



**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 2022 a diciembre de 2022



## 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:

<b>Tareas</b>	
<b>ESTUARIO DE BAHIA BLANCA</b>	
1. Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Estuario de Bahía Blanca.....	03
2. Bioindicadores Costeros: Ostras.....	32
<b>MONITOREOS DE APORTES NO INDUSTRIALES</b>	
1. Monitoreo de Arroyos.....	44
2. Monitoreo de la Descarga Cloacal 3 <sup>ra</sup> Cuenca.....	49
3. Evaluación del Impacto Bacteriológico de la Descarga Cloacal de la 3 <sup>ra</sup> Cuenca en la Zona Interna del Estuario .....	52
4. Monitoreo de la Descarga Cloacal 1 <sup>ra</sup> Cuenca.....	58
<b>ANEXO .....</b>	<b>64</b>



## **ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA**

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

#### **1.1 Campañas oceanográficas y muestreos**

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.

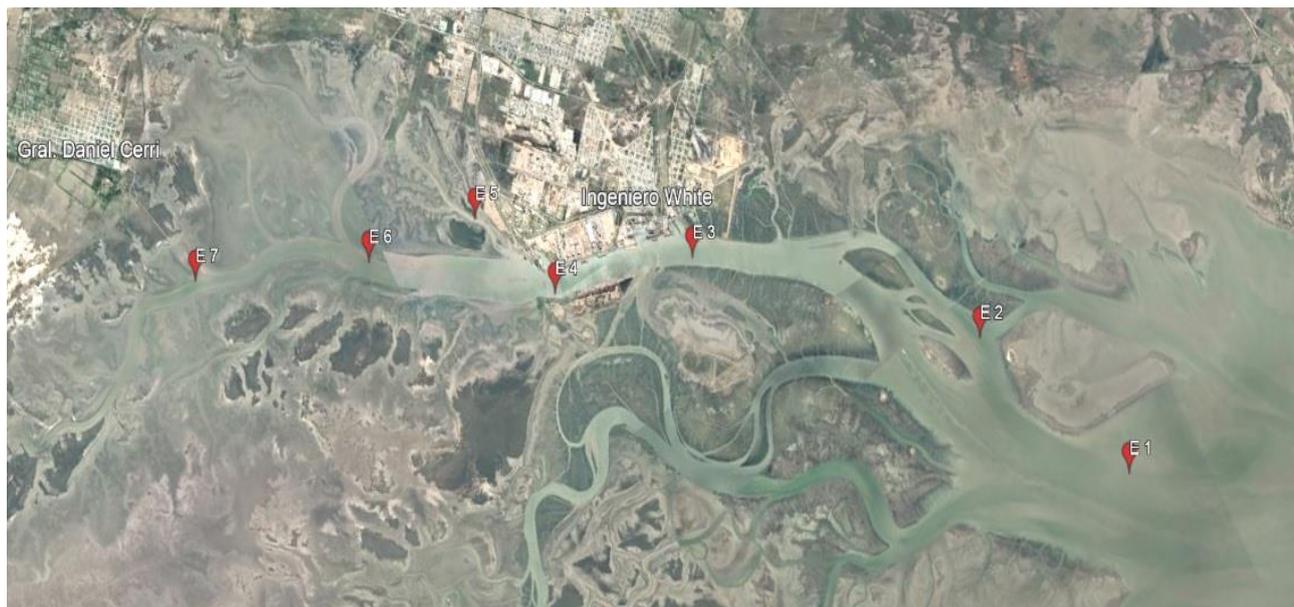
**Laboratorio de Química Analítica Ambiental, Departamento de Química-UNS:** para la determinación de nutrientes inorgánicos disueltos (nitrato, nitrito, amonio, fosfato y silicatos) en agua de mar.

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

**Laboratorio de Microbiología, Departamento de Biolo. Bioq. y Farm.–UNS:** para la determinación de *Escherichia coli* en agua y sedimento marinos, bacterias heterótrofas terrestres en agua y bacterias degradadoras de hidrocarburos en sedimento.

##### **1.1.1 Estaciones de monitoreo**

<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>
<b>E1</b>	Boya 26 (frente a Villa del Mar)
<b>E2</b>	Canal La Vieja (prox. al desagüe cloacal 1 <sup>ra</sup> cuenca)
<b>E3</b>	Puerto de Ingeniero White
<b>E4</b>	Puerto Galván (posta de inflamables).
<b>E5</b>	en proximidades del Canal donde descarga Polo Petroquímico
<b>E6</b>	Canal Maldonado
<b>E7</b>	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.

## 1.2 Parámetros analizados

### A. Parámetros oceanográficos y fisicoquímicos.

En cada campaña se realizaron las mediciones de los siguientes parámetros oceanográficos:

In situ: temperatura, pH, turbidez y O<sub>2</sub> disuelto. En laboratorio: nutrientes inorgánicos en agua de mar: Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) y Silicatos (SiO<sub>3</sub>).

### 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 *Escherichia coli* como indicador de la contaminación

fecal y bacterias heterótrofas terrestres.

- En sedimentos superficiales:
  - Búsqueda y cuantificación de bacterias degradadoras de hidrocarburos.

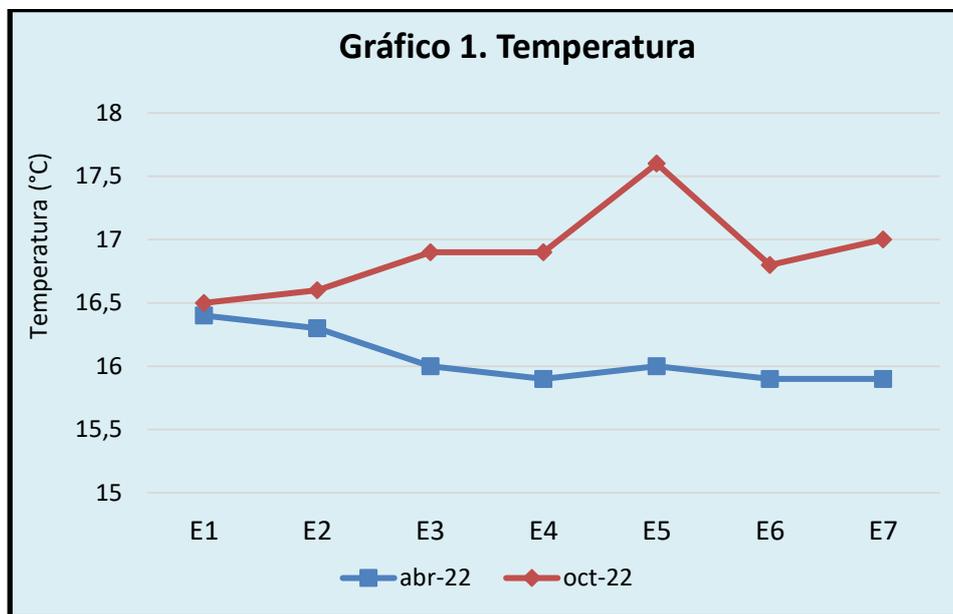
### 1.3 Resultados

Se presentan a continuación los resultados oceanográficos y fisicoquímicos; los metales 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 15,9 y 17,6°C y la variación se corresponde con la mayor o menor influencia continental.



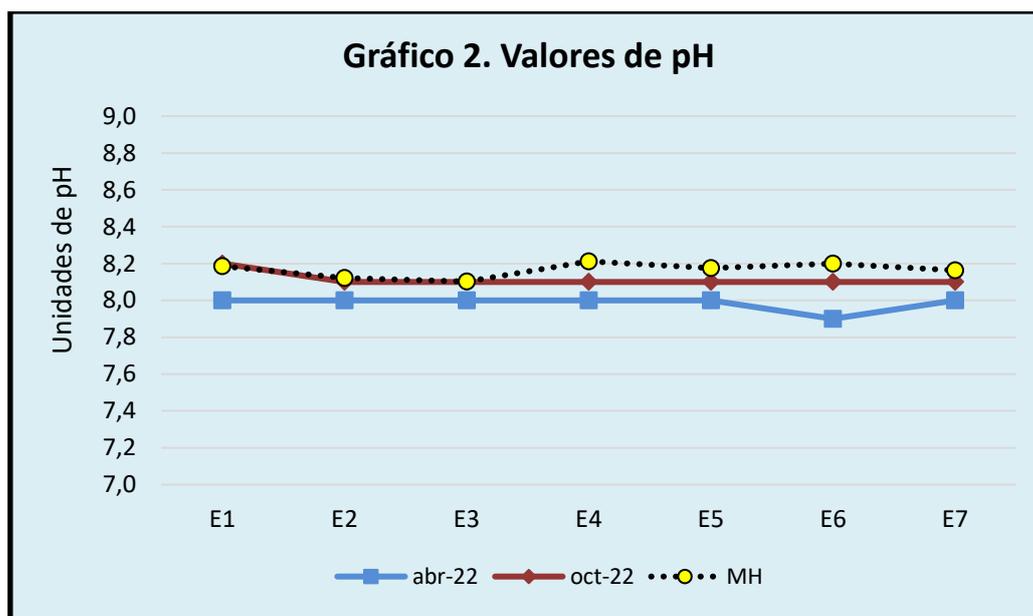
Los valores de este período son similares a los históricos registrados en monitoreos de años previos. El análisis de los valores de temperaturas registrados desde 1999<sup>1</sup> hasta el 2022, se observa en el gráfico1 del ANEXO I- Monitoreo del Estuario página 62

<sup>1</sup> Datos de la Cámara Regional de la Industria Bahía Blanca

## 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 7,9 y 8,2 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) para cada punto de muestreo.



Un análisis temporal de los valores de pH registrados durante las campañas de monitoreo en las 7 estaciones desde 1999<sup>2</sup> hasta el período 2022, puede observarse en el gráfico 2 del ANEXO I- Monitoreo del Estuario página 63. Se mantienen la misma tendencia a lo largo de los registros históricos un valor promedio de 8,2 upH. La mínima registrada fue de 6,3 (upH) en diciembre de 2017 y la máxima de 9,4 (upH) en junio de 2015.

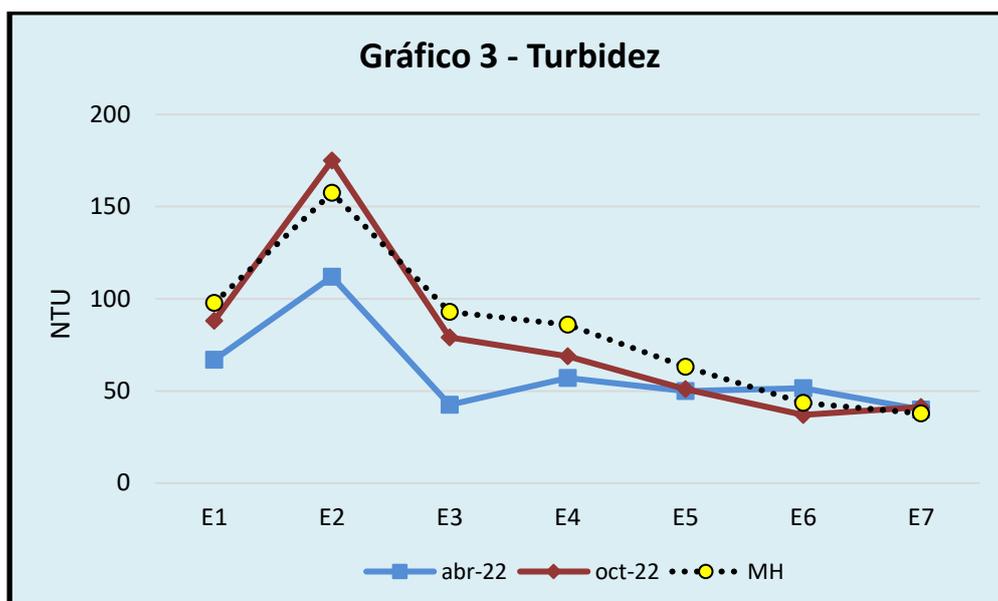
## Turbidez del agua

Los valores de turbidez que se registraron durante las campañas realizadas en el período estudiado mostraron un comportamiento similar al de otros muestreos, con descenso de la turbidez hacia la zona interna del estuario. Los valores registrados oscilaron entre 37 a 175 NTU.

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

<sup>2</sup> Datos de la Cámara Regional de la Industria de Bahía Blanca

Como puede observarse en el gráfico 3, los valores en el sitio E2 en ambos muestreos resultó elevado, posiblemente influenciado por la descarga cloacal de la primera cuenca, próxima a la E2 y sus alrededores. Esto también se observó en el muestreo de diciembre de 2021 como se mencionó en el informe PIM anterior. Los valores del 2022 se encuentran dentro de los registros históricos reportados para este ambiente.



### Salinidad

La conductividad medida se encontró dentro de los valores históricos para este ambiente mostrando una distribución homogénea a los largos de las estaciones de muestreo. Los valores registrados oscilaron entre 52,7 a 61,8 mS/cm.

### Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto solo se midió en la primera campaña cuyos valores se mostraron relativamente estables a lo largo de la grilla de estaciones evaluadas. Los valores registrados oscilaron entre 8,9 a 10,0 mg/L.

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 2022 son similares a los históricamente reportados para este ambiente, y las concentraciones no son estresantes para la biota.

## Nutrientes Inorgánicos

Se realizaron las determinaciones de los nutrientes inorgánicos disueltos Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y Silicatos ( $\text{SiO}_3$ ) en muestras de agua del Estuario de Bahía Blanca tomadas en las 7 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 escuridad. Al desembarcar, fueron derivadas al laboratorio de Química Analítica Ambiental de la UNS donde fueron procesadas. Las muestras fueron filtradas con filtros de fibra de vidrio de  $0,7\mu\text{m}$  de tamaño de poro, previamente combustiónados ( $450^\circ\text{C}-4\text{h}$ ) y preservadas a  $-20^\circ\text{C}$ , excepto la alícuota destinada a la cuantificación de silicatos que fue mantenida a  $4^\circ\text{C}$ .

Se realizaron 2 campañas, la primera el 18 de abril y la segunda el 27 de octubre de 2022. En la Tabla 1a y 1b se presentan los resultados obtenidos como promedio de tres replicas. Las réplicas no difieren en ningún caso en más del 2,5%.

Tabla 1a) concentración promedio ( $n=3$ ) obtenidas para el muestreo de abril de 2022

abr-2022					
Estación de Monitoreo	Nitrato ( $\mu\text{M}$ )	Nitrito ( $\mu\text{M}$ )	Amonio ( $\mu\text{M}$ )	Fosfato ( $\mu\text{M}$ )	Silicatos ( $\mu\text{M}$ )
E1	52,32	5,24	3,16	2,15	51,57
E2	56,82	6,2	7,55	2,21	68,39
E3	56,82	6,69	16,53	3,6	53,34
E4	61,58	6,69	14,78	5,08	52,37
E5	62,39	7,01	18,45	2,98	49,4
E6	60,82	6,23	15,81	2,8	79,52
E7	57,74	5,66	15,25	2,83	44,84

Tabla 1b) concentración promedio (n=3) obtenidas para el muestreo de octubre de 2022

oct-2022					
Estación de Monitoreo	Nitrato (μM)	Nitrito (μM)	Amonio (μM)	Fosfato (μM)	Silicatos (μM)
E1	9,88	0,97	2,13	2,05	36,26
E2	12,7	1,1	7,55	2,7	40,18
E3	16,82	1,22	5,53	3,05	46,64
E4	11,58	1,37	4,59	3,24	63,13
E5	22,39	1,49	3,42	2,86	157,46
E6	23,82	1,37	3,81	3,18	106,03
E7	27,74	1,56	3,25	2,25	59

Para todos los nutrientes se observan los valores más bajos en E1 para ambas fechas de muestreo mientras que los valores más elevados presentan alternancia como se observa en la Fig. 1.

Fig. 1 a)

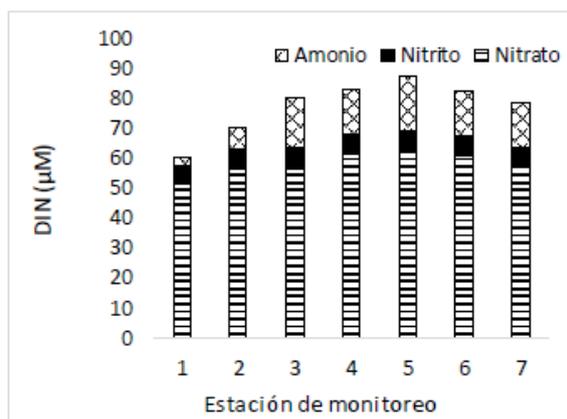


Fig. 1 b)

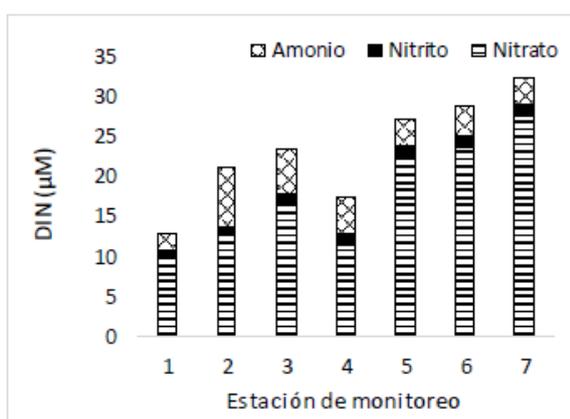
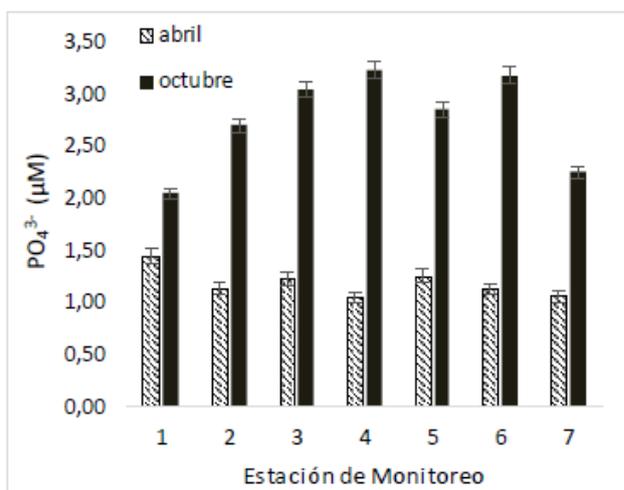
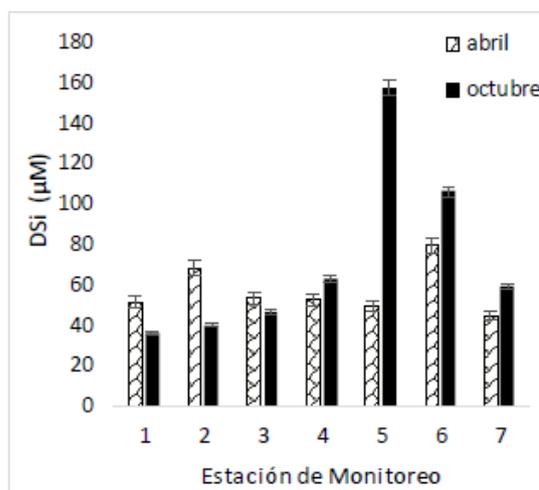


Fig. 1: concentración de nitrato, nitrito y amonio obtenidas para los 7 sitios de muestreo en a) abril y b) octubre. El valor de las barras apiladas representa el Nitrógeno Inorgánico Disuelto (DIN por sus siglas en inglés: dissolved inorganic nitrogen) que es la sumatoria de la concentración de las especies de nitrógeno.

El amonio contribuye al nitrógeno inorgánico disuelto (DIN) en proporciones mayores en E5 (21%) en abril y en E2 (35,4%) en octubre. Por su lado, el nitrito no supera el 8% del DIN siendo el nitrato la especie de nitrógeno de mayor concentración en todos los sitios en ambas fechas.

La concentración de fosfato es en todos los sitios superior en octubre destacándose los sitios intermedios E2 a E6 (Fig. 2a). La concentración de silicatos disueltos en el estuario de Bahía

Blanca está regulada por el ingreso de agua continental, y el egreso, por el uso por parte de diatomeas que dominan el florecimiento fitoplanctónico en el estuario. Sin embargo, otros ingresos de agua podrían ser considerados esporádicamente de magnitud apreciable como sugiere la concentración de E5 en octubre (Fig. 2b).

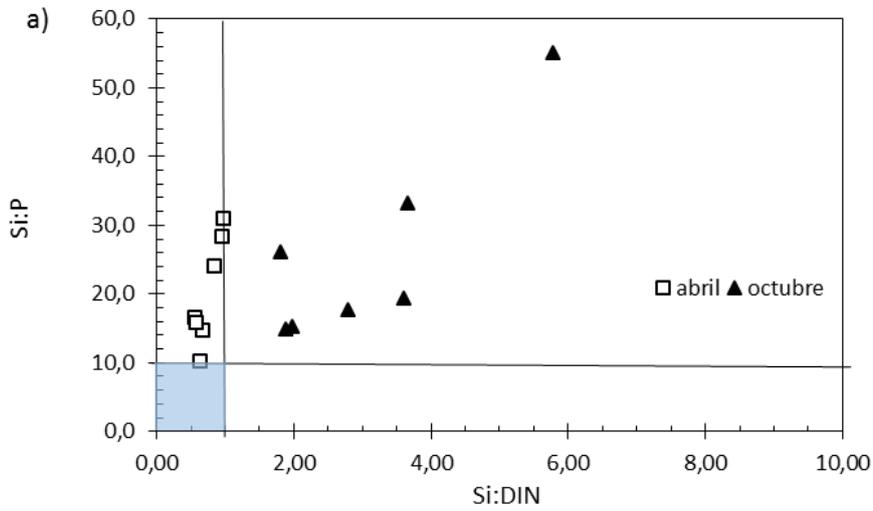
**Fig. 2 a) Fosfatos****Fig.2 b) Silicatos**

**Fig. 2:** concentración de a) fosfato y b) silicatos disueltos en los 7 sitios de muestreo en abril y octubre de 2022 expresados en  $\mu\text{M}$ . El valor de las barras indica el desvío estándar de las réplicas.

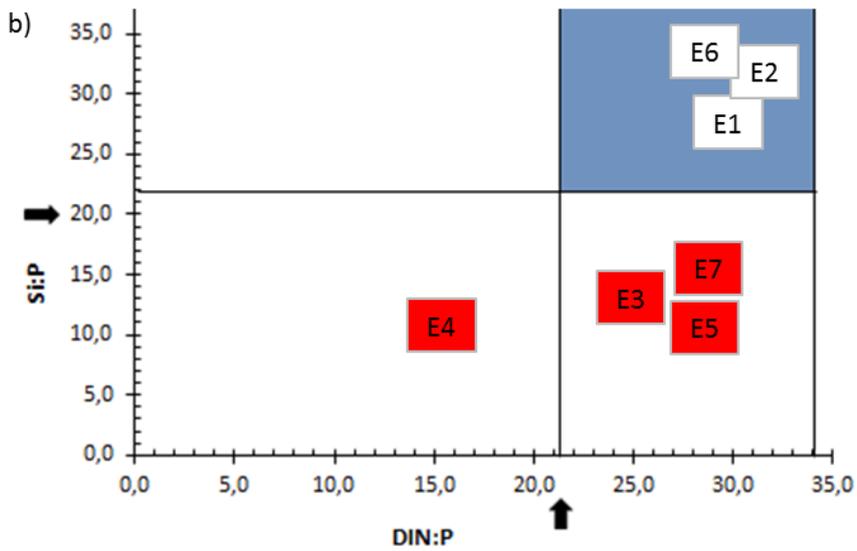
En el ambiente acuático, el fósforo disuelto ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) es consumido durante el crecimiento del fitoplancton y luego es regenerado durante la descomposición de la materia orgánica. La relación entre la disponibilidad de  $\text{PO}_4^{3-}$  y de las especies de nitrógeno (DIN) es evaluada habitualmente para establecer potenciales riesgos de eutroficación. Los criterios incluyen las relaciones estequiométricas entre los nutrientes que indicarían si existe o no, limitación para el crecimiento del fitoplancton o si potencialmente podrían desarrollarse desmesuradamente causando eutroficación.

Analizando todos los resultados obtenidos, puede considerarse que no se detecta deficiencia de silicato disuelto dado que todas las muestras ( $n=14$ ) presentan valores de  $\text{Si:P} > 10$  y  $\text{Si:DIN} > 1$  (Fig. 3a) estando en el límite la E4 en el muestreo de abril. Mientras que en caso que  $\text{Si:P} > 20$  y  $\text{DIN:P} > 22$  se asume una potencial limitación por P. Puede observarse que, en abril, no hay limitación por N y únicamente las estaciones E1, E2 y E6 están limitadas por P (Fig. 3b).

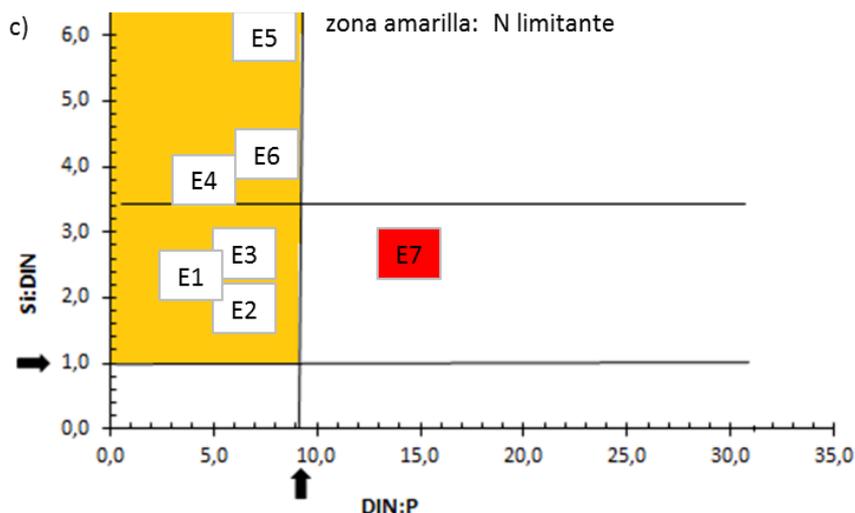
Por otra parte, una potencial limitación por N se considera si  $\text{DIN:P} < 10$  y  $\text{Si:DIN} > 1$ , en octubre todas las estaciones, excepto E7, presentan concentraciones de DIN limitantes (Fig.3c). Esta alternancia entre limitación de N y limitación de P ha sido informada anteriormente para el sistema monitoreado como consta en el Informe PIM (2021).



Cuadrante  
sombreado: limitación  
de sílice



Cuadrante  
sombreado: limitación  
de fosfato.



Cuadrantes sombreados: limitación de nitrógeno.

**Fig. 3:** a) Relación de nutrientes indicativa de limitación del crecimiento del fitoplancton debida a la concentración de silicato disuelto (cuadrante sombreado). b) ubicación de los sitios correspondientes al muestreo de abril, en el cuadrante sombreado se ubican los puntos de muestreo donde se asume limitación por fósforo, c) ubicación de los sitios del muestreo de octubre indicándose la zona sombreada amarilla como la correspondiente a la limitación por nitrógeno. Se destacan en rojo los sitios que se ubican dentro de la zona donde los nutrientes no se consideran limitantes para el crecimiento del fitoplancton, dependiendo la regulación del mismo de otros factores ambientales.

El muestreo de abril muestra la biodisponibilidad de nutrientes que contribuye al característico *bloom* fitoplactónico invernal junto con la condición natural que favorece la penetración de la luz en esta estación del año. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos anteriormente informados para el EBB (Tabla A del ANEXO I- Monitoreo del Estuario página 64) en períodos anteriores.

## B. 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 evaluar los resultados, resultan de utilidad los valores guía de referencia de metales disueltos en agua de mar establecidos por la EPA, para protección de la vida acuática, que diferencia dos niveles<sup>3</sup>:

<sup>3</sup>U.S.EPA Guidelines for Deriving Numerical National Water Quality Criteria for the Protection Of Aquatic Organisms and Their Uses Table. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-02/documents/guidelines-water-quality-criteria.pdf>.

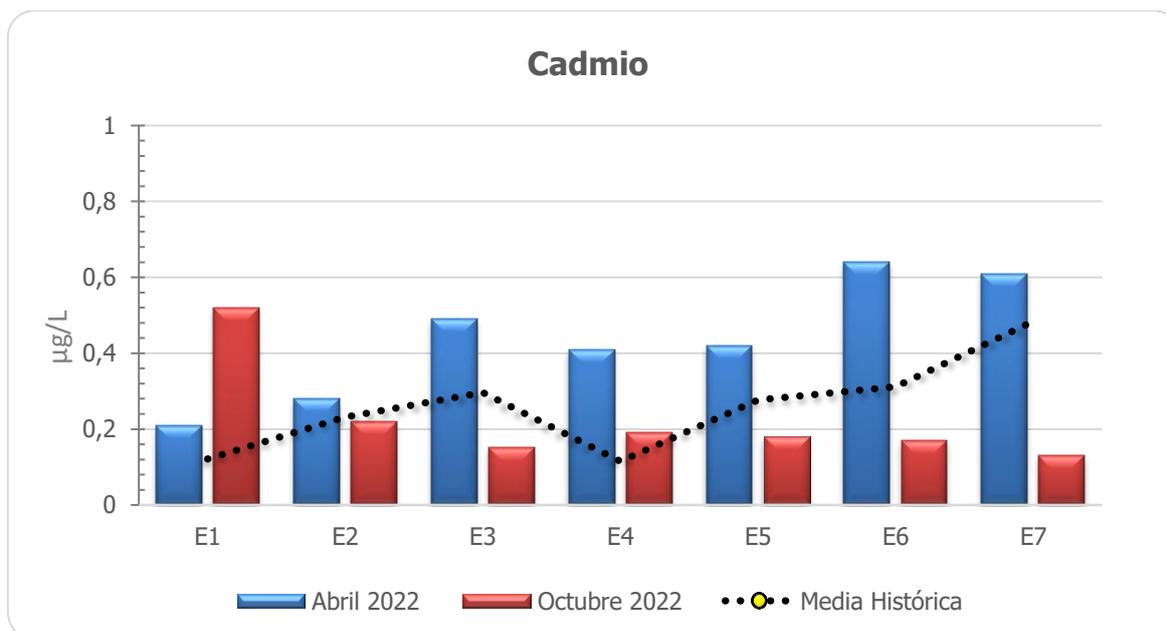
- **CCM** o criterio de exposición aguda: hace referencia a la concentración máxima de un metal para exposición de los organismos durante cortos periodos de tiempo.
- **CCC** o criterio de exposición crónica: hace referencia a la concentración promedio de un metal para la exposición de los organismos durante largos periodos de tiempo.

En la Tabla B, del ANEXO I – Estuario de Bahía Blanca (página 64) se detallan los valores guías de la EPA<sup>4</sup>.

### Cadmio

En ambas campañas las concentraciones de cadmio resultaron mayores al límite de detección, los valores oscilaron entre 0,13 y 0,64  $\mu\text{g/L}$ .

Los máximos valores fueron determinados en las estaciones de muestreo más interiores durante la campaña de muestreo abril como podemos ver en el próximo gráfico. Esto se corresponde con los registros históricos. Al igual que en 2021 se detectó un valor mayor al histórico en la estación E1.



Se puede observar que la curva promedio histórica para la concentración de este metal disuelto en agua, oscila entre 0,12 y 0,48  $\mu\text{g/L}$  con un promedio de 0,29  $\mu\text{g/L}$ . Los valores promedios máximos se encuentran en la zona interna del estuario, estaciones E6 y E7.

<sup>4</sup>U.S.EPA National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

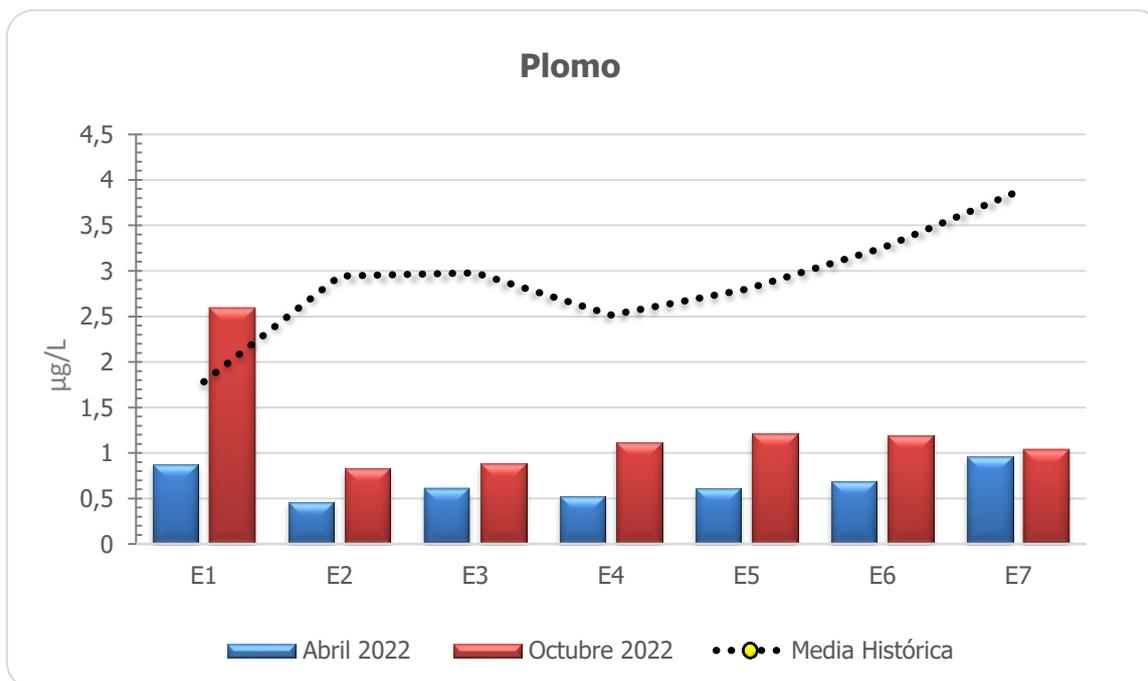
En términos generales, las concentraciones de cadmio disuelto en el muestreo de abril, fueron superiores a los valores medios históricos, excepto para la E1. En la campaña de agosto sucedió lo contrario.

Ninguno de los valores de cadmio, superaron los niveles guía de referencia de la EPA, para la exposición aguda (CMC= 40  $\mu\text{g/L}$ ) ni crónica (CCC= 8,8  $\mu\text{g/L}$ ).

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 0,29  $\mu\text{g/l}$ , con un máximo de 6,77  $\mu\text{g/l}$  registrado en el año 2014 en la E7.

### Plomo

Se detectó plomo disuelto en el agua en las campañas realizadas, según se observa en el siguiente gráfico. Los valores registrados entre 0,46 y 2,6  $\mu\text{g/L}$  fueron homogéneos a excepción de la muestra de octubre en E1, que mostró el valor máximo obtenido en el año y el único por encima de la curva media histórica.



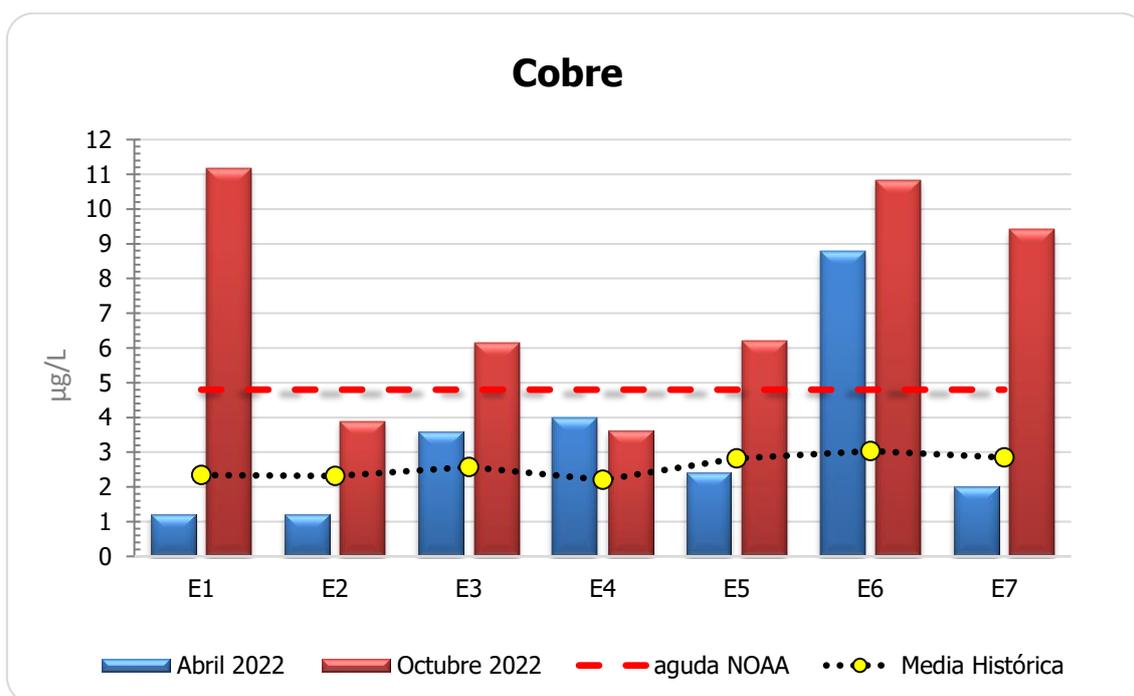
Se puede observar que la curva punteada del promedio histórico para la concentración de este metal disuelto en agua, tiene una pendiente positiva desde afuera hacia adentro del estuario y oscila entre 1,78 en E1 y 3,85  $\mu\text{g/L}$  en E7.

En ninguna oportunidad los valores superaron los niveles guía de referencia de la EPA, el más exigente es para exposición crónica CCC=8,1  $\mu\text{g/L}$ ; ni el valor límite de 10  $\mu\text{g/L}$  recomendado por el decreto reglamentario 831/93 de la Ley Nacional 24.051, para aguas saladas superficiales.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 2,96  $\mu\text{g/l}$ , con un máximo de 54,06  $\mu\text{g/l}$  registrado en el año 2018 en la E6.

## Cobre

Se detectaron concentraciones de cobre en agua en todas las campañas del 2022. Los valores registrados variaron entre 1,2 y 11,2  $\mu\text{g/L}$ . La campaña de abril presentó valores cercanos al promedio histórico a excepción de la muestra de E6. En octubre no solo en E6 mostró valores elevados, sino que también en E1, E7, E5 y E3, siendo la concentración en estas muestras superiores al nivel guía de referencia de la EPA más exigente que es el de exposición aguda (CMC=4,8  $\mu\text{g/L}$ ), así como el límite de 4  $\mu\text{g/L}$  recomendado por el decreto reglamentario 831/93 de la Ley Nacional 24.051, para protección de la vida acuática en aguas saladas superficiales, esto puede verse en el siguiente gráfico:

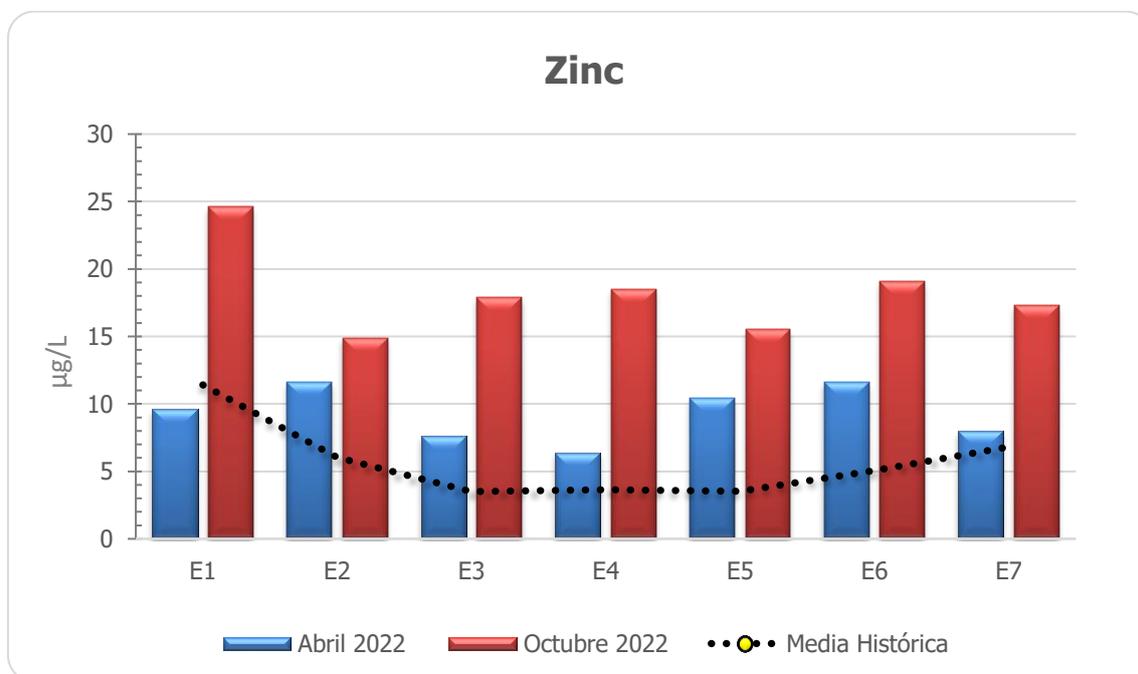


Se observa que en los últimos años hay una tendencia a la aparición más frecuente de valores elevados. En toda el área de estudio, el valor medio histórico determinado con registros (dejando fuera del mismo los 5 atípicos) desde el año 2002 es de 2,63  $\mu\text{g/L}$ .

## Zinc

Los valores registrados durante este año variaron entre 6,4 y 24,6  $\mu\text{g/L}$ .

Como se observa en el siguiente gráfico, los valores analizados en octubre resultaron superiores a la campaña de abril y se los observa por encima de los valores medios históricos registrados para este ambiente.



El nivel guía de referencia más exigente de la EPA para exposición crónica ( $CCC=81 \mu\text{g/L}$ ), no fue superado en ninguna oportunidad. No sucede lo mismo con el límite de  $0,2 \mu\text{g/L}$  recomendado por el decreto reglamentario 831/93 de la Ley Nacional 24.051, para aguas saladas superficiales, el cual fue superado en todas las muestras.

Los valores promedios anuales del 2022 varían y se distribuyen entre los sitios de muestreo de modo similar al año pasado, pero con valores ligeramente superiores.

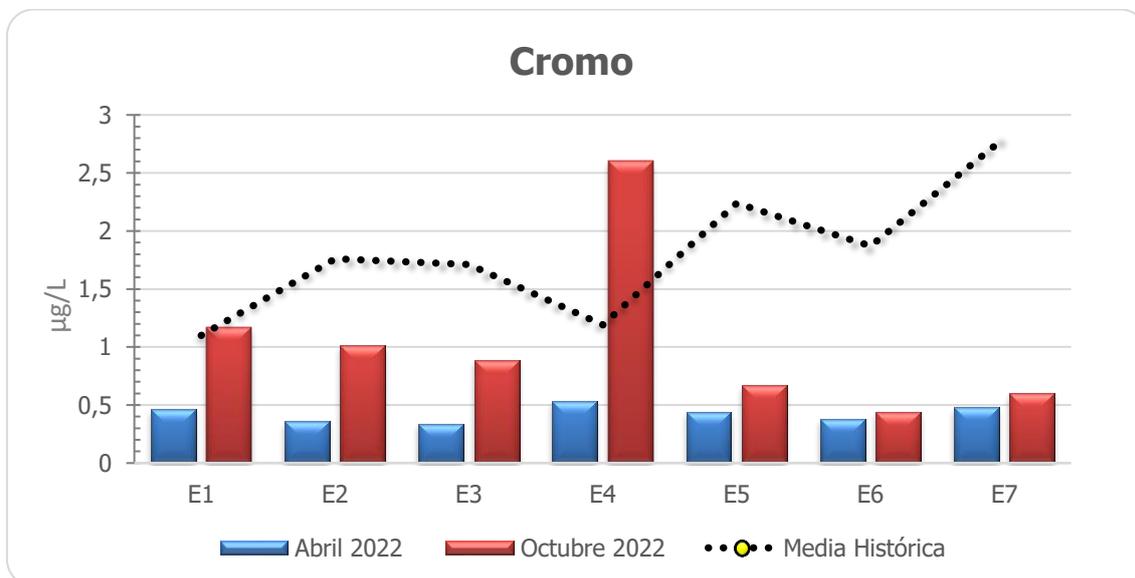
Se puede observar que la curva promedio histórica para la concentración de este metal disuelto en agua, oscila entre  $3,5$  y  $11,4 \mu\text{g/L}$ , siendo este máximo presente en E1.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de  $5,68 \mu\text{g/L}$ .

### Cromo

Se registraron concentraciones de cromo disuelto en el agua en ambas campañas. Los valores para el período estudiado variaron entre  $0,34$  y  $2,6 \mu\text{g/L}$ , y la distribución de valores a lo largo de las estaciones de muestreo pueden verse en el siguiente gráfico. Las dos campañas presentaron

una tendencia homogénea, aunque la muestra de octubre en E4 estuvo por encima de los registros medios históricos.



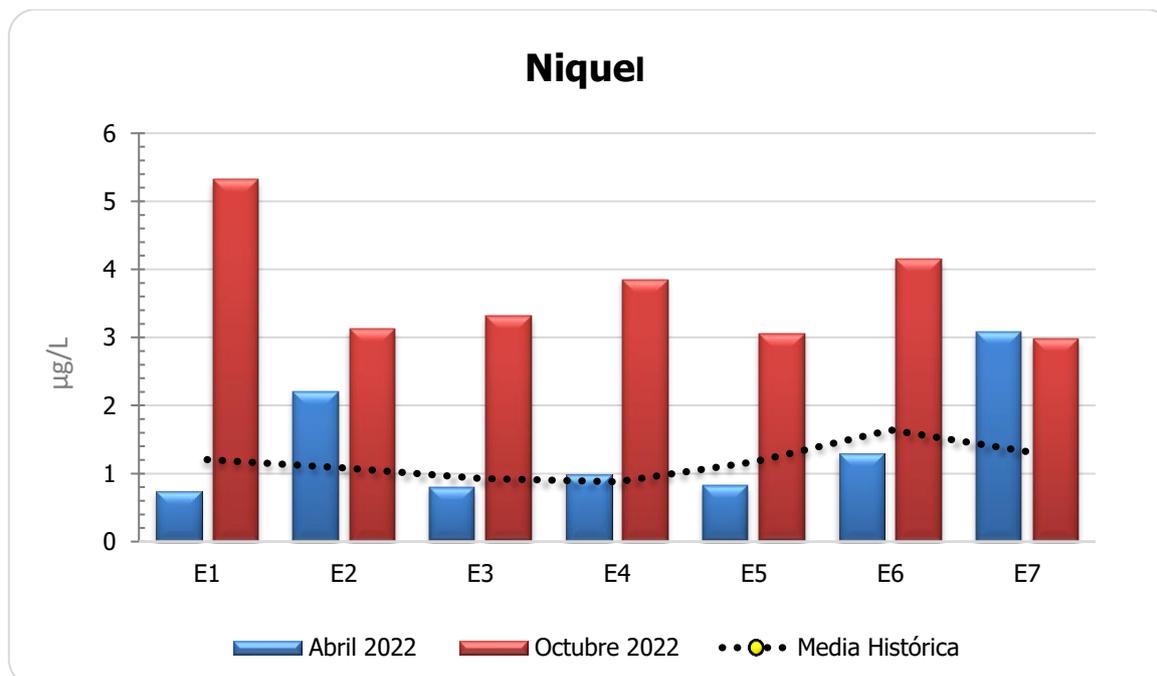
No está establecido un valor guía de referencia de la EPA para cromo total disuelto. El valor máximo que la EPA-Federal Register-1980 considera para el Cr (VI) es de 18 µg/L y es en la cual se basa el Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley 24.051, pero no es exactamente lo medido en este estudio.

La línea de valores promedios históricos para la concentración de este metal en agua, oscila entre 1,1 y 2,8 µg/L. Es de destacar que los valores promedios máximos se encuentran en las estaciones más internas del estuario.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 2,22 µg/L, con un máximo de 48,62 µg/L registrado en agosto del 2013 en la E5.

### Níquel

En ambas las campañas se detectaron valores de níquel disuelto, los cuales presentaron niveles que oscilaron entre 0,74 y 5,32 µg/L. Como puede verse en el siguiente gráfico, las concentraciones fueron mayores en la campaña de octubre, como sucedió con los otros metales excepto el cadmio.



Ninguna de las concentraciones medidas superó el nivel guía de referencia de la EPA, para exposición crónica (CCC=8,2 µg/L) de este metal, ni el valor máximo que considera el Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley 24.051 (7,2 µg/L).

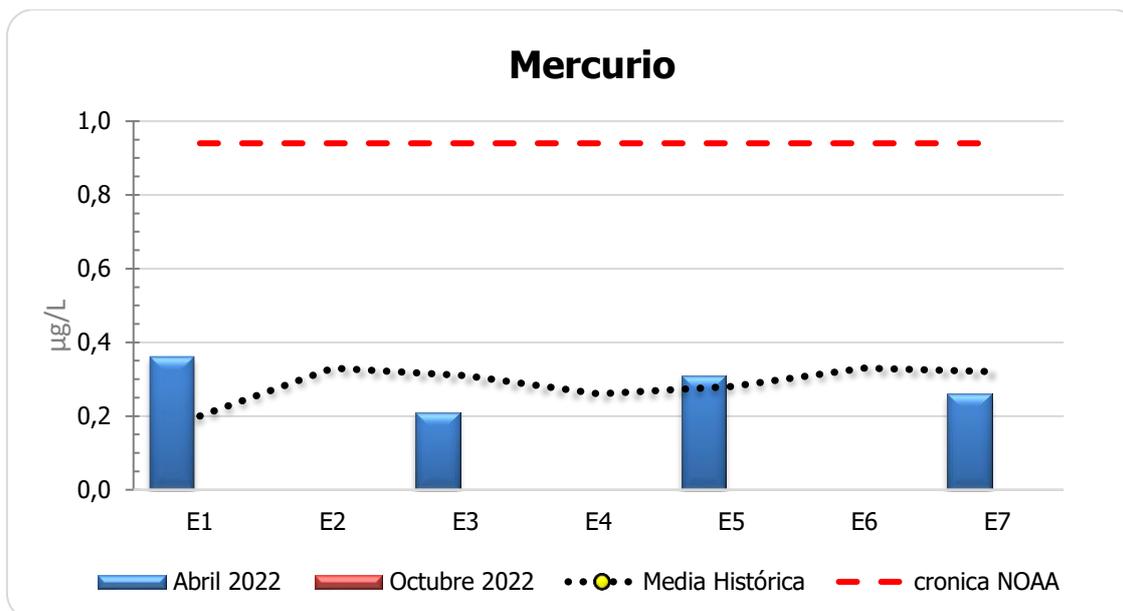
La curva de valores promedios históricos para la concentración de este metal disuelto en agua, oscila entre 0,88 y 1,67 µg/L. Las concentraciones registradas en octubre estuvieron por encima de estos valores.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2005 es de 1,15 µg/L, con un máximo de 18,80 µg/L registrado en diciembre del 2012 en la E6.

### Mercurio

El mercurio disuelto en el agua de mar del estuario presentó una distribución variable entre sitios de muestreo y entre campañas, el 71% de las muestras analizadas inferiores al límite de detección. Las únicas muestras en las que se detectó mercurio disuelto fueron tomadas en abril presentando concentraciones cercanas o menores a la media histórica. En todas las muestras de la campaña de octubre, el mercurio fue no detectable

Los valores de mercurio que se detectaron en este período variaron entre no detectables y 0,36 µg/L, como puede verse en el siguiente gráfico.



El nivel guía de referencia de la EPA para exposición crónica (CCC= 0,94  $\mu\text{g/L}$ ), nunca fue superado en 2022.

La línea de valores medios (MH) históricos para la concentración de mercurio disuelto en agua, oscila entre 0,2 y 0,33  $\mu\text{g/L}$ . Las concentraciones registradas en este período se encuentran dentro del mismo rango de concentraciones históricas.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 0,31  $\mu\text{g/L}$ , con un máximo de 2,60  $\mu\text{g/L}$  registrado en agosto del 2008 en la E2.

## Metales en sedimento marino

Los metales que son emitidos a la atmósfera, descargados sobre el suelo o las aguas residuales, finalmente son acumulados en los sedimentos. Por lo tanto, los sedimentos ofrecen datos integrados en el tiempo sobre las tendencias geográficas y temporales de las emisiones.

En general, los metales pesados, presentan concentraciones relativamente elevadas en los sedimentos superficiales de las zonas costeras con incidencia antrópica. Es importante estudiar el comportamiento de los metales pesados en los ambientes acuáticos, debido a que no son biodegradables y pueden acumularse en los tejidos y concentrarse a lo largo de la cadena alimenticia, pudiendo producir efectos en la biota. La ecotoxicidad de los metales pesados en sistemas acuáticos depende de características del sistema como topografía, hidrología, biología y geología de las cuencas, así como aspectos fisicoquímicos, biológicos, climáticos. 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 al estar biodisponible.

Si bien no existen normas o niveles guía de referencia a nivel Nacional ni Provincial para sedimentos en el estuario de Bahía Blanca, por lo tanto, los resultados son comparados con los niveles guías propuestos por NOAA<sup>5</sup> (National Oceanic and Atmospheric Administration) para la protección de la vida acuática. En la Tabla C del ANEXO I – Estuario de Bahía Blanca (página 65) se presentan los valores de **TEL** (Threshold Effect Level); **ERL** (Effects Range-Low); **PEL** (Probable Effect Level) y **ERM** (Effects Range-Median) 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 bioensayos de toxicidad y utilizando también los rangos ya establecidos por la CCME<sup>6</sup> (Canadian Council of Ministers of the Environment) y MacDonald<sup>7</sup> (1996).

Los niveles **TEL**, están considerados niveles de efecto umbral o mínimo. Entre este y el nivel **ERL** está el rango de concentraciones por debajo de las cuales los efectos biológicos adversos ocurren raramente. Entre el nivel **ERL** y el **PEL** se encuentran las concentraciones por encima de las cuales los efectos adversos pueden ocurrir ocasionalmente. Por encima del **PEL** (rangos de efectos probables) es el rango en el que se producen con más frecuencia efectos biológicos adversos, por eso lo consideramos nuestro nivel de preocupación. Por encima del mismo están los niveles **ERM** que indican concentraciones por encima de las cuales los efectos adversos frecuentemente ocurren.

A las muestras de la segunda campaña no se le hicieron determinaciones de metales (excepto mercurio), por eso no se presentan los resultados.

## Cadmio

En la primera campaña de monitoreo no se registraron concentraciones detectables de cadmio en los sedimentos superficiales.

Ninguna detección de este metal durante este año, supera los niveles guía de referencia de la NOAA.

La línea de valores medios históricos para la concentración de cadmio en sedimento, oscila entre 0,5 y 0,8 mg/kg. En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el

---

<sup>5</sup>Buchman M.F., 2008 NOAA- Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1 Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.

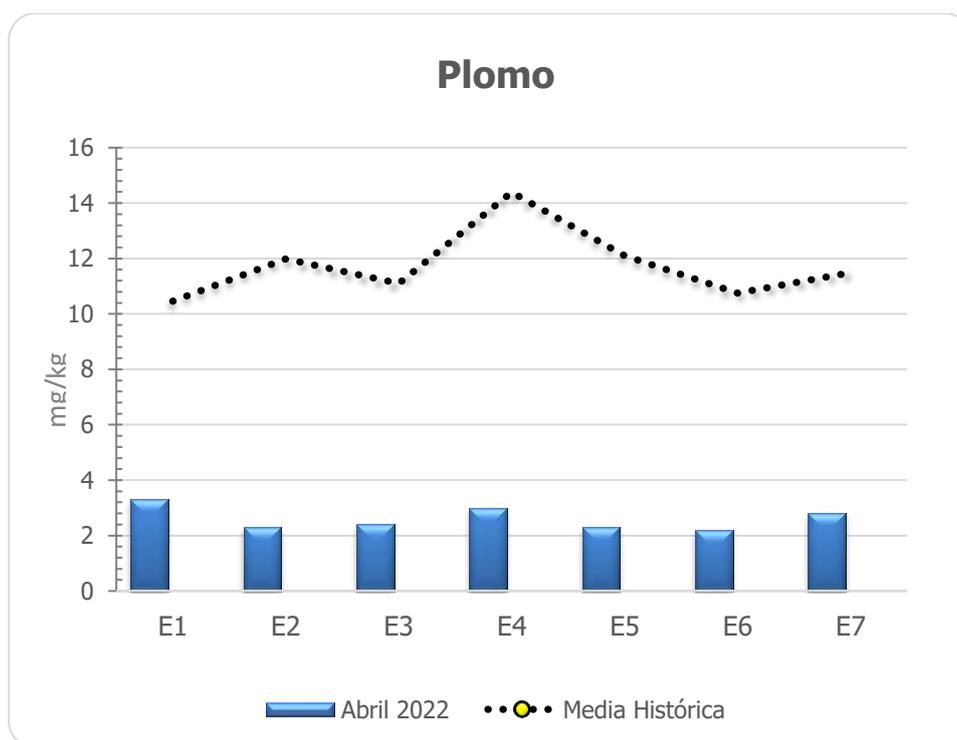
<sup>6</sup>CCME. 2001. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. <https://ccme.ca/en/resources/sediment>

<sup>7</sup>MacDonald et al 1996. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. *Ecotoxicology* 5: 253-278.

año 2002 es de 0,62 mg/kg, con un máximo de 2,15 mg/kg registrado en diciembre del 2007 en la E7.

### Plomo

Se detectó la presencia de plomo en los sedimentos superficiales en la campaña de monitoreo. Las concentraciones de plomo variaron entre los 2,2 y 3,6 mg/kg, como se observa en el siguiente gráfico.



Todos los resultados obtenidos estuvieron muy por debajo de los niveles guías de referencia de la NOAA.

Las concentraciones registradas durante este período, resultaron homogéneas entre estaciones de muestreo y están por debajo de la línea de valores medios históricos.

La línea de valores medios históricos para la concentración de plomo en sedimento, oscila entre 10,3 y 14,4 mg/kg. En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 11,5 mg/kg, con un máximo de 42,0 mg/kg registrado en diciembre del 2007 en la E7.

## Cobre

Se registraron concentraciones de cobre en los sedimentos superficiales muestreados en ambas campañas, que variaron entre 8,3 y 14 mg/kg. En el siguiente gráfico se observa la distribución del cobre entre las muestras y se ven que están dentro los valores históricos.

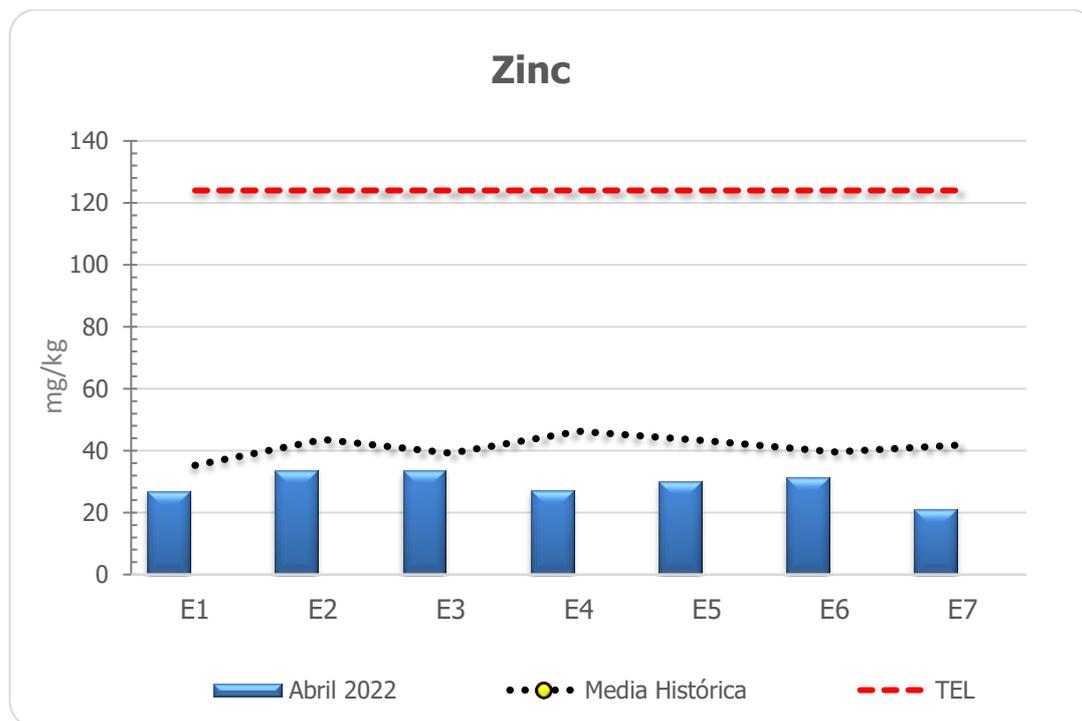


Todos los resultados obtenidos estuvieron muy por debajo de los niveles guías de referencia de la NOAA.

La línea de valores medios históricos para la concentración de plomo en sedimento, oscila entre 8,7 y 16,7 mg/kg, siendo el valor más bajo en E1. En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 14,3 mg/kg, con un máximo de 92,0 mg/kg registrado en abril del 2015 en la E2.

## Zinc

En el análisis de los sedimentos superficiales se detectó la presencia de zinc con valores que variaron entre 21,1 y 33,5 mg/kg. El siguiente gráfico muestra los resultados a lo largo de las estaciones de muestreo, y los registros medios históricos que se disponen para este ambiente.



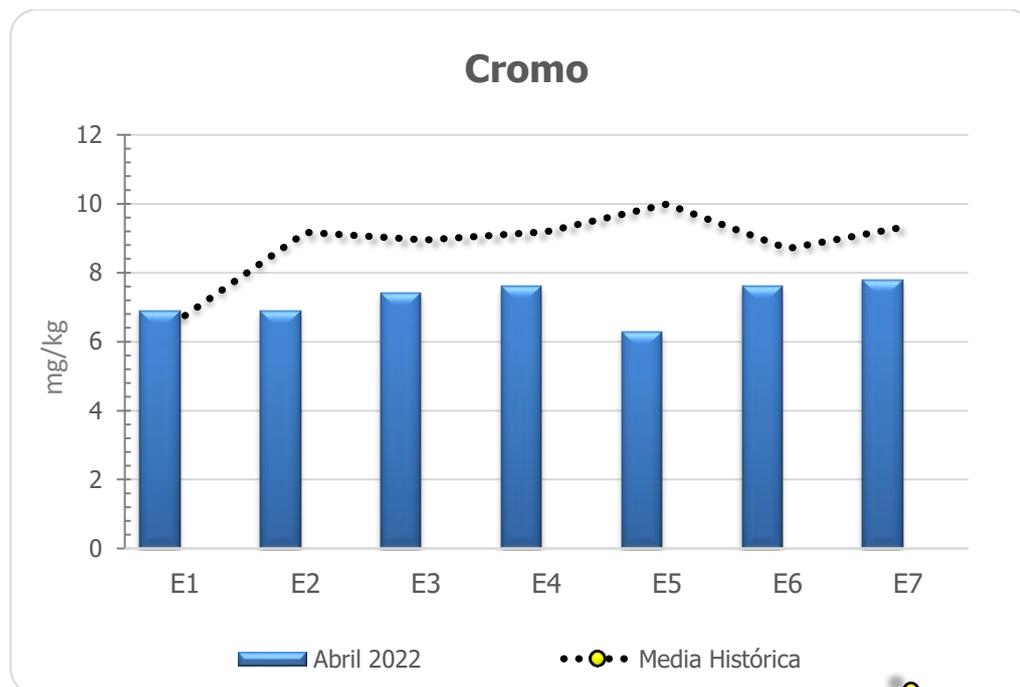
Con respecto a los valores de referencia de la NOAA, ningún valor supera los niveles propuestos de protección para los organismos acuáticos.

La línea de valores medios históricos del gráfico para la concentración de zinc en sedimento, oscila entre 35,3 y 46,2 mg/kg, siendo el valor más bajo en E1.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 41,3 mg/kg, con un máximo de 135,6 mg/kg registrado en junio del 2012 en la E6.

### Cromo

Se registraron concentraciones de cromo en los sedimentos superficiales muestreados, los valores determinados variaron entre 6,8 y 10 mg/kg. El siguiente gráfico muestra los resultados a lo largo de las estaciones de muestreo, y los registros medios históricos que se disponen para este ambiente.



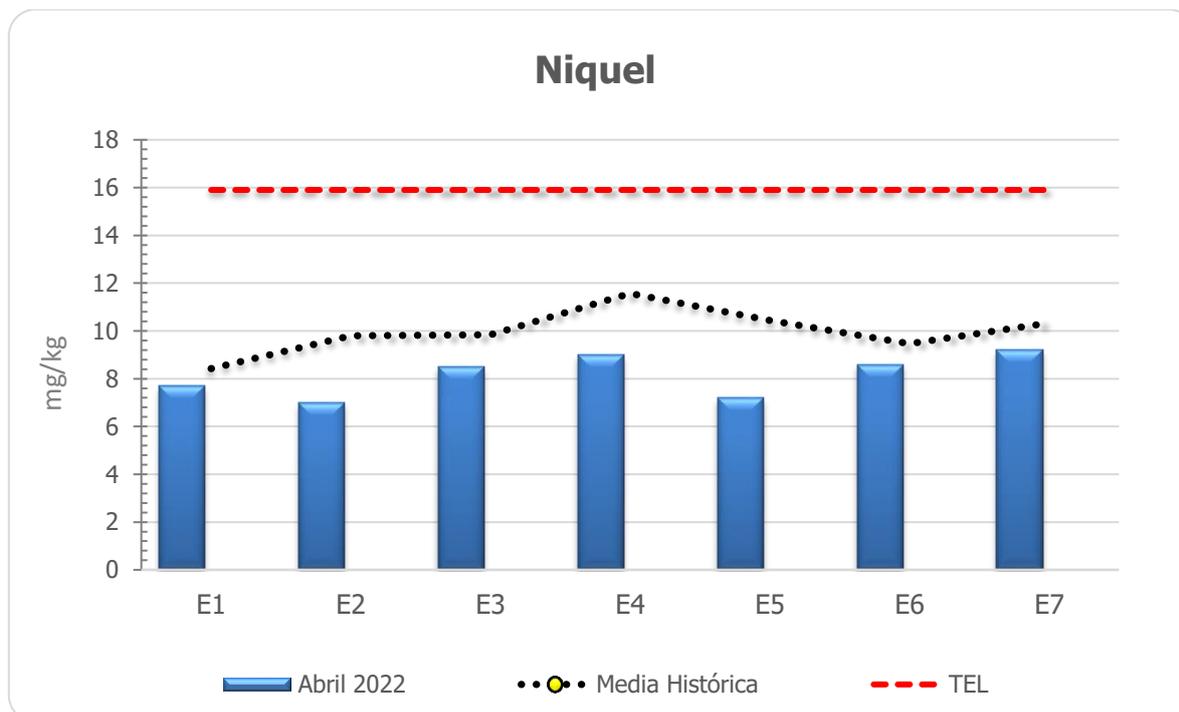
Respecto de los niveles de referencia de la NOAA, en ninguna oportunidad las mediciones superaron ni los valores más exigentes de protección (**TEL**= 52,3 mg/kg).

La línea de valores medios históricos para la concentración de cromo en sedimento, oscila entre 6,8 y 10,0 mg/kg, siendo el valor más bajo en E1.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 9,0 mg/kg, con un máximo de 22,4 mg/kg registrado en agosto de 2013 en la E5.

### Níquel

Se detectaron concentraciones de níquel en los sedimentos, con valores que oscilaron entre 7,0 y 11,6 mg/kg. La distribución de valores de níquel en sedimento fue homogénea y similar a la media histórica como se grafica a continuación.



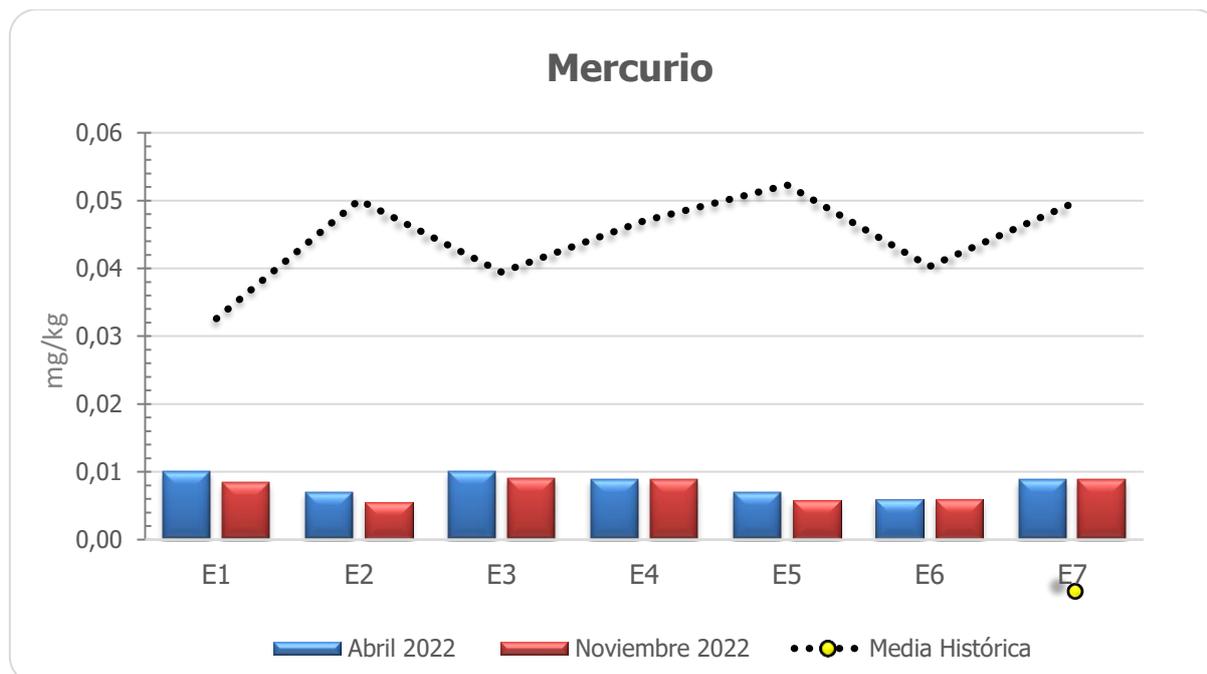
Con respecto a los valores de referencia de la NOAA, ningún valor supera los niveles propuestos de protección para los organismos acuáticos.

La línea de valores medios históricos varía entre 8,4 y 11,6 mg/kg, mostrando una tendencia homogénea a lo largo de la grilla de muestreo.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2005 es de 9,9 mg/g, con un máximo de 26,9 mg/kg registrado en diciembre de 2006 en la E7.

### Mercurio

Se detectaron concentraciones de mercurio en los sedimentos en ambas campañas, con valores que oscilaron entre 0,005 y 0,010 mg/kg, con una distribución homogénea a lo largo de los sitios de muestreo, que resultaron inferiores a la media histórica registrada para este ambiente. La distribución de valores de mercurio en sedimento se muestra en el siguiente gráfico:



Con respecto a los valores de referencia de la NOAA, ninguno de los valores obtenidos estuvo por encima de los valores guías.

La línea de valores medios históricos varía entre 0,03 y 0,05 mg/kg. Con una tendencia homogénea en un rango dentro del cual el sitio más externo, la estación E1 con un valor menor. En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 0,04 mg/kg, con un máximo de 0,47  $\mu\text{g/g}$  registrado en agosto del 2017 en la E7.

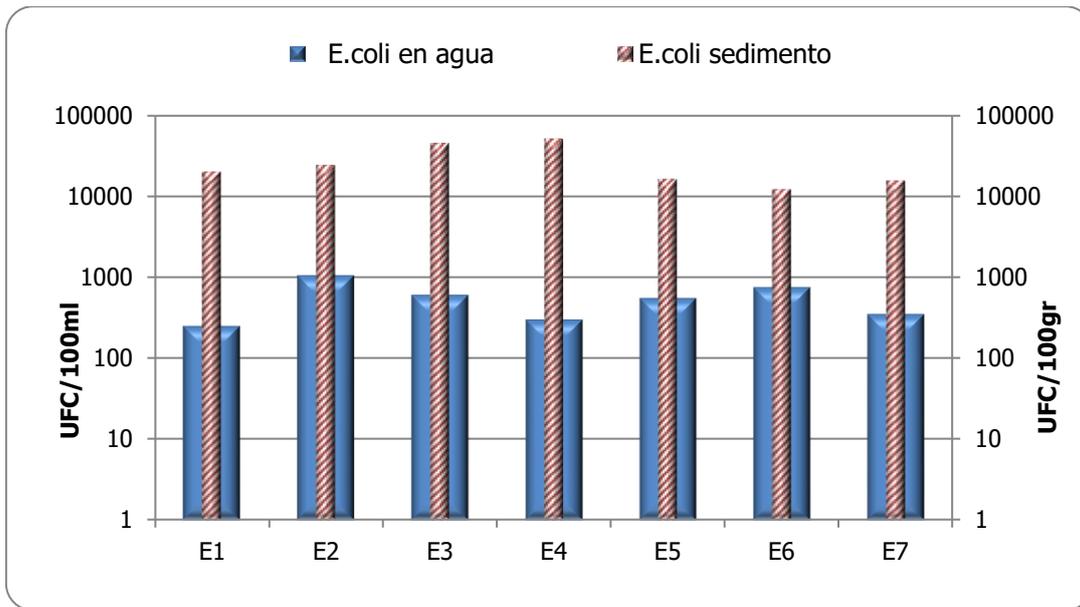
## C. Microbiología

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**

Una de las principales causas de pérdida de calidad ambiental de los sistemas acuáticos naturales es por el vertido de aguas residuales domésticas y urbanas. La gestión correcta de éste minimiza el impacto de los mismos en el cuerpo receptor.

El estudio de indicadores