un metal no puede descontextualizarse a la hora de evaluar si dicho nivel indica contaminación, ya que las condiciones naturales locales van influir en los niveles base propios y característicos de una comunidad en particular.

2.3.3 Microbiología

- **Escherichia coli y Enterococcus spp.**

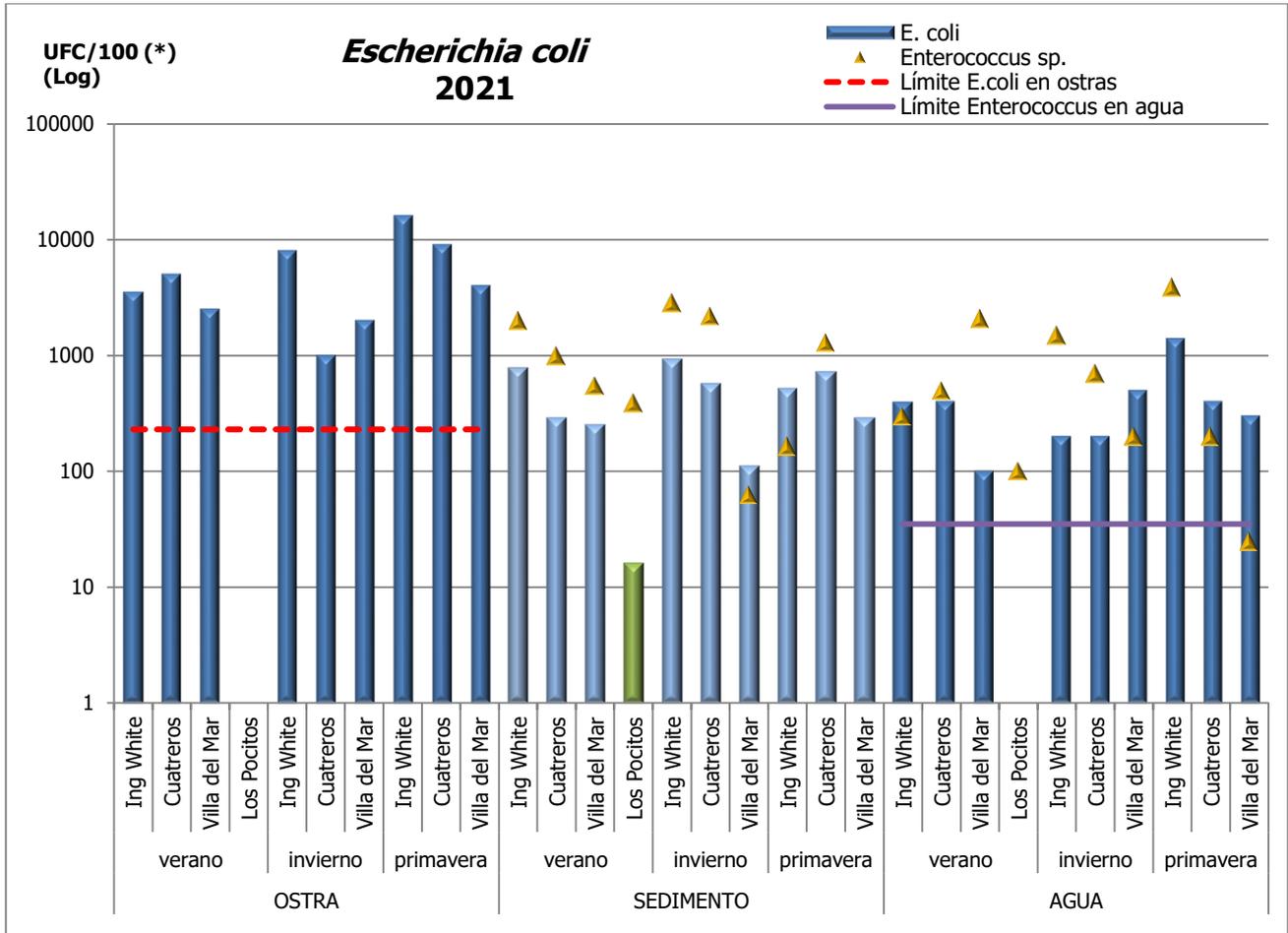
Se realizaron análisis bacteriológicos a las ostras, el sedimento y el agua que las rodea en tres muelles del estuario de Bahía Blanca y en una bahía prístina cercana (Los Pocitos). En esta estación utilizada como referencia, los recuentos bacterianos en sedimentos y ostras, presentaron los menores valores, mientras que en agua no se encontraron ninguno de los dos indicadores.

Los resultados del muestreo se resumen en los siguientes gráficos correspondientes a ambos años muestreados:



(*) Las unidades están referidas a las unidades formadoras de colonia según cada matriz: en 100 grs de ostra, 100 grs de sedimento seco y 100 ml de agua. Escala logarítmica.

Los recuentos de *E. coli* en el tejido de ostras de todos los muestreos superaron lo establecido por el SENASA (230 *E. coli* /100 grs de ostra) para ser comercializadas directamente. Vale aclarar que el estuario de Bahía Blanca no es una zona clasificada por la provincia de Buenos Aires para la producción y comercialización de moluscos bivalvos, por lo tanto el SENASA no controla el cumplimiento del Decreto 4238/68 (resolución 829/2006).



(*) Las unidades están referidas a las unidades formadoras de colonia según cada matriz: en 100 grs de ostra, 100 grs de sedimento seco y 100 ml de agua. Escala logarítmica.

Como viene sucediendo desde 2016 los recuentos de *E. coli* en las tres matrices de Ingeniero White, son mayores a las demás estaciones. En el agua de los pocitos no se detectó *E. coli* en ningún año, ni en las ostras de 2021.

Por su lado, se detectó la presencia de *Enterococcus sp.* en todos los sedimentos y aguas del estuario. Los recuentos en agua estuvieron por encima del límite para uso recreativo y contacto primario (35 colonias/100ml) a excepción de la muestra de la primavera de 2021 en Villa del Mar. En los pocitos, no se detectó dicha bacteria en el agua en el 2020.

- **Salmonella sp.**

Tanto en 2020 como en 2021 no se detectó la presencia de *Salmonella spp.* en 25 grs de tejido de ostras, en ninguna muestra.



A pesar de ser un patógeno que se puede destruir con una muy buena cocción del producto, se sabe que es común pasar las ostras por agua hirviendo o consumirlas crudas con limón. Dado que estas ostras están invadiendo todos los sustratos duros del estuario y su abundancia va creciendo rápidamente y ante la posibilidad de que sean extraídas artesanalmente para consumo personal sin control del SENASA, se puso en preaviso a las autoridades municipales, provinciales y SENASA, para que tomen las medidas pertinentes. En la web del SENASA se informa sobre la veda total de recolección de moluscos bivalvos y gastrópodos para consumo familiar en zonas no clasificadas que incluye el área costera del estuario de Bahía Blanca.

2.4 Conclusiones

Dado que los recuentos de *E. coli* realizados en el 2020 y 2021 en el tejido de las ostras de los sitios muestreados del estuario de Bahía Blanca superaron el límite establecido por el SENASA, se concluye que no serían aptas para su directa comercialización. Asimismo, no se detectó la presencia de *Salmonella* spp. en ostras.

La zona de muestreo en Ingeniero White es la que presenta con más frecuencia los mayores recuentos de indicadores de contaminación bacteriana y patógenos, evidenciando un mayor impacto antrópico.

MONITOREO DE APORTES NO INDUSTRIALES

1. Monitoreo de Arroyos

1.1. Introducción

En la zona más interna del estuario de Bahía Blanca se realizan muestreos bacteriológicos de agua. En 2013 los valores de *Escherichia coli* y *Enterococcus* spp. del agua estuarial, en una zona cercana al balneario Maldonado (Puerto Almirante Brown), superaron en un orden de magnitud a los recuentos de coliformes fecales y enterococos obtenidos en los efluentes de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales para la 3^{ra} Cuenca (PTLC) (PIM 2013). Esto hizo pensar en la existencia de alguna otra fuente de contaminación de origen fecal que afecta la zona, además de la descarga de la PTLC. Por esto, como complemento de las actividades de monitoreo del estuario de Bahía Blanca se muestrean los efluentes de la PTLC y a mediados del 2013, se inició un monitoreo en los principales cauces que descargan en el estuario.

1.2. Muestreo

En el 2020 se continuó con el monitoreo de los cursos de agua más críticos, hasta que la pandemia lo permitió:

- **Canal Maldonado (38°43'45.96"S - 62°18'45.65"O)**
- **Arroyo Napostá: desembocadura (38°46'14.12"S - 62°13'58.27"O)**

En función de los resultados obtenidos en los años anteriores, en el 2021 se continuó con el monitoreo de los cursos de agua más críticos con una frecuencia bimensual de muestreo. Este año se volvieron a muestrear el arroyo Saladillo de García y el Sauce Chico, que se habían discontinuado, ya que sus aportes contaminantes eran insignificantes, para seguir chequeando que esto es así, seguir completando la base de datos:

- **Canal Maldonado (38°43'45.96"S - 62°18'45.65"O)**
- **Arroyo Napostá: desembocadura (38°46'14.12"S - 62°13'58.27"O)**
- **Río Sauce Chico (38°43'44.42"S - 62°27'8.64"O)**
- **Arroyo Saladillo de García (38°42'22.37"S - 62°22'11.35"O).**

Estos cursos de agua recorren diferentes sectores con diversos usos: agrícola-ganaderos, urbanos, industriales, recreativos, rurales, hortícolas. Por esta razón y para evitar muestrear aguas arriba de

alguna potencial fuente de contaminación, la toma de muestra se realiza sobre el tramo final de los cursos de agua próximo a su descarga al estuario de Bahía Blanca.

La toma de muestras de sedimento en estos arroyos suele ser dificultosa, por el tipo de sedimento y de lugar y las condiciones del mismo (presencia de residuos de todo tipo). A pesar de los esfuerzos de muestreo, respetando las buenas prácticas, la muestra puede estar conformada además de los sedimentos propios del cauce y las formas biológicas que en él habitan, por restos de residuos que pudiesen interferir en las determinaciones.

1.3. Análisis Realizados

Se practicaron los análisis fisicoquímicos habituales para cursos de agua, así como determinaciones de mercurio en el laboratorio del CTE y bacteriológicos en agua. Éste último realizado por profesionales de la asignatura Microbiología General de la Universidad Nacional del Sur (UNS), en el marco del convenio “Estudios bacteriológicos en la zona de la Planta de Tratamiento para la Tercera Cuenca, y afluentes al estuario”. Entre los parámetros bacterianos, se cuantificó la presencia de *Escherichia coli*, heterótrofas terrestres. La metodología empleada se encuentra descripta en el informe final de dicho convenio. Las muestras derivadas al laboratorio externo LANAQUI para análisis de metales complementarios en agua y sedimentos de 2020, no se realizaron debido al cierre del laboratorio por pandemia.

1.4. Resultados

En el ANEXO II- Estuario de Bahía Blanca, Monitoreo de Arroyos tablas 1-4 (paginas 72-75), se resumen todos los resultados de los análisis realizados para cada cauce, durante 2020/21 y los valores de referencia. A fin de poder contrastar nuestros resultados con valores guía que den indicios de la calidad del recurso, los resultados en aguas se comparan con los límites para agua dulce de uso recreativo según la Resolución 42/2006 del ADA en la provincia de Buenos Aires y los niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente¹¹ y las directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas¹² del Ministerio de Salud de la Nación.

1.4.1. Fisicoquímicos

¹¹Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación. <https://www.argentina.gob.ar/secretaria-de-infraestructura-y-politica-hidrica/niveles-guia-de-calidad-de-agua-ambiente>.

¹². Dirección de Salud Ambiental de la Nación. Resolución Ministerial 125/2016. Modulo II. Aprobado en 2017 por la Comisión Permanente de Revisión Anual de Normas de Calidad de Agua de Uso y Consumo Humano (COPERANCAUCH). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/directrices_sanitarias_para_enteropatogenos.pdf.

Los parámetros fisicoquímicos medidos en los cursos de agua muestreados, en general, arrojaron valores acordes a los esperados para estos cursos y según las estaciones del año.

Al comparar los resultados con los límites para agua dulce de uso recreativo según la Resolución 42/2006 del ADA, se detectaron algunos valores puntuales que los superan:

- fósforo total: en todos los cursos de agua superaron el límite de 0,025 mg/l, como viene sucediendo desde que se comenzó a medir en el 2016.
- pH: en el canal Maldonado (promedio histórico: 8,9), superó el límite superior de 8,5 upH que indica la resolución, en 3 de 4 mediciones y una vez en el Sauce Chico y Saladillo de García.
- demanda biológica de oxígeno (DBO): superó el límite de 10 mg/l en 2 oportunidades en el Maldonado y una vez en el Napostá.

1.4.2. Microbiología

La cuantificación de *Escherichia coli*, como indicador de contaminación fecal viene siendo un parámetro crítico desde los inicios de este estudio como queda visualizado en el gráfico 1 del ANEXO II -Estuario de Bahía Blanca (páginas 76).

Se calculó la media geométrica de *E. coli* del periodo 2020/2021 y se comparó con la histórica para cada uno de los cuerpos de agua, con todos los registros que se tienen desde el 2013. Los valores se expresan en UFC/100ml:

	media geométrica histórica	media geométrica periodo informado
Napostá	5132	2113
Maldonado	3527	3934
Sauce Chico	511	493
Saladillo de Garcia	766	1489

El recuento de *E. coli* del arroyo Napostá fue menor al valor bajo comparado a la media geométrica histórica. En el canal Maldonado y el Sauce Chico, en promedio los valores están dentro de los históricos. Mientras que en el Saladillo de García fueron el doble del histórico.

Esas medias superan ampliamente el límite de 126 UFC/100ml en agua dulce de uso recreativo según la Resolución 42/2006 del ADA y los niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente para recreación humana con contacto directo. El Límite de Confianza Superior (LCS)¹³ menos exigente,

¹³Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. 2003. Desarrollos de niveles guías nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a *Escherichia coli*/Enterococos. <https://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/pdf/DOCUMENTO46.pdf>.

para el recuento de *E. coli* en una muestra de agua aislada de uso recreativo infrecuente (nivel de confianza del 95%) que es de 451 UFC/100ml para el Napostá y de 1053 UFC/100ml para el Maldonado, fueron menores que el recuento en ambos cursos.

Las altas concentraciones de *E. coli* en Napostá y Maldonado, son reflejo del impacto que reciben a lo largo de sus recorridos y luego de atravesar la ciudad de Bahía Blanca.

Las heterótrofas de origen terrestre en las desembocaduras de los afluentes muestreados fueron en promedio mayor la del canal Maldonado (69261 UFC/ml) seguida por la del Saladillo (43296 UFC/ml, mucho mayor a las históricas 6606 UFC/ml) y Napostá (38978 UFC/ml). La del Sauce (8762 UFC/ml) fue netamente más baja acorde a los valores históricos (6336 UFC/ml). En el gráfico 2 del ANEXO II- Estuario de Bahía Blanca, página 77.

1.5. Conclusiones

Los muestreos realizados entre 2020-2021 en los arroyos Napostá, Sauce Chico, Saladillo de García y el canal Maldonado, arrojaron valores de parámetros fisicoquímicos acordes a los esperados para estos cursos y dentro los históricos. La muestra del canal Maldonado presentó 9 desvíos de parámetros fisicoquímicos a la resolución del 42/2006, la del arroyo Napostá presentó 5 desvíos, el Sauce Chico 4 y el Saladillo de García 4 desvíos a los límites.

Es para destacar los altos registros bacteriológicos de *Escherichia coli* en la desembocadura de todos cursos de agua en estudio, como viene informándose años anteriores. Ya que los promedios geométricos siempre superan ampliamente el límite en agua dulce de uso recreativo según la Resolución 42/2006 del ADA. Este nivel guía es coincidente con el límite para actividades recreativas con contacto primario establecido por la EPA Draft Guidelines¹⁴ (2012) y con contacto directo normado por Resolución 46/2017 de la ACUMAR.

Los altos recuentos de *E. coli*, (bacterias de origen intestinal), que a lo largo del tiempo se vienen detectando, evidencian el impacto bacteriológico que reciben los cauces antes de descargar sus aguas al mar.

¹⁴U.S.EPA 2012. Recreational Water Quality Criteria. office of water 820-F-12-058.

2 Monitoreo de la descarga cloacal 3^{ra} cuenca

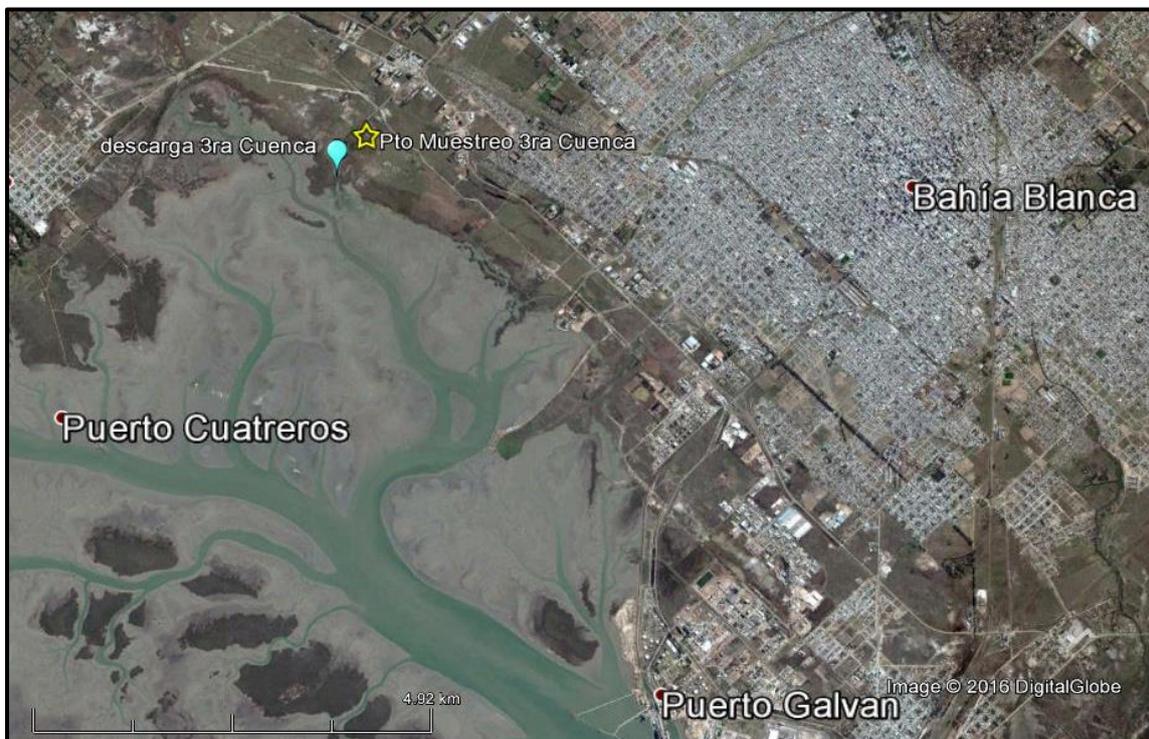
El CTE, a pedido del Honorable Concejo Deliberante de Bahía Blanca, viene realizando, el seguimiento y monitoreo de la descarga de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales 3^{ra} Cuenca (PTLC), desde marzo de 2009. Así mismo, en conjunto con el Laboratorio de Microbiología General de la UNS se estudia el posible impacto sobre la zona más interna del estuario.

2.1 Marco Legal

La Resolución N° 1826/2006 del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) establece que la descarga cloacal de la PTLC debe cumplir con los límites admisibles establecidos en la Res. ADA N° 336/2003 (Ley 5965) para descargas a cuerpo de agua superficial, dado que el cuerpo receptor de vuelco de dicha descarga es el arroyo Saladillo de García.

2.2 Muestreos

El punto de muestreo de la PTLC está ubicado dentro del predio de ABSA (38° 42' 47,74" Sur y 62° 20' 38,08" Oeste), en el punto final de vuelco, aguas abajo del sistema de tratamiento de efluente líquido, debido a que la planta no posee cámara de inspección.



- Plano de ubicación del punto de muestreo en la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales 3^{ra} Cuenca

El periodo de monitoreo de 2020 fue reducido, de enero y febrero, previo a la pandemia, mientras que en 2021 fue bimensual de enero a diciembre. A partir de 2021 se comenzó a muestrear la 1^{ra} Cuenca bimensualmente, intercalando con la 3^{era} Cuenca, completando el cronograma.

In situ se hicieron algunas mediciones (pH, T°, conductividad y cloro libre), y se tomaron muestras para hacer determinaciones de parámetros de calidad de agua (en laboratorio del CTE), metales (laboratorio LANAQUI) y microbiológicas (laboratorio de Microbiología General de la UNS). Para la toma de muestras se aplicó la metodología recomendada en los “Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales”, APHA-AWWA-WPCF, 17^o edición. Los HTP y Metales no fueron analizados durante 2020 por los laboratorios a los que derivamos las muestras, debido a la pandemia.

2.3 Resultados

En la tabla 1 del ANEXO III-Estuario de Bahía Blanca, página 78, se presentan los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos efectuados en las muestras tomadas en la descarga final de PTLC para la 3^{ra} cuenca.

Se realizaron 9 muestreos en el periodo informado, los resultados de los análisis se comparan con los límites de la Res. ADA N° 336/2003, del análisis de los mismos se desprende que:

- Los parámetros no legislados como conductividad y turbidez, presentaron valores esperados, acordes al tipo de efluente.
- La temperatura, el pH, la DQO, DBO y N_{total} siempre presentaron valores dentro de los límites admisibles, con valores normales para este efluente.
- Los sólidos sedimentables en 10 minutos y en 2 horas, superaron el límite de la normativa, en 2 y 3 ocasiones respectivamente.
- Todas las determinaciones de fósforo total, arrojaron valores superiores a lo permitido.
- El cloro residual en dos oportunidades excedió del límite.
- Los hidrocarburos totales del petróleo (HTP) fueron detectados en una oportunidad en cantidad menor al límite legislado.
- Se detectó ocasionalmente zinc, níquel, cromo, cobre, y mercurio en muy bajas concentraciones por debajo de los límites admisibles. El cadmio y plomo no fueron detectados durante este periodo.



En el gráfico 1 del ANEXO III-Estuario de Bahía Blanca, página 79, podemos ver la evolución de los recuentos de coliformes fecales desde el 2009 a la fecha, los máximos recuentos, así como la cantidad de desvíos a la norma han disminuido, mientras que han aumentado los no detectables. Seguiremos monitoreando para evaluar la estabilidad en el rendimiento del sistema de tratamiento.

3 Evaluación del impacto bacteriológico de la descarga cloacal de la 3^{ra} cuenca en la zona interna del estuario.

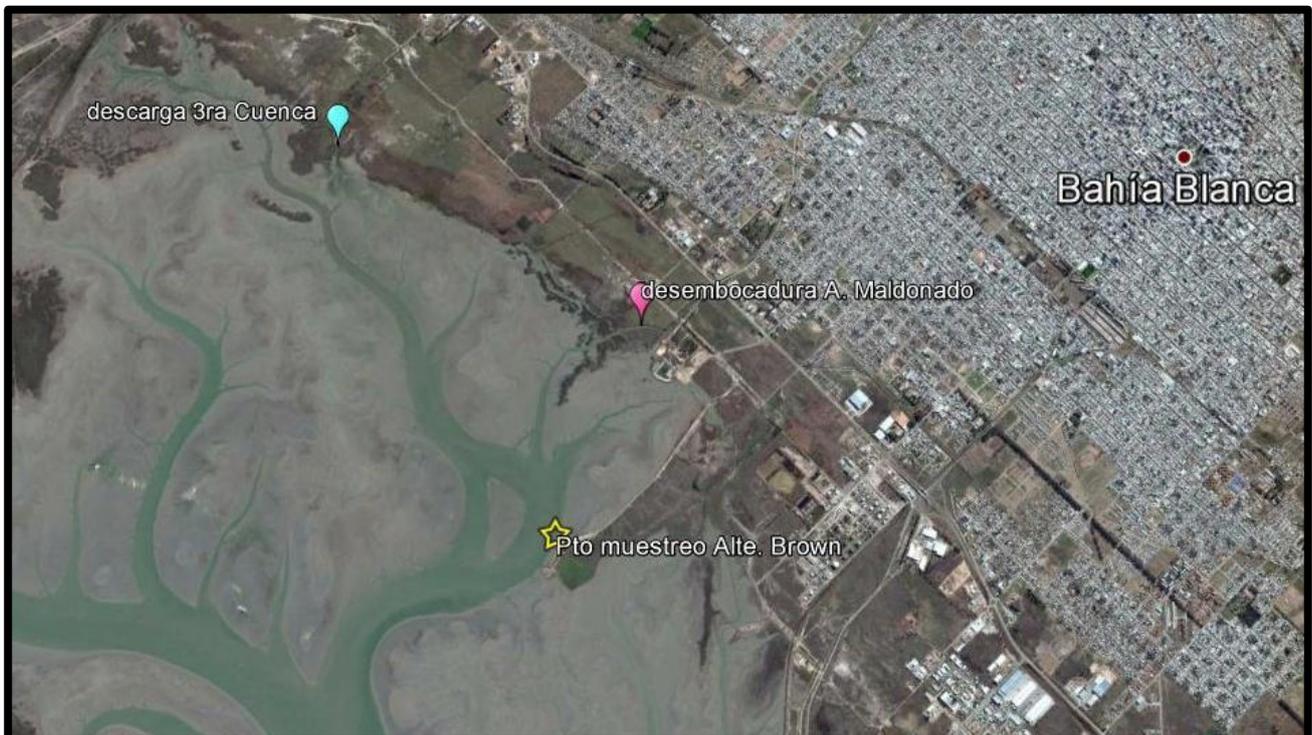
3.1 Marco Legal

La Res. ADA N° 42/2006 plantea límites de algunos indicadores de calidad de agua para la recreación y protección de la vida acuática para el río de la plata y su frente marítimo. La misma establece como valor de referencia para *Enterococcus* en agua marina de uso recreativo un valor de 35 colonias/100 ml, este límite coincide con el internacional para aguas de contacto primario dado por la U.S.E.P.A¹⁵.

3.2 Muestreos

Se aplicó la metodología de toma de muestra recomendada en los "Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales", APHA-AWWA-WPCF, 17° edición.

Se estableció para el monitoreo un punto de muestreo ubicado sobre la costa del ex-club Almirante Brown, en la Reserva Municipal: Paseo Costero.



- Mapa de ubicación del punto de muestreo de ex-club Alte. Brown (estrella amarilla).

¹⁵U.S. EPA 2012. Water Quality Standards Handbook. Second edition. EPA-823-B-12-002.

Sobre esta área se procedió al muestreo de agua y sedimentos, y se realizaron, determinaciones fisicoquímicas y bacteriológicas para evaluar el impacto de la descarga cloacal sobre la zona más interna del estuario. Tanto en las muestras líquidas como en los sedimentos, se realizó la determinación de *Escherichia coli* y *Enterococcus* spp y a las de agua también bacterias heterótrofas terrestres y marinas.

3.3 Resultados

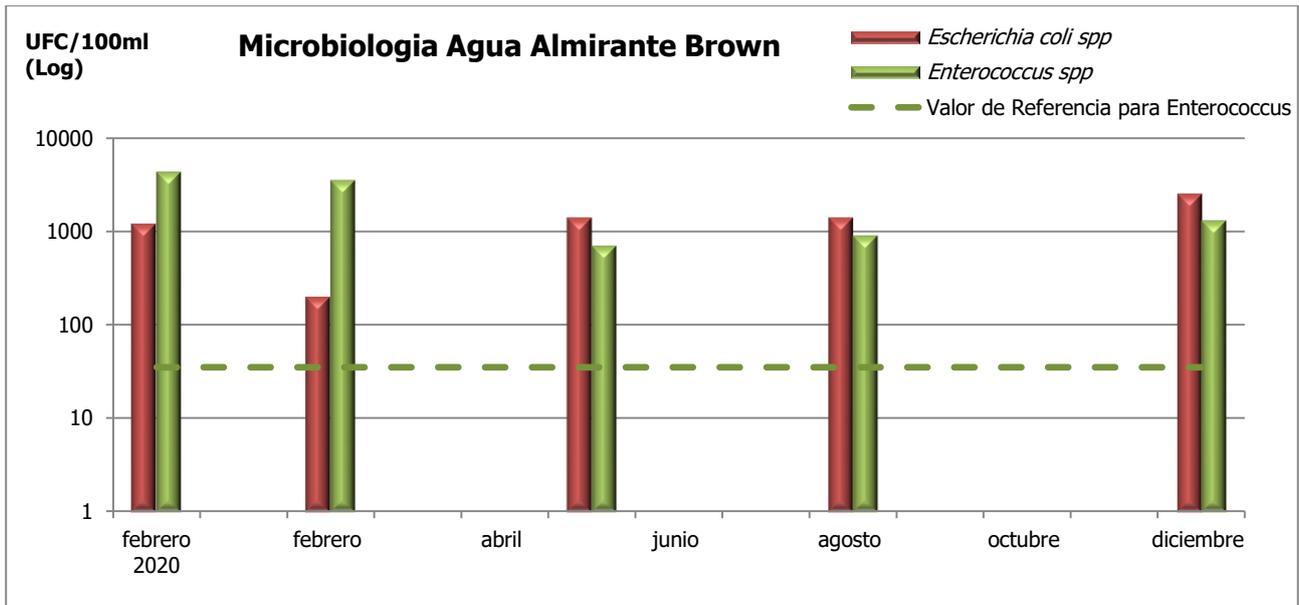
En la tabla 1 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 80, se presentan todos los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras de agua y sedimento de la zona del ex-club Almirante Brown. Se realizaron 5 muestreos de agua y sedimento en el periodo muestreado.

- **En Agua**

La Res. ADA N° 42/2006 plantea límites de algunos indicadores de calidad de agua para la recreación y protección de la vida acuática (para el río de la plata y su frente marítimo). Adoptándolos como guía, según estos, el límite de 100 NTU de turbidez y de 0,025 (mg/l) de fósforo total fueron superados en 2 oportunidades en las mismas muestras.

Las determinaciones se realizaron sobre el agua entera, sin filtrar, no sobre la fracción disuelta. Es por ello que solo se pueden comparar con las determinaciones realizadas en el monitoreo de ostras. De ello resaltan valores de cobre en agua son similares a los registrados en el muelle del club Náutico, y mayores a los muestreadas junto a las ostras de los muelles de Cuatreros y Villa del mar. Así como concentraciones de Zn en sedimento levemente superiores al nivel TEL de las guías de la NOAA.

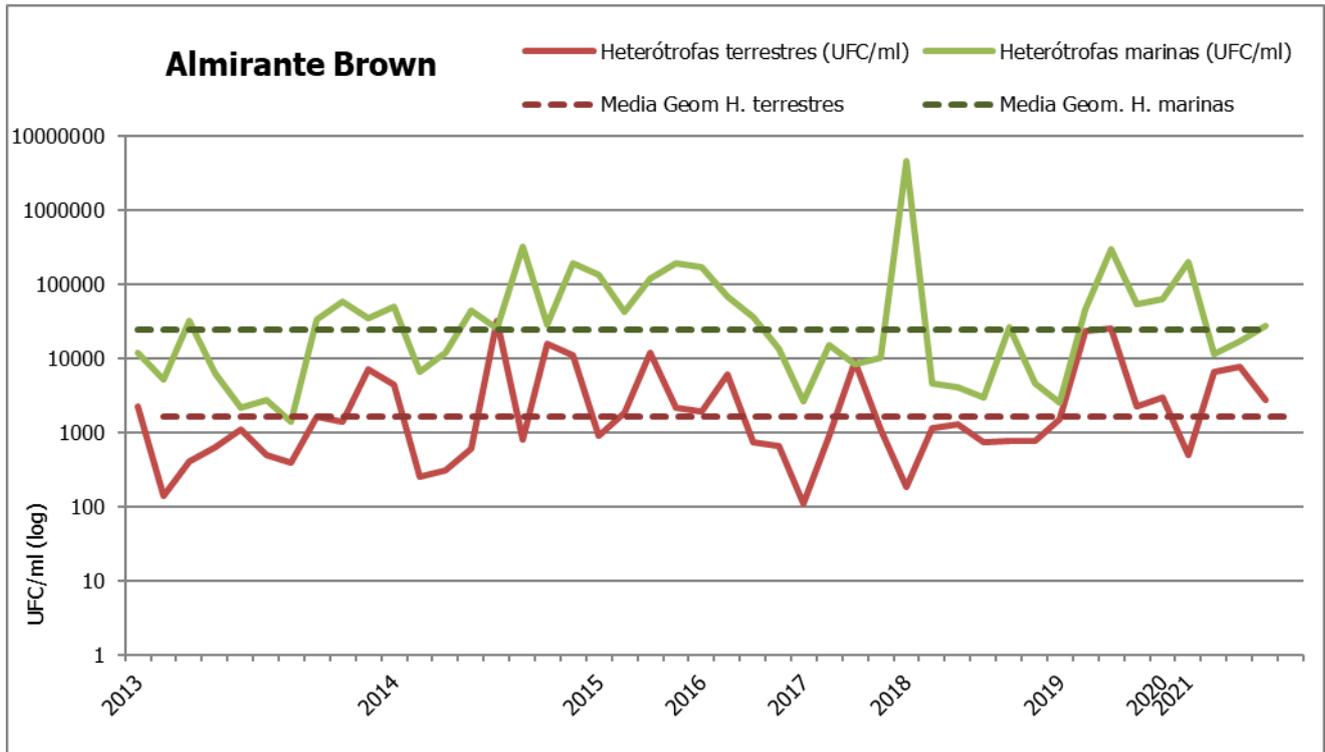
En cuanto a la microbiología, los recuentos de *Escherichia coli* en agua variaron entre 200 hasta 2500 UFC/100 ml. Por su parte, la cuantificación de *Enterococcus* spp. siempre superó el valor de referencia de la Res. ADA N° 42/2006 (35 colonias/100 ml para aguas marinas de recreación) con recuentos entre 900 y 4800 UFC/100ml. Esto puede visualizarse en el siguiente gráfico:



Los valores de *Enterococcus* spp. durante el periodo de muestreo son mayores a la media geométrica histórica de 1166 UFC/100ml. En general ambos indicadores tuvieron una variación similar al año anterior, como puede visualizarse en el siguiente gráfico 2 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 81.

Como viene sucediendo años anteriores, los aumentos y disminuciones de *Escherichia coli* en la zona de evaluación, se ve afectado con las variaciones de dicho indicador en el canal Maldonado, el cual desemboca en las inmediaciones del punto de muestreo (indicado en el mapa anterior). Por ello es importante monitorear la Planta depuradora 3^a Cuenca y el canal Maldonado para tener datos complementarios a la hora de evaluar el impacto en esta zona del estuario bajo estudio. En el gráfico 3 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 82, se puede visualizar dicha relación a través de los años.

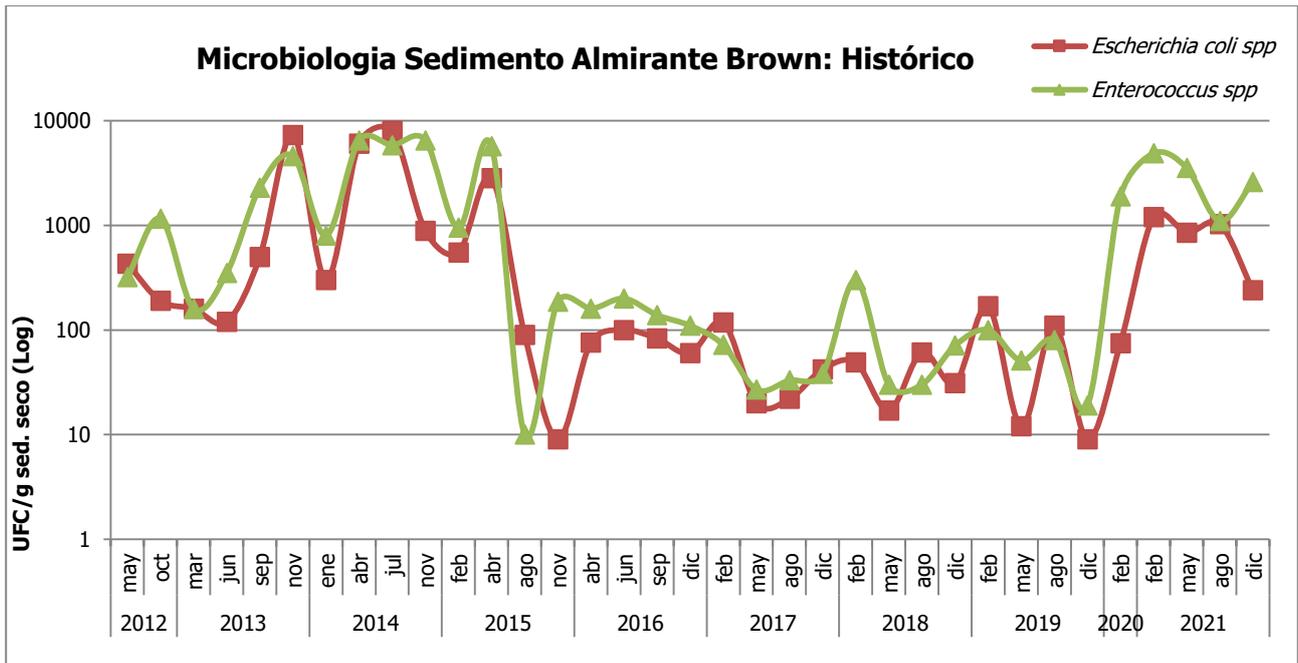
En cuanto a las bacterias heterótrofas, en el siguiente gráfico se sigue observando la preponderancia de las bacterias heterótrofas marinas con respecto a las terrestres, ya que las primeras son autóctonas de la zona de muestreo donde se desarrollan plenamente. Los recuentos de bacterias heterótrofas de origen marino oscilaron entre 11500 y 199000 UFC/ml, con tres valores (de un total de cinco), por encima de la media geométrica. Estas son autóctonas del medio marino se ven incrementadas por buenas condiciones de nutrientes para su desarrollo. En el caso de las bacterias heterótrofas de origen terrestres los recuentos fluctuaron entre 500 y 2900 UFC/ml, la mayoría de los recuentos sobrepasan la media geométrica de los mismos y se debe al aporte de dichas bacterias del continente al estuario.



- **En sedimentos**

Se compararon las mediciones de metales en sedimentos de almirante Brown con los indicadores de referencia más exigentes "threshold effects level" (TEL), establecidos por la NOAA (tabla B del ANEXO I- estuario de Bahía Blanca, página 65) para la protección de la vida acuática en sedimentos marinos y no se registraron valores que los superen.

Los recuentos de *Escherichia coli* en sedimento oscilaron entre 75 y 1200 UFC/grs y los de *Enterococcus* spp. lo hicieron entre 1100 y 4900 UFC/grs de peso seco.



Estos registros se los comparan con los de los últimos años en el gráfico anterior, donde puede visualizarse que tanto *E. coli* como *Enterococcus* presentó recuentos que son más elevados a los últimos años, y más acordes a los rangos elevados registrados entre 2013 y 2015.

3.4 Conclusiones

La planta de tratamiento de residuos cloacales 3^{ra} Cuenca, no mostró un buen rendimiento general con parámetros del efluente que evidencian que se fueron de régimen (salvo en alguna muestra puntual por año), lo cual se corresponde a los altos recuentos bacterianos en la zona estuarial aledaña a la descarga del mismo.

La falta de un tratamiento terciario en la planta depuradora (condicionamiento de la Res. Nº 1826/2006 del OPDS) con el aporte continuo de efluente al arroyo Saladillo de García cerca de su desembocadura al estuario de Bahía Blanca con parámetros fuera del rango aceptable por la Resolución 336/2003 de la Autoridad del Agua, impacta al cuerpo receptor final.

Los recuentos bacteriológicos sostenidos, la constante presencia de indicadores fecales y la tendencia a su acumulación en sedimentos de la zona aledaña al ex club Almirante Brown son evidencia del impacto que viene sufriendo el sistema en los últimos años. Es importante destacar que las fluctuaciones de los indicadores fecales responden también a las variaciones de los mismos en el canal Maldonado; potenciando el impacto de la tercera cuenca.

4 Monitoreo de la descarga cloacal 1^{ra} Cuenca

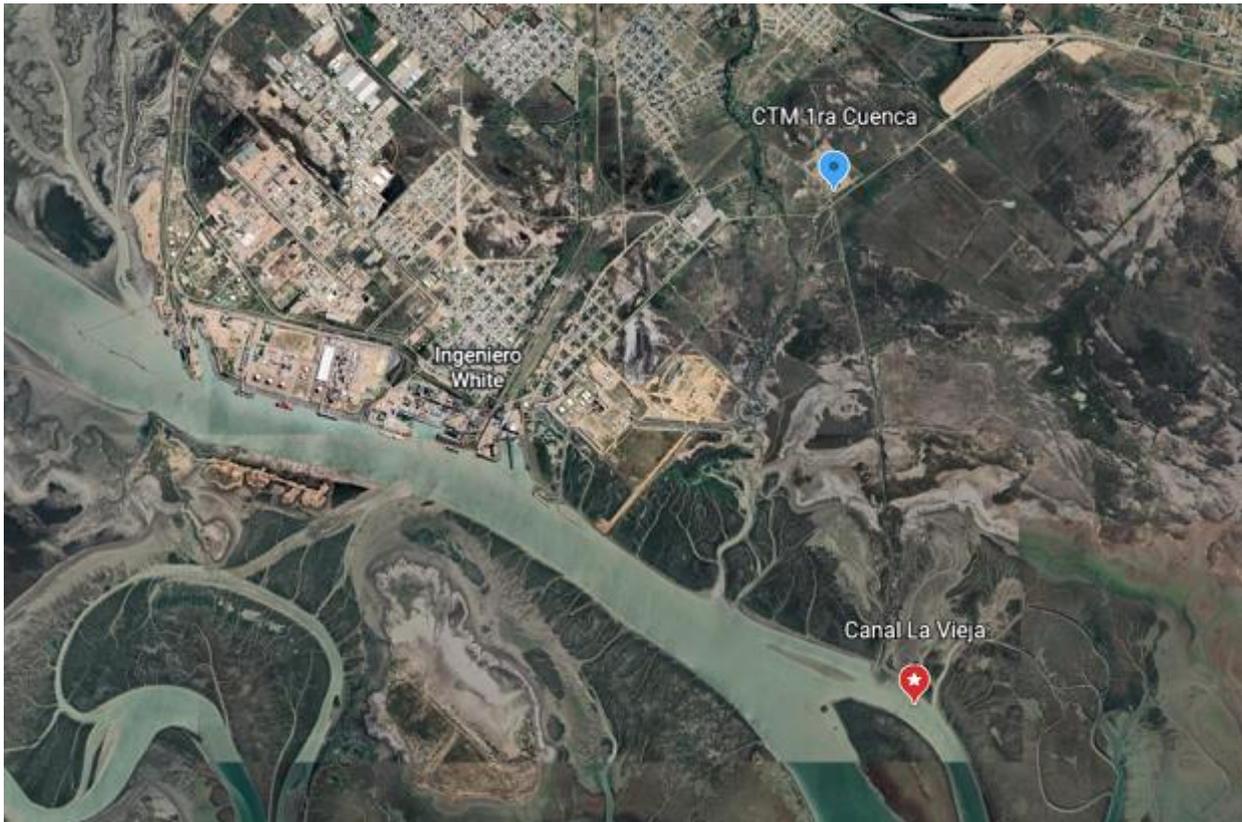
La Planta Depuradora Cloacal Primera Cuenca de ABSA, descargaba los residuos cloacales de gran parte de Bahía Blanca e Ing. White, a un canal de marea del estuario de Bahía Blanca. El CTE contrató al Instituto Argentino de Oceanografía para realizar un estudio del impacto de la descarga cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca entre el 2003 y 2004 y a la Universidad Tecnológica Nacional para caracterizar el efluente cloacal de la ciudad en el 2010 y evaluar su reuso con destino agrícola/industrial, en el 2013. En 2019 se concluyó la readecuación del sistema primario, construcción del sistema secundario y de barros de la Planta Depuradora Cloacal para la 1ra Cuenca, la cual comenzó a tratar líquidos cloacales a finales del 2020. El CTE en 2021 comenzó los muestreos del efluente final de dicha planta depuradora de ABSA.

4.1 Marco Legal

La PTLC para la 1^{ra} Cuenca debe cumplir con los parámetros de calidad - límites admisibles para efluentes cloacales, establecidos en la Ley N° 11820 y sus modificatorias, para descargas a curso de agua, dado que el cuerpo receptor de vuelco de dicha descarga es un canal que vuelca en un canal de marea del estuario de Bahía Blanca.

4.2 Muestreos

El punto de muestreo de la PTLC está ubicado dentro del predio de ABSA en la ruta nacional 3 km 680,5, aguas abajo del sistema de tratamiento de efluente líquido, en la cámara de inspección previo al vuelco final.



Plano de ubicación del punto de muestreo en la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales 1^{ra} Cuenca

El periodo de monitoreo de 2021 fue bimensual de enero a diciembre. Viéndose interrumpido en dos oportunidades por paradas de planta que duraron alrededor de 100 días cada una.

In situ se hicieron algunas mediciones (pH, T°, conductividad y cloro libre), y se tomaron muestras para hacer determinaciones de parámetros de calidad de agua (en laboratorio del CTE), metales (laboratorio LANAQUI) y microbiológicas (laboratorio de Microbiología General de la UNS). Para la toma de muestras se aplicó la metodología recomendada en los “Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales”, APHA-AWWA-WPCF, 17^o edición.

4.3 Resultados

En la tabla 1 del ANEXO V-Estuario de Bahía Blanca, página 83, se presentan los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos efectuados en las muestras tomadas en la descarga final de PTLC para la 1^{ra} cuenca

Los resultados más destacables de los análisis realizados durante 2021 son:

- La presencia de coliformes fecales por encima de los parámetros permitidos en todos los muestreos, son el resultado de la falta de cloración final del efluente.



- Los valores de nitrógeno total y fósforo total superan el límite permitido para descargas a lugares tendientes a la eutrofización como son los canales de la zona interna del estuario. Estas circunstancias propician condiciones de un estuario moderado a altamente eutrófico, como ya lo ha indicado el IADO en estudios anteriores.



4.4 Conclusiones

La Planta Depuradora Cloacal para la 1ra Cuenca, comenzó a tratar efluente a finales del 2020, desde entonces hasta la actualidad, la operación se ha visto interrumpida muchas veces por largos periodos, en los cuales se vuelca el líquido cloacal sin ningún tipo de tratamiento a un canal de marea cercano a la desembocadura del Napostá al estuario de Bahía Blanca. A esto se suma que aún no tienen puesto en marcha el sistema de cloración, con lo cual el efluente final, cargado de nutrientes, lleva una carga bacteriana importante al estuario.

Seguiremos monitoreando para evaluar la estabilidad en el rendimiento del sistema de tratamiento.



ANEXOS

Programa: Monitoreo de Cuerpos Receptores

Subprograma: Estuario de Bahía Blanca

ANEXO I: MONITOREO DEL ESTUARIO

Tabla A. Se presentan los valores establecidos por la NOAA y el Decreto 831/93 como guía de referencia para los parámetros inorgánicos disueltos en agua de mar. Los resultados están expresados en µg/L o ppb.

Parámetro	Exposición aguda	Exposición crónica	Decreto 831/93
Cadmio	40	8,8	5
Zinc	90	81	0,2
Cromo (total)	No establecido	No establecido	No establecido
Cobre	4,8	3,1	4
Hierro	300	50	No establecido
Mercurio	1,8	0,94	0,1
Níquel	74	8,2	7,1
Plomo	210	8,1	10

Tabla B. Indicadores de referencia establecidos por la NOAA para metales pesados en sedimentos marinos superficiales. Las concentraciones están expresadas en µg/g (ppm) en base seca.

Parámetro	TEL	ERL	PEL	ERM
	"Threshold Effect Level"	"Effects Range-Low"	"Probable Effect Level"	"Effects Range-Median"
Cadmio	0,68	1,2	4,21	9,6
Zinc	124	150	271	410
Cromo (total)	52,3	81	160	370
Cobre	18,7	34	108	270
Mercurio	0,13	0,15	0,7	0,71
Níquel	15,9	20,9	42,8	51,6
Plomo	30,24	46,7	112	218



ANEXO I: Ostras

Gráficos de metales en diferentes matrices

A continuación, se presentan los gráficos de concentración de metales en ostras, sedimentos y agua circundante a las mismas, límites admisibles o guías y promedios del estudio de ostras. Los valores en ostras son calculados en ppm del peso húmedo. Los valores en sedimentos son calculados en ppm del peso seco.

Referencias:

CAA: Código Alimentario Argentino, Límite admisible para consumo.

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Límite admisible para consumo.

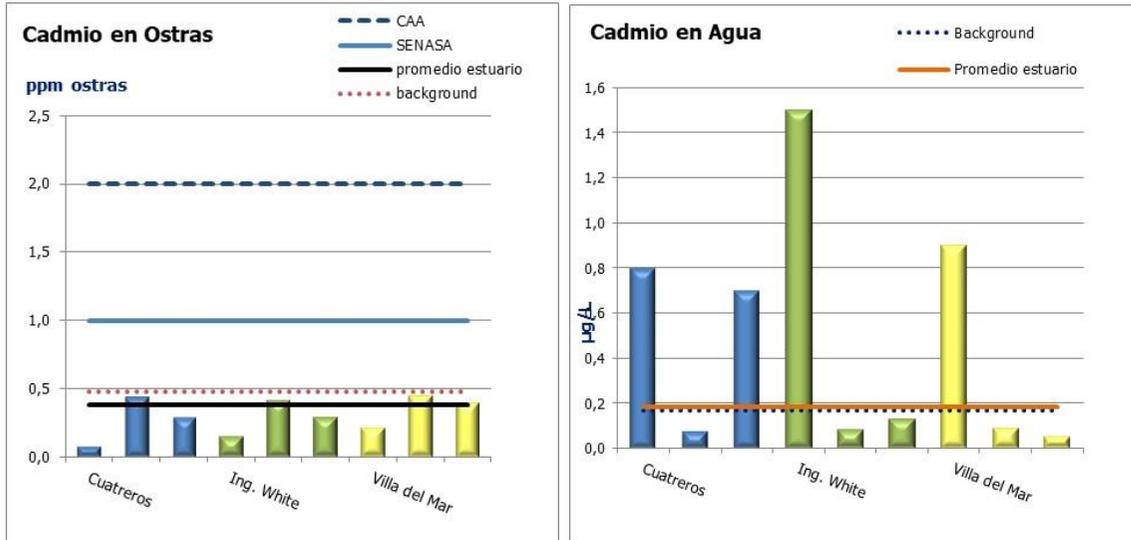
FDA: Food and Drugs Administration, Límite admisible para consumo.

TEL (Threshold Effect Level): umbral de no efecto adverso.

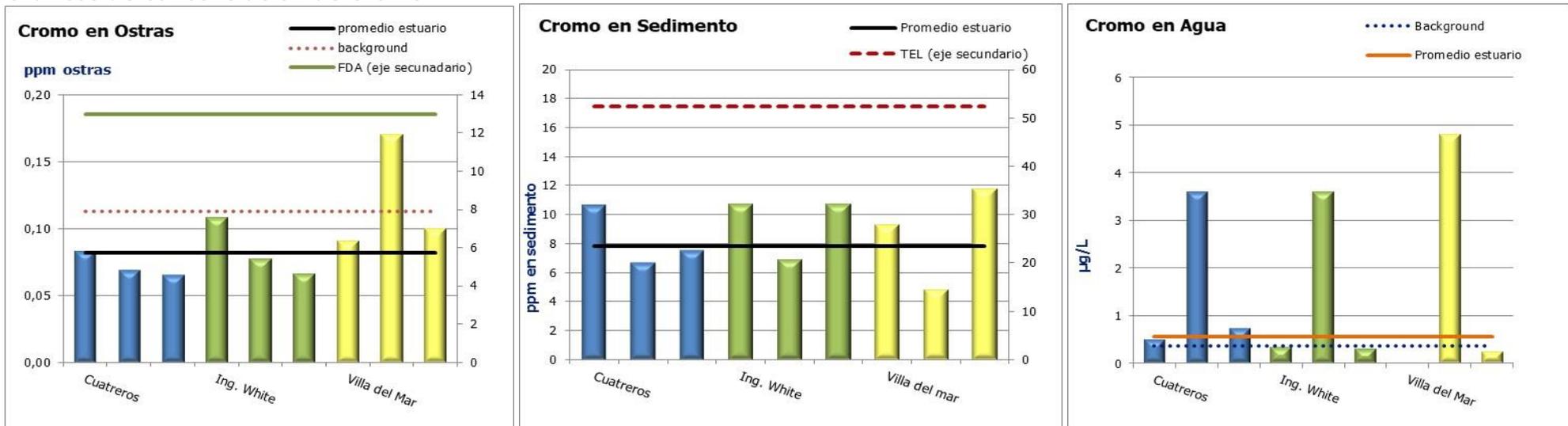
Background: promedio de mediciones de cada metal en cada matriz de Los Pocitos, considerado como lugar prístino.



Gráficos de concentración de Cadmio

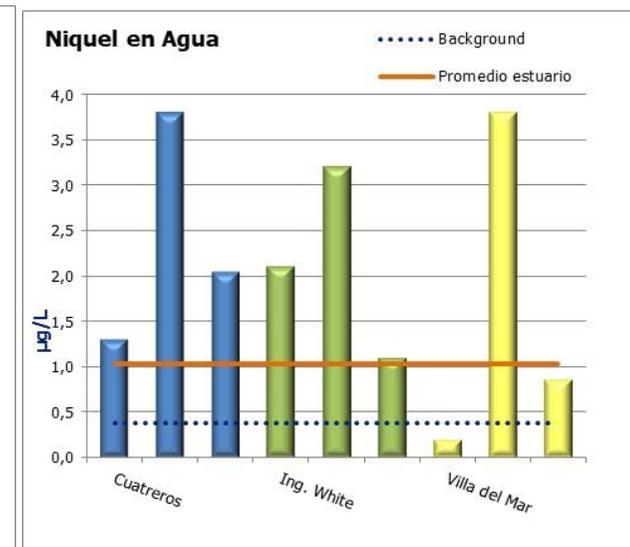
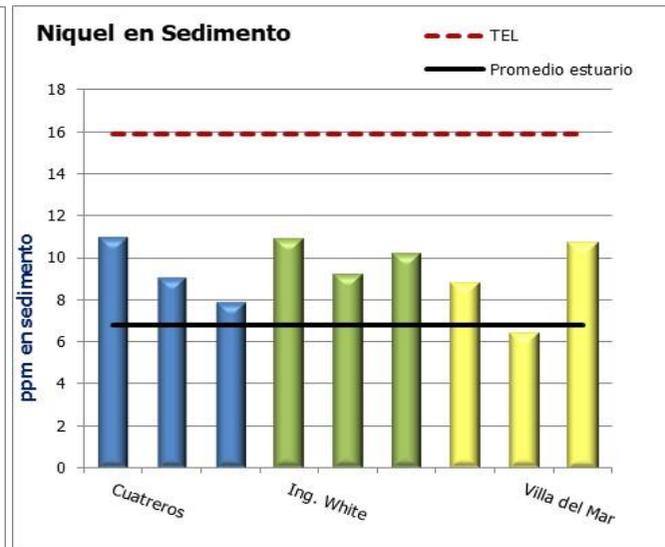
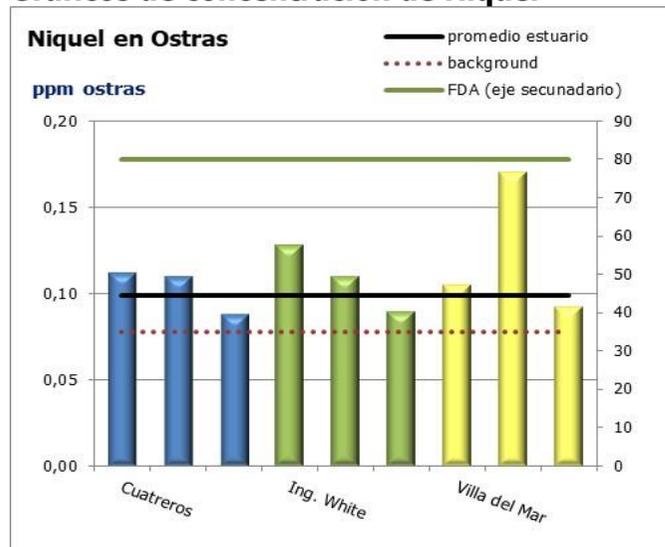


Gráficos de concentración de Cromo

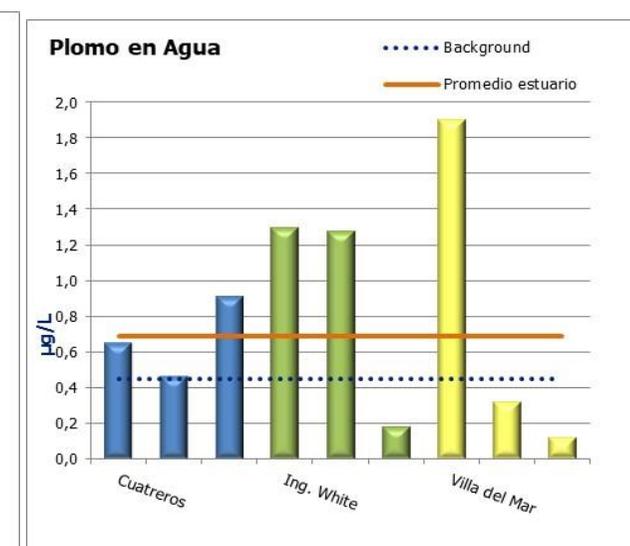
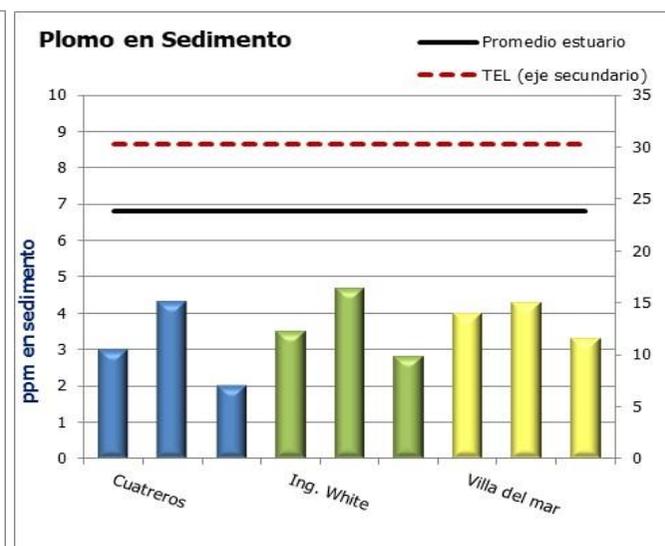
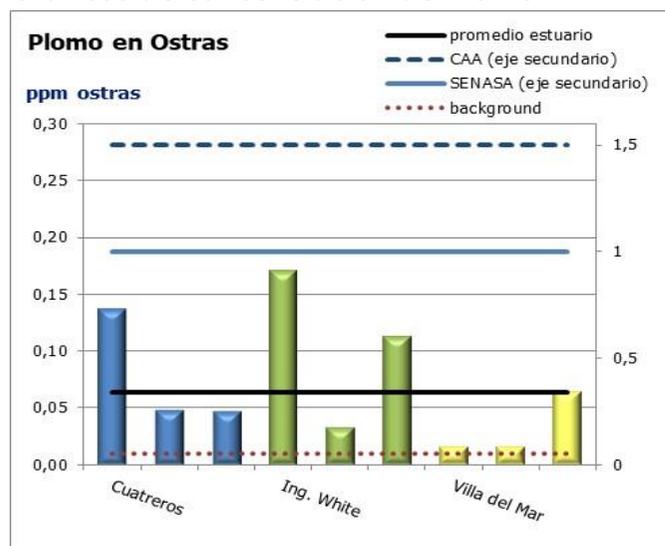




Gráficos de concentración de Níquel

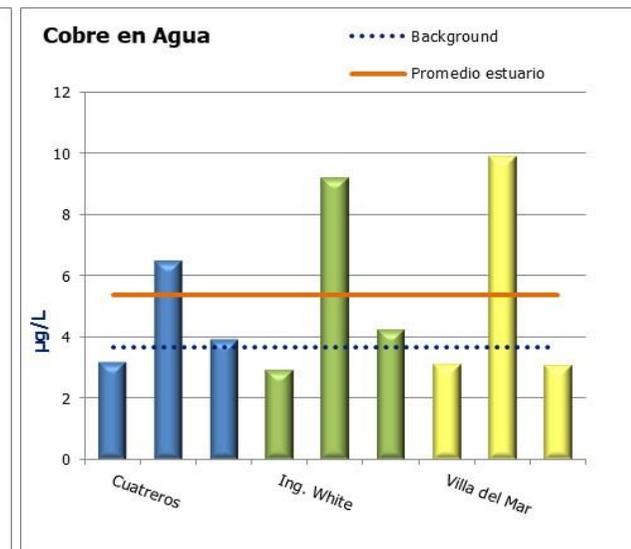
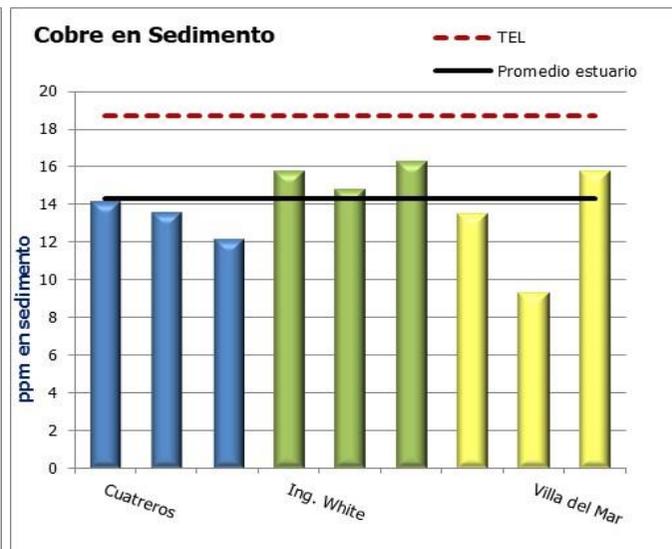
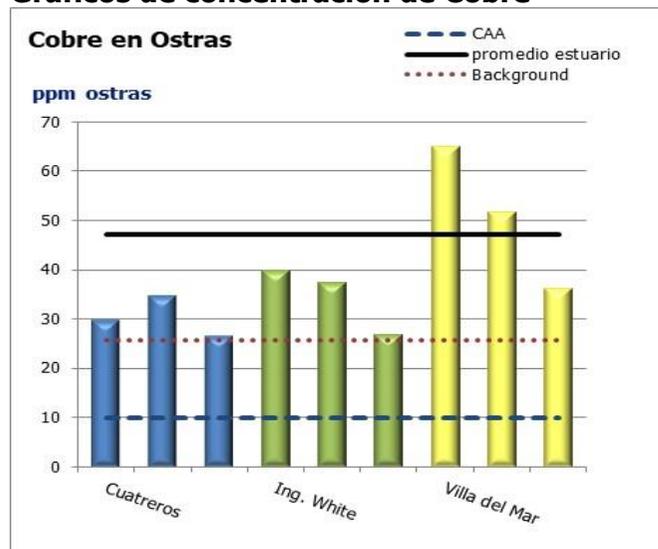


Gráficos de concentración de Plomo

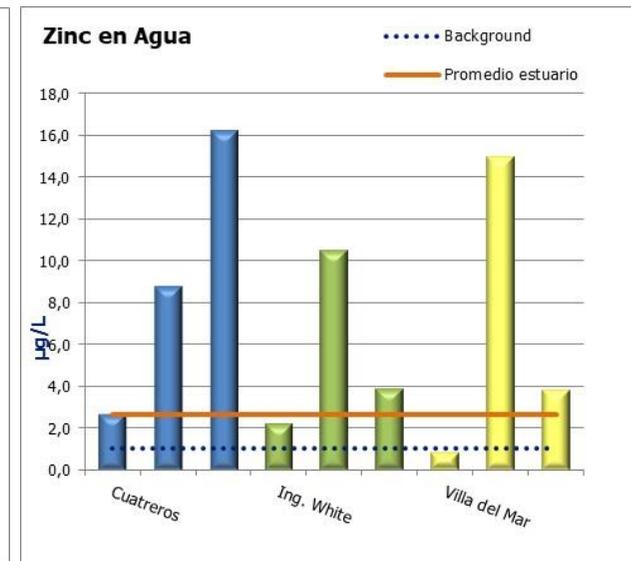
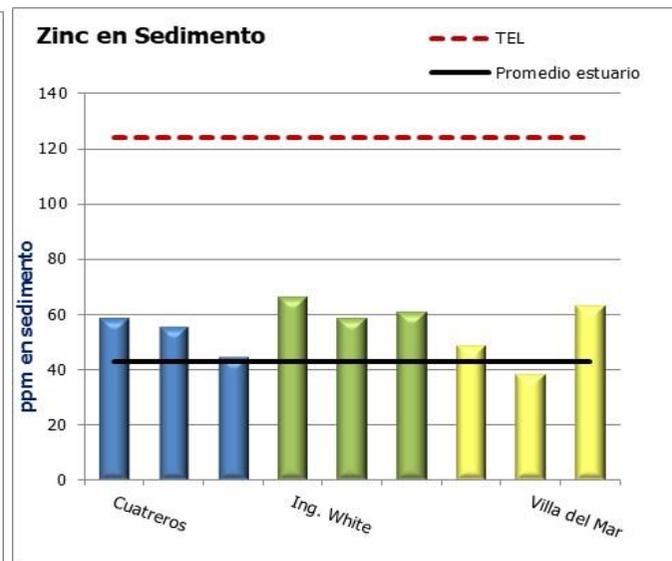
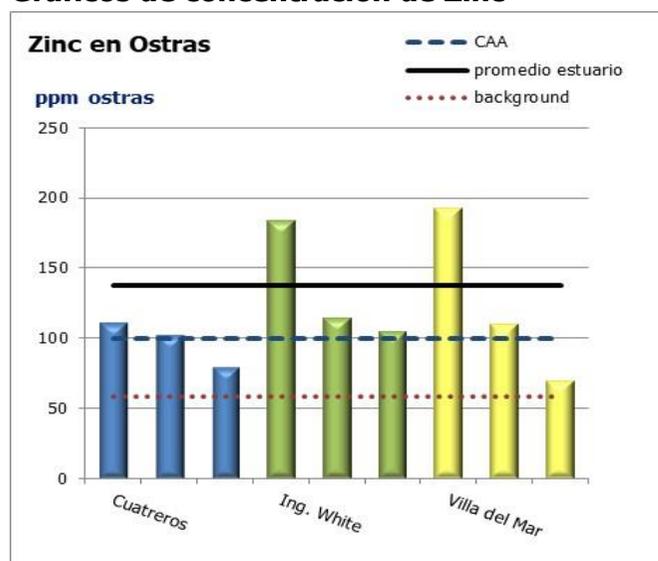




Gráficos de concentración de Cobre



Gráficos de concentración de Zinc





Gráficos de concentración de Mercurio

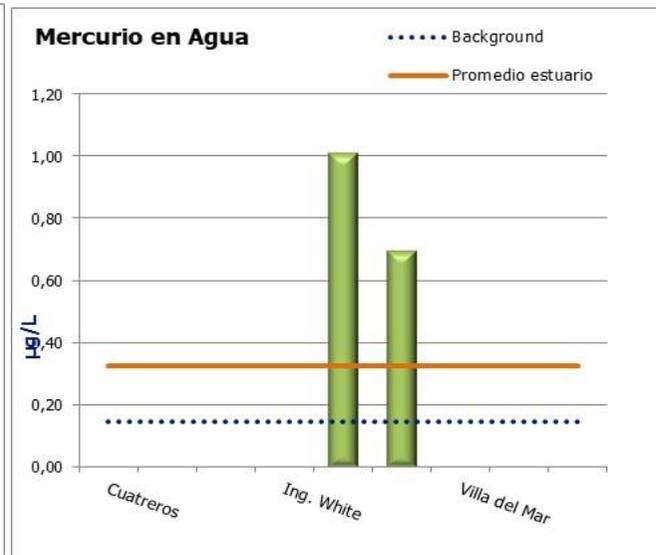
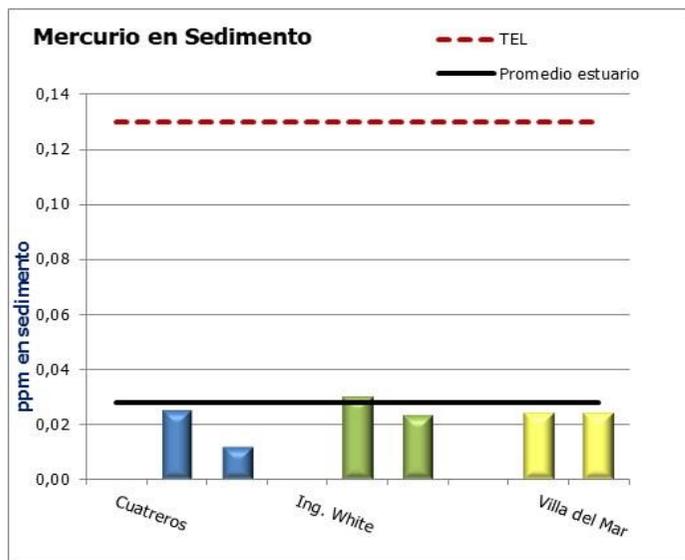




Tabla 1: Concentraciones mundiales de metales en tejido blando de ostras, promedio y umbral de contaminación (ppm en peso húmedo)

Especie	Lugar	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Referencia
<i>Crassostrea gigas</i>	Ing. White. Estuario de Bahía Blanca	0,37	0,07	49,8	0,003	0,14	0,07	177	Promedio PIM 2013-2021
<i>Crassostrea gigas</i>	Cuatrerros. Estuario de Bahía Blanca	0,37	0,07	41,8	0,007	0,13	0,06	125	Promedio PIM 2013-2021
<i>Crassostrea gigas</i>	Villa del Mar. Estuario de Bahía Blanca	0,40	0,11	50,1	0,004	0,15	0,05	95	Promedio PIM 2013-2021
<i>Crassostrea gigas</i>	Los Pocitos. Bahía Anegada	0,48	0,11	25,8	0,011	0,08	0,05	58	Promedio PIM 2013-2021
<i>Crassostrea gigas</i>	Taiwán (China)*	0,19	-	23-410	0,019	0,55	1,29	110-172	Hsu (1979), Han y Hung (1990), Young y Hsien (2003)
<i>Crassostrea gigas</i>	Bahía Hansan-Koje (Corea)*	0,54	-	6,3	-	-	-	110	Hwang <i>et al.</i> (1986)
<i>Crassostrea gigas</i>	Sedenia (Italia)	0,15	-	-	0,017	-	0,108	-	Piras <i>et al.</i> (2013)
<i>Crassostrea gigas</i>	Golfo de Vizcaya (España)*	0,2	3,8	74,9	0,146	0,48	0,578	416	Solaun <i>et al.</i> (2013)
<i>Crassostrea gigas</i>	Bahía Kaneohe (EEUU)*	-	-	33,5	-	-	0,122	173	Hunter <i>et al.</i> (1995)
<i>Crassostrea gigas</i>	Río Tamar (Australia)*	-	-	14,5-38,1	-	-	0-0,8	446-2984	Ayling (1974)
<i>Crassostrea gigas</i>	Knysna (Sudafrica)*	1,8	-	6,6	-	0,32	-	85	Watling y Watling (1976)
<i>Crassostrea gigas</i>	Isla Kyushu (Japón)*	3,92	-	1022	-	-	2,9	-	Szefer <i>et al.</i> (1997)
<i>Crassostrea gigas</i>	Costa Escocesa	0,32	0,5	13,8	-	0,823	0,12	231	McIntosh <i>et al.</i> (2002)
<i>Crassostrea angulata</i>	Estuario de Guadalquivir (España)*	-	-	595,8	-	-	-	1946	Cordon (1987)
<i>Crassostrea virginica</i>	Long Island Sound (EE.UU.)*	-	-	114-216	-	-	-	-	Zarogian (1979)
<i>Crassostrea virginica</i>	Bahía de St. Louis (EE.UU.)*	-	-	9,2-39,4	-	-	-	52-1026	Lytle y Lytle (1982)
<i>Crassostrea virginica</i>	Costa Atlántica (EE.UU.)	-	0,4	91,5	-	0,19	0,47	1428	Pringle <i>et al.</i> (1968)
<i>Crassostrea virginica</i>	Bahía Chesapeake (EE.UU.)	3,41	-	10,9-273	-	-	-	505-3033	Wright <i>et al.</i> (1985)
<i>Crassostrea virginica</i>	Veracruz (México)	7,32-11,77	20-33,6	202-280	-	7,62-14	21,42-11	157-3352	Lango-Reynoso <i>et al.</i> (2010), Ávila Perez <i>et al.</i> (1993), Anton (2002), Galaviz (2003) y Guzman (2005)
<i>Crassostrea virginica</i>	México*	0,82	-	65,2	-	-	1,76	126	Vázquez <i>et al.</i> (1993)
<i>Crassostrea margaritacea</i>	Costa sur de Suráfrica*	-	-	1-19,4	-	-	-	25-1303	Watling y Watling (1974)
<i>Crassostrea madrasensis</i>	Estuario Ennore (India)*	0,53	4,6	47,6	-	2,9	1,005	150,5	Joseph y Srivastava (1993)
<i>Crassostrea brasiliensis</i>	Bahía Sepetiba (Brasil)*	1,9	1,606	4,9	-	3,62	2,7	1900	Lima <i>et al.</i> (1986); Gomes <i>et al.</i> (1991)
<i>Crassostrea brasiliensis</i>	Bahía Guanabara (Brasil)*	0,08	-	29,6	-	0,68	<0,26	260,6	Gomes <i>et al.</i> (1991)
<i>Crassostrea brasiliensis</i>	Estuario de Cananéia (Brasil)	11	-	2,6	0,02	-	0,08	393	Machado <i>et al.</i> (2002)
<i>Crassostrea iridescens</i>	El Salvador*	< 0,24	3,16	124,4	-	2,12	<0,24	408	Michel y Zengel (1998)
<i>Crassostrea iridescens</i>	Mazatlan (México)*	3,6	-	20	-	1,7	-	402	Paez-Osuna y Marmolejo Rivas (1990)
<i>Crassostrea rhizophorea</i>	Estuario Río Cocó y Ceará (Brasil)*	1,07	0,35	3,7	-	-	-	236	Gonçalves <i>et al.</i> (2007)
<i>Saccostrea commercialis</i>	Puerto Jackson (Australia)	-	-	149-175	0,01-0,03	-	0,9-1,1	861-1176	Scanes y Roach (1999)
<i>Saccostrea commercialis</i>	Estuario Pittwater (Australia)	-	-	308	-	-	-	469	Birch y Hogg (2011)
Ostras	Promedio Mundial*	0,54	0,198	12,4	0,078	0,186	0,206	82	Cantillo (1998) NOAA (1997)
Ostras	Umbral de contaminación*	0,74	0,50	60	0,046	0,68	0,64	800	Cantillo (1998) NOAA (1997)

*Valores originales calculados en peso seco, transformados a peso húmedo multiplicando por 0,2 (se asume contenido de humedad del 80%)

ANEXO II: MONITOREO DE ARROYOS

Tabla 1. Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del canal Maldonado, durante el 2020/21 y los niveles de referencia.

Canal Maldonado	2020	2021						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	18/2/2020	11/2/2021		19/7/2021		26/10/2021			
	fisicoquímico								
	agua	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	9,6	9,1	-	8,6	-	8,5	-	6,5 - 8,5	NE
Temperatura (°C)	24,4	28,9	-	8,2	-	22,7	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	1,89	2	-	1,95	-	2,03	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	23	83	-	17	-	24,8	-	≤ 100	NE
SS10' (ml/l)	< LD	< LD	-	< LD	-	< 0,1	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	< LD	< LD	-	< LD	-	< 0,2	-	NE	NE
DQO (mg/l)	39	< LD	-	31	-	38	-	NE	NE
DBO (mg/l)	18	< LD	-	< LD	-	22	-	≤ 10	NE
N _{tot} (mg/l)	0,4	7	-	4,9	-	10,1	-	NE	NE
P _{tot} (mg/l)	0,2	0,22	-	0,25	-	0,7	-	≤ 0,025	NE
HTP	n/a	< 0,1	-	n/a	-	< 0,1	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	n/a	< 0,001	< 0,1	< 0,001	< 0,1	< 0,001	< 0,1	≤ 0,075	0,596
Níquel (ppm)	n/a	0,00200	15,1	0,003	4,5	< 0,001	4	≤ 0,05	18
Zinc (ppm)	n/a	< 0,002	67,8	0,004	123	0,003	94,3	≤ 7,5	123,1
Plomo (ppm)	n/a	< 0,005	3,6	< 0,005	26,5	< 0,001	5,5	≤ 0,025	35
Cobre (ppm)	n/a	< 0,001	17,8	0,003	47,9	< 0,001	15,9	≤ 5	35,7
Cromo (ppm)	n/a	< 0,001	11,1	< 0,001	3,8	< 0,001	5,2	≤ 0,125	37,3
Mercurio (ppm)	< LD	< LD	< 0,1	< LD	0,035	< LD	0,017	≤ 0,025	0,174
	bacteriológico								
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	2500	4000		3800		6300		≤ 126 (*)	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	66000	33000		94000		112400		NE	
<i>Salmonella</i> spp (UFC/250ml)	n/a	n/a		n/a		n/a		NE	

n/a: no analizado
NE: no especificado
LD: Límite de detección

Los resultados en agua con **negrita** indican que sobrepasaron los valores límite para uso recreativo de la Resolución 42/2006, (*) Media geométrica de coliformes fecales expresada como límite para *E. coli*. Los resultados en sedimento con **negrita** indican que sobrepasan el nivel guía "TEL" establecido por la NOAA (SQuiRTs) para la protección de la vida acuática.

Tabla 2. Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Napostá, durante el 2020/21 y los niveles de referencia.

Arroyo Napostá	2020	2021						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	18/2/2020	11/2/2021		19/7/2021		26/10/2021			
fisicoquímico									
		agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,3	8,5	-	8,2	-	8,4	-	6,5 - 8,5	NE
Temperatura (°C)	20,2	25,5	-	10,7	-	18,1	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	1,38	1,5	-	2,06	-	2,24	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	75	35	-	9	-	5,2	-	≤ 100	NE
SS10' (ml/l)	< LD	< LD	-	< LD	-	< 0,2	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	< LD	7	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DQO (mg/l)	< LD	7	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DBO (mg/l)	18	< LD	-	< LD	-	< LD	-	≤ 10	NE
N _{tot} (mg/l)	0,8	< LD	-	4,4	-	1,6	-	NE	NE
P _{tot} (mg/l)	0,24	0,09	-	0,34	-	0,34	-	≤ 0,025	NE
HTP	n/a	< 0,1	-	n/a	-	< 0,1	-	NE	NE
BTEX	n/a	n/a	-	n/a	-	n/a	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	n/a	< 0,001	< 0,1	< 0,001	< 0,1	< 0,001	< 0,1	≤ 0,075	0,596
Níquel (ppm)	n/a	< 0,002	11,6	0,002	3	< 0,001	5,7	≤ 0,05	18
Zinc (ppm)	n/a	< 0,002	134	0,005	57,7	0,001	79,2	≤ 7,5	123,1
Plomo (ppm)	n/a	< 0,005	11,6	< 0,005	4,3	< 0,001	4,3	≤ 0,025	35
Cobre (ppm)	n/a	< 0,001	26,8	0,001	8,7	< 0,001	15	≤ 5	35,7
Cromo (ppm)	n/a	< 0,001	9,1	< 0,001	2	< 0,001	7,3	≤ 0,125	37,3
Mercurio (ppm)	< LD	< LD	< 0,1	< LD	0,018	< LD	0,024	≤ 0,025	0,174
bacteriológico									
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	1000	1100		4900		3700		≤ 126 (*)	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	44600	31000		45000		37100		NE	

n/a: no analizado

NE: no especificado

LD: Límite de detección

Los resultados en agua con **negrita** indican que sobrepasaron los valores límite para uso recreativo de la Resolución 42/2006, (*) Media geométrica de coliformes fecales expresada como límite para *E. coli*. Los resultados en sedimento con **negrita** indican que sobrepasan el nivel guía "TEL" establecido por la NOAA (SQuiRTs) para la protección de la vida acuática.

Tabla 3. Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Sauce Chico, durante el 2021 y los niveles de referencia.

Arroyo Sauce Chico	2021						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	19/4/2021		19/7/2021		7/12/2021			
fisicoquímico								
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,5	-	8,7	-	8,3	-	6,5 - 8,5	NE
Temperatura (°C)	20,2	-	5,1	-	21,6	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	0,98	-	1,2	-	0,5	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	72	-	4,2	-	n/a	-	≤ 100	NE
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	0,1	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	0,8	-	NE	NE
DQO (mg/l)	< 5	-	< LD	-	44	-	NE	NE
DBO (mg/l)	4,9	-	< LD	-	< LD	-	≤ 10	NE
N _{tot} (mg/l)	0,6	-	1,1	-	< LD	-	NE	NE
P _{tot} (mg/l)	0,18	-	0,13	-	0,25	-	≤ 0,025	NE
HTP	< 0,1	-	n/a	-	< 0,1	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	< 0,001	< 0,1	< 0,001	< 0,1	< 0,001	< 0,1	≤ 0,075	0,596
Níquel (ppm)	0,003	3,9	0,001	4,4	< 0,001	5,9	≤ 0,05	18
Zinc (ppm)	0,003	19,8	0,003	23,7	0,002	24,9	≤ 7,5	123,1
Plomo (ppm)	< 0,005	1,4	< 0,005	3,6	< 0,001	3,8	≤ 0,025	35
Cobre (ppm)	0,004	5,3	< 0,001	7,6	0,007	10,1	≤ 5	35,7
Cromo (ppm)	< 0,001	3,5	< 0,001	3,9	< 0,001	6,5	≤ 0,125	37,3
Mercurio (ppm)	< LD	n/a	< LD	< LD	< LD	0,006	≤ 0,025	0,174
bacteriológico								
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	500		400		600		≤ 126 (*)	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	9700		4400		15760		NE	

n/a: no analizado
NE: no especificado
LD: Límite de detección

Los resultados en agua con **negrita** indican que sobrepasaron los valores límite para uso recreativo de la Resolución 42/2006, (*) Media geométrica de coliformes fecales expresada como límite para *E. coli*. Los resultados en sedimento con **negrita** indican que sobrepasan el nivel guía "TEL" establecido por la NOAA (SQuiRTs) para la protección de la vida acuática.

Tabla 4. Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Saladillo de García, durante el 2021 y los niveles de referencia.

Arroyo Saladillo de García	2021						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	19/4/2021		19/7/2021		7/12/2021			
fisicoquímico								
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,4	-	8,7	-	8,4	-	6,5 - 8,5	NE
Temperatura (°C)	20,2	-	3,9	-	20,3	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	4,26	-	4,6	-	5,6	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	230	-	2,5	-	n/a	-	≤ 100	NE
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	n/a	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	0,4	-	< LD	-	n/a	-	NE	NE
DQO (mg/l)	25	-	20	-	90	-	NE	NE
DBO (mg/l)	6,5	-	< LD	-	6,5	-	≤ 10	NE
N _{tot} (mg/l)	1,2	-	1,7	-	< LD	-	NE	NE
P _{tot} (mg/l)	0,51	-	0,37	-	0,64	-	≤ 0,025	NE
HTP	< 0,1	-	n/a	-	< 0,1	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	< 0,001	< 0,1	< 0,001	< 0,1	< 0,001	< 0,1	≤ 0,075	0,596
Níquel (ppm)	0,001	8,8	0,003	8,1	0,004	9,2	≤ 0,05	18
Zinc (ppm)	0,006	58,1	0,009	54,1	0,003	44,5	≤ 7,5	123,1
Plomo (ppm)	< 0,005	3,7	< 0,005	3,5	< 0,001	8,9	≤ 0,025	35
Cobre (ppm)	0,002	17,7	0,003	16,5	0,008	21,2	≤ 5	35,7
Cromo (ppm)	< 0,001	6,5	< 0,001	5,8	< 0,001	7,7	≤ 0,125	37,3
Mercurio (ppm)	0,0006	n/a	< LD	0,028	< LD	0,029	≤ 0,025	0,174
bacteriológico								
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	1200		1100		2500		≤ 126 (*)	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	65200		18860		66000		NE	

n/a: no analizado

NE: no especificado

LD: Límite de detección

Los resultados en agua con **negrita** indican que sobrepasaron los valores límite para uso recreativo de la Resolución 42/2006, (*) Media geométrica de coliformes fecales expresada como límite para *E. coli*. Los resultados en sedimento con **negrita** indican que sobrepasan el nivel guía "TEL" establecido por la NOAA (SQuiRTs) para la protección de la vida acuática.

Gráfico 1: Histórico de *Escherichia coli* en el arroyo Napostá Grande y canal Maldonado

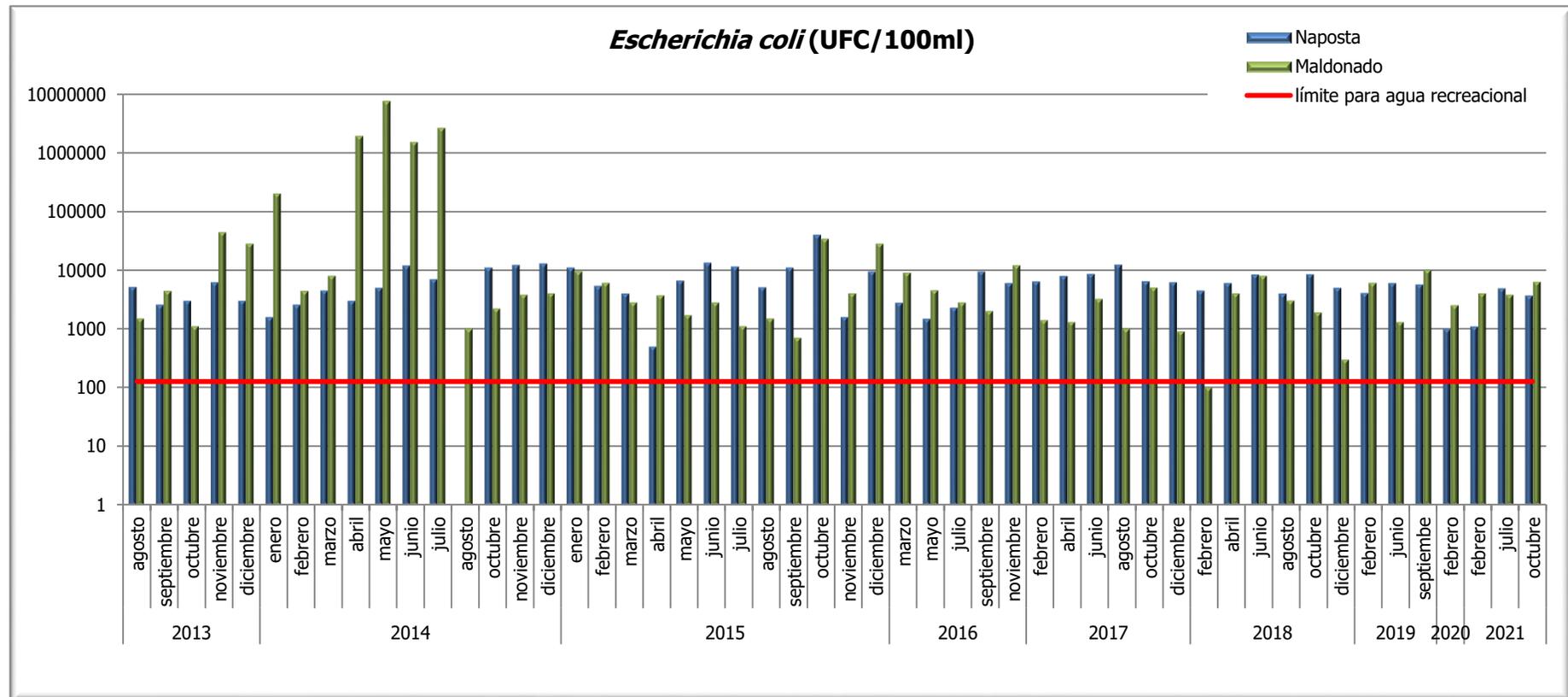
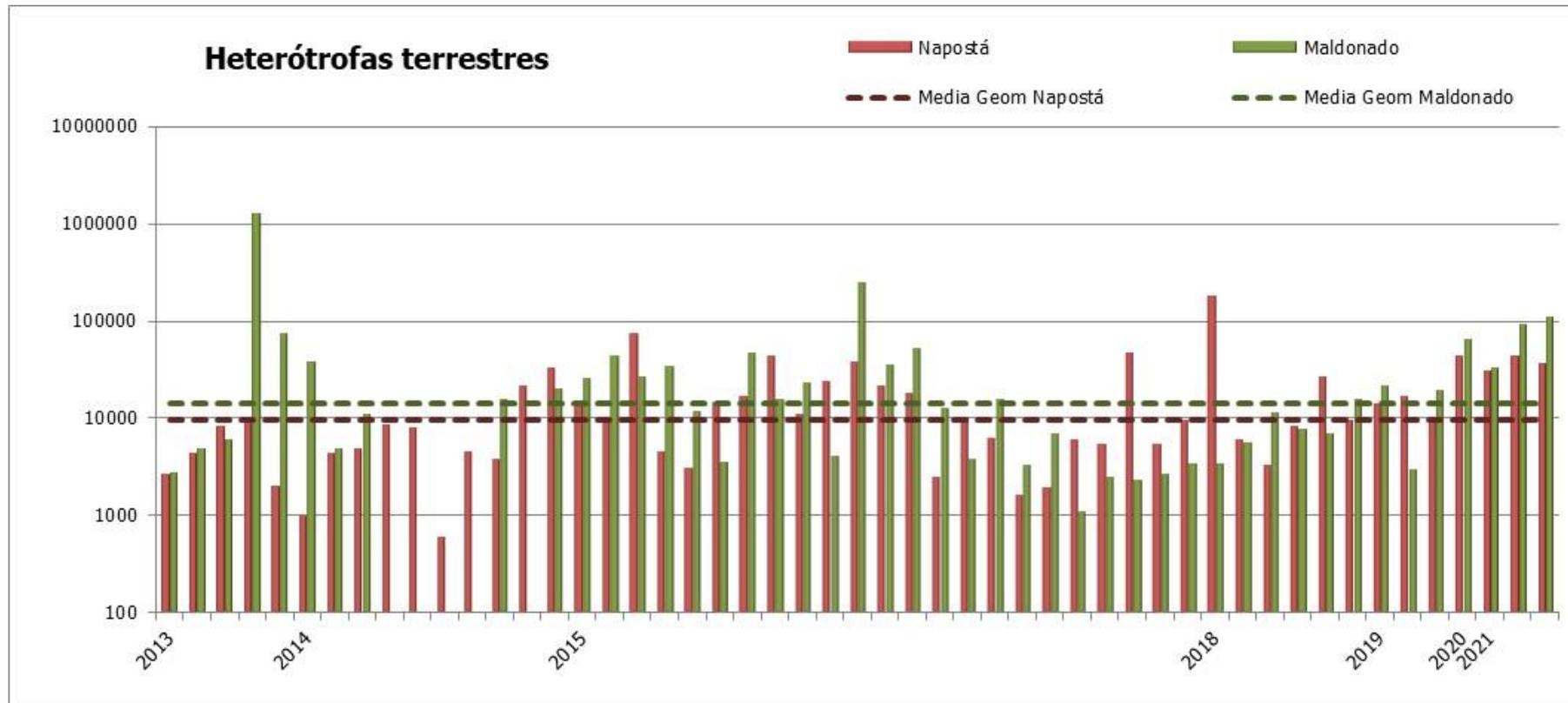


Gráfico 2: Histórico de *heterótrofas terrestres* en el arroyo Napostá Grande y canal Maldonado





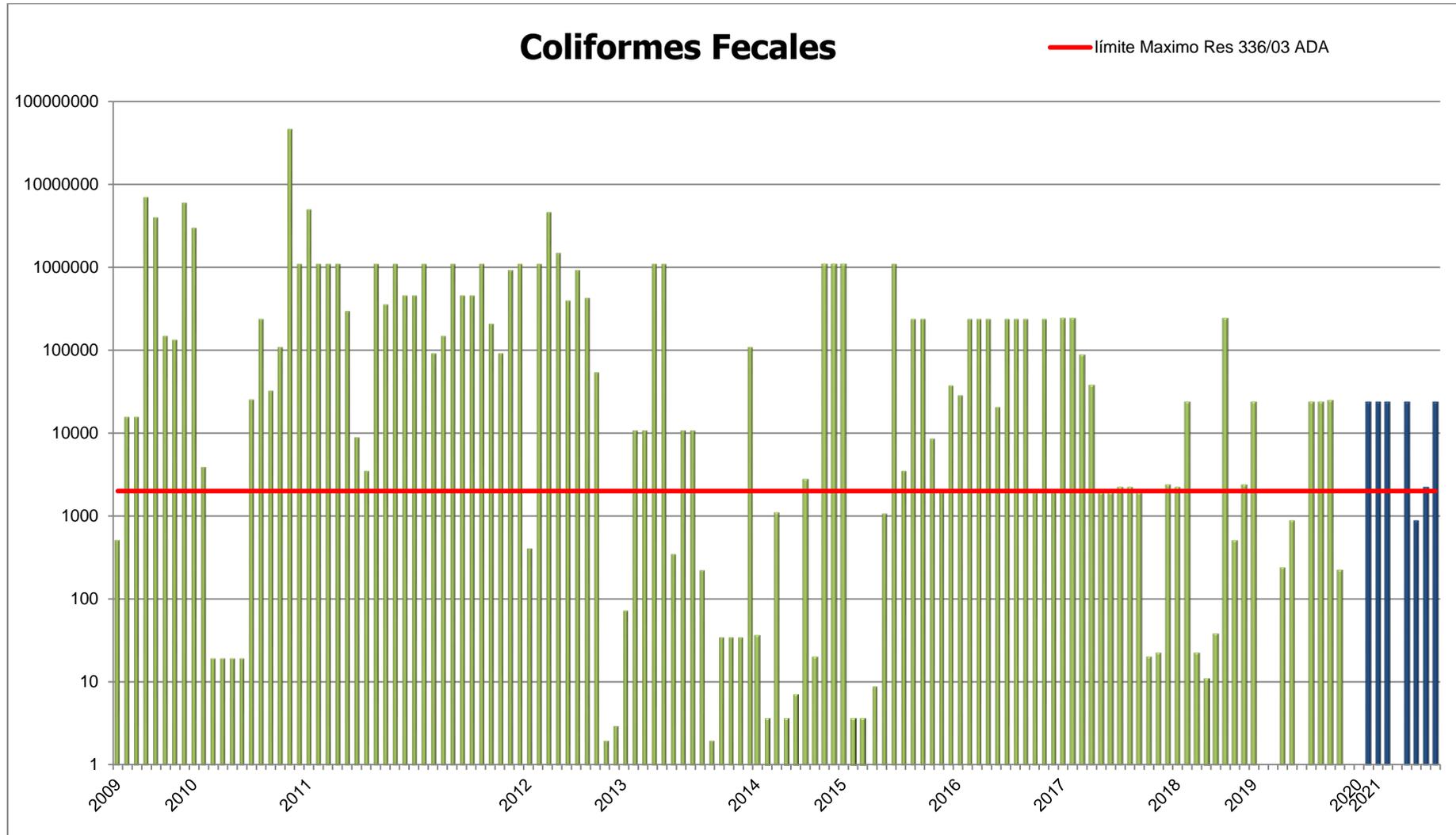
ANEXO III: MONITOREO DE LA DESCARGA CLOACAL 3^{RA} CUENCA

Tabla 1: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la 3^{ra} Cuenca, durante 2020/21.

3ra Cuenca	2020		2021							Límite Res. 336/03
	21-ene	18-feb	1-feb	23-mar	19-may	6-jul	17-ago	26-oct	7-dic	
Fisicoquímico										
pH (upH)	7,6	7,6	7,3	7,5	7,4	7,4	7,6	7,6	7,2	6,5 - 10,0
Temperatura (°C)	24,4	24,2	25,7	23	19,5	17,8	16,8	20,4	22,8	≤ 45
Conductividad (mS/c)	1,59	1,3	1,83	1,54	1,77	1,55	1,7	1,65	1,61	NE
Turbidez (NTU)	22,9	38	25	30,6	28,9	19	24,8	13,3	n/a	NE
SS10' (ml/l)	< LD	0,2	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,1	< LD	ausente
SS120' (ml/l)	< LD	0,8	< LD	0,1	0,2	< LD	0,2	0,1	0,1	≤ 0,1
Cloro residual (mg/l)	7,8	< LD	< LD	< LD	< LD	3,5	0,1	n/a	0,1	≤ 0,5
DQO (mg/l)	25	70	17	26	33	17	41	74	46	≤ 250
DBO (mg/l)	7,6	27	7,6	7,6	< LD	9,8	5,4	25	15,3	≤ 50
N _{tot} (mg/l)	33,2	0,6	16,9	30,6	24,4	16,1	21,2	18,6	10,4	≤ 35
P _{tot} (mg/l)	2,5	2,92	2,8	2,9	3,3	2,4	3,9	3,2	3,3	≤ 1,0
HTP (mg/l)	n/a	n/a	< 0,1	n/a	< 0,1	n/a	n/a	1,3	< 0,1	≤ 30
Cadmio (mg/l)	n/a	n/a	< 0,001	n/a	< 0,001	n/a	< 0,001	n/a	< 0,001	≤ 0,1
Niquel (mg/l)	n/a	n/a	0,002	n/a	0,002	n/a	0,003	n/a	0,002	≤ 2,0
Zinc (mg/l)	n/a	n/a	0,012	n/a	0,029	n/a	0,002	n/a	0,008	≤ 2,0
Plomo (mg/l)	n/a	n/a	< 0,005	n/a	< 0,005	n/a	< 0,005	n/a	< 0,001	≤ 0,1
Cobre (mg/l)	n/a	n/a	< 0,001	n/a	0,001	n/a	0,004	n/a	0,007	≤ 1,0
Cromo (mg/l)	n/a	n/a	< 0,001	n/a	0,001	n/a	< 0,001	n/a	< 0,001	≤ 2,0
Mercurio (mg/l)	0,0018	0,0003	< LD	n/a	< LD	< LD	0,0011	0,0013	< LD	≤ 0,005
Bacteriológico										
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml)	10	23400	11200	18900	< LD	18900	19300	4800	42200	NE
Coliformes fecales (NMP/100ml)	< 200	24000	24000	24000	< 200	24000	880	2200	24000	≤ 2000
n/a: no analizado										
NE: no especificado										
LD: Límite de detección										



Gráfico 1: Histórico de Coliformes fecales de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la 3^{ra} Cuenca.



ANEXO IV: Evaluación del impacto bacteriológico de la descarga cloacal de la 3^{ra} cuenca en la zona interna del estuario

Tabla 1: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la zona del ex club Almirante Brown, durante 2020/21.

Alte Brown	2020		2021							
	18-feb		11-feb		19-may		17-ago		7-dic	
Fisicoquímico										
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,4	-	8,2	-	7,9	-	8,3	-	7,7	-
Temperatura (°C)	23,4	-	n/a	-	14,3	-	12,3	-	20,5	-
Conductividad (mS/cm)	56,8	-	65,4	-	58,5	-	58,2	-	59,6	-
Turbidez (NTU)	480	-	n/a	-	87,6	-	58,1	-	302	-
N _{tot} (mg/l)	6,00	-	< LD	-	0,4	-	< LD	-	< LD	-
P _{tot} (mg/l)	0,26	-	0,08	-	0,06	-	0,08	-	0,18	-
Cadmio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	n/a	n/a	0,19	< 0,1	0,09	< 0,1	0,1	< 0,1	0,014	< 0,1
Niquel en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	n/a	n/a	0,39	9,6	3,80	8,4	3,7	7,3	0,24	8,1
Zinc en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	n/a	n/a	5,1	23,7	14,9	129	13,1	127	2,14	59,5
Plomo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	n/a	n/a	1,80	1,3	0,94	4,5	1,06	6	0,35	10
Cobre en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	n/a	n/a	7,2	15,6	7,8	16,1	8,6	13,1	2,8	16
Cromo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	n/a	n/a	0,21	10,4	3,90	6,4	4,3	5,1	0,93	6,4
Mercurio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,30	n/a	0,33	<0,1	0,03	n/a	0,24	0,017	0,70	0,018
Bacteriológico										
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml o g peso seco)	1200	75	200	1200	1400	850	1400	1030	2500	240
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml o g peso seco)	4300	1900	3500	4900	4800	3540	900	1100	1300	2600
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	2900	-	500	-	6500	-	7600	-	2700	-
Heterótrofas marinas (UFC/ml)	62000	-	199000	-	11500	-	17000	-	27000	-
n/a: no analizado										
LD: Límite de detección										

Gráfico 2: Histórico de indicadores bacterianos en Almirante Brown.

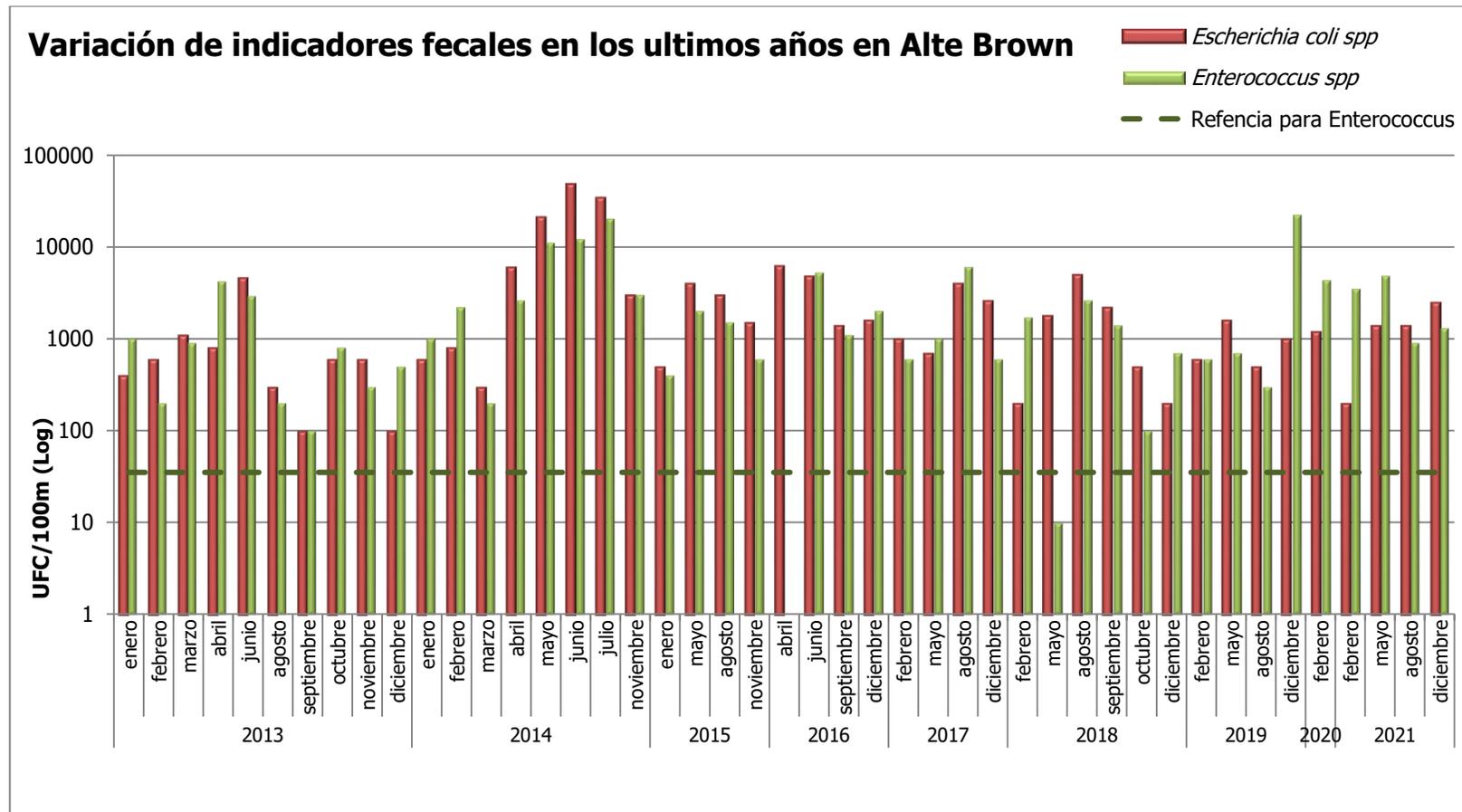
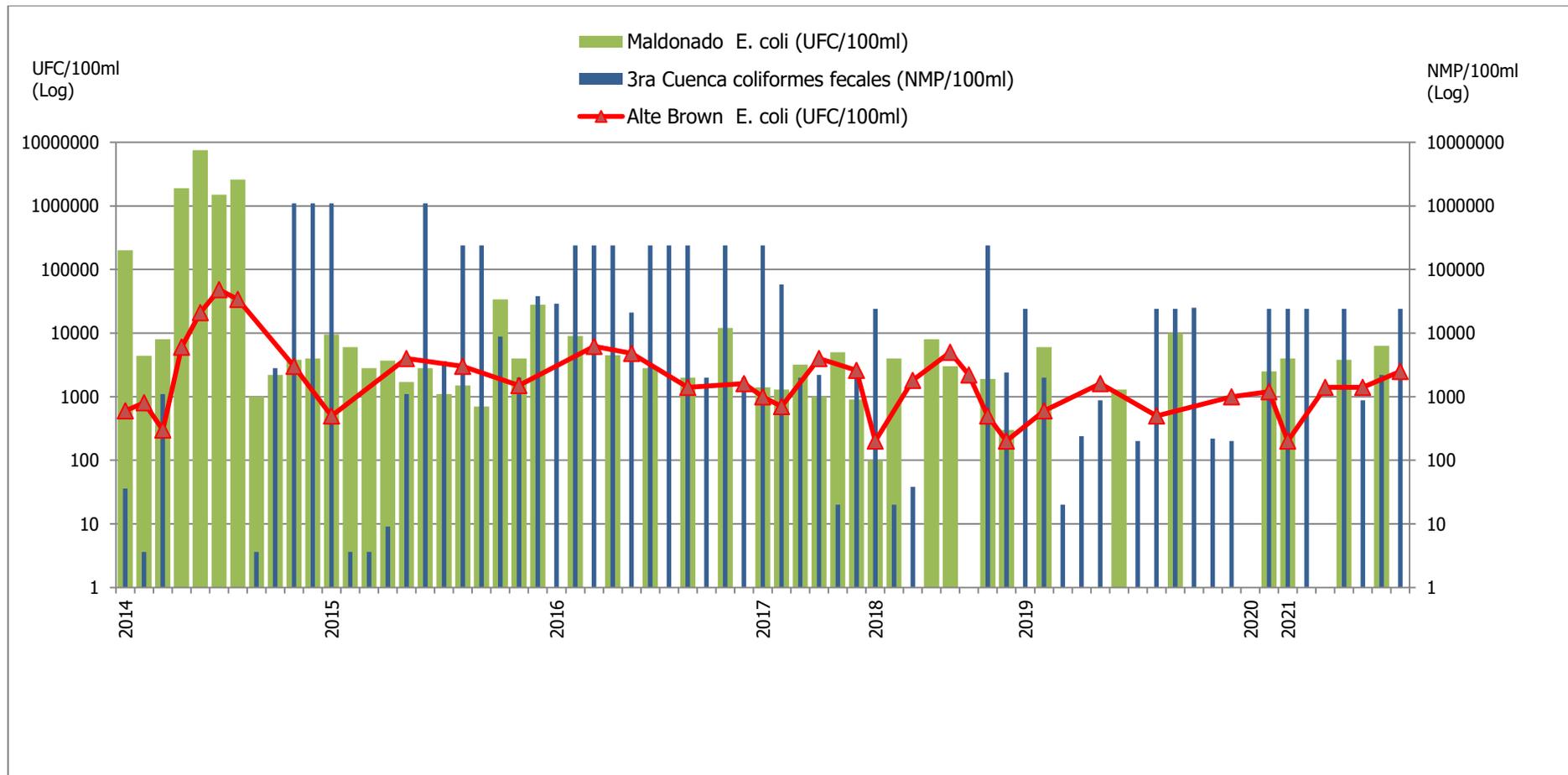


Gráfico 3: Histórico de indicadores bacterianos comparativo entre canal Maldonado, 3ª Cuenca y Almirante Brown.



ANEXO V: MONITOREO DE LA DESCARGA CLOACAL 1^{RA} CUENCA**Tabla 1:** Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la 1^{ra} Cuenca, durante 2021.

1ra Cuenca	2021				Límite Ley 11820
	19-feb	19-jul	26-oct	7-dic	
Fisicoquímico					
pH (upH)	7,5	7,7	7,7	7,1	6,5 - 10,0
Temperatura (°C)	22,9	13,1	20,1	23,3	≤ 45
Conductividad (mS/cm)	1,85	1,9	1,7	1,71	NE
Turbidez (NTU)	14,2	101	63	60	NE
SS10' (ml/l)	< LD	< LD	< 0,1	< 0,1	ausente
SS120' (ml/l)	< LD	< LD	< 0,1	< 0,1	≤ 0,1
Cloro residual (mg/l)	< LD	n/a	n/a	n/a	NE
DQO (mg/l)	80	144	90	76	≤ 250
DBO (mg/l)	14,2	48,8	36	22,4	≤ 50
N _{tot} (mg/l)	22,2	31,8	26,2	14,4	≤ 10 *
P _{tot} (mg/l)	2,7	2,7	2,8	2,7	≤ 1,0 *
HTP (mg/l)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	≤ 30
Cadmio (mg/l)	< 0,001	< 0,001	n/a	< 0,001	≤ 0,1
Niquel (mg/l)	0,003	0,002	n/a	0,002	≤ 2,0
Zinc (mg/l)	0,003	0,023	n/a	0,008	≤ 2,0
Plomo (mg/l)	< 0,005	< 0,005	n/a	< 0,001	≤ 0,1
Cobre (mg/l)	< 0,001	0,001	n/a	0,008	≤ 1,0
Cromo (mg/l)	< 0,001	< 0,001	n/a	< 0,001	≤ 2,0
Mercurio (mg/l)	< LD	0,0002	< LD	< LD	≤ 0,005
Bacteriológico					
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml)	52800	156000	244800	196000	NE
Coliformes fecales (NMP/100ml)	> 24000	240000	> 24000	> 24000	≤ 5000

n/a: no analizado

* límite para descargas a ambientes favorables a procesos de eutrofización

NE: no especificado

LD: Límite de detección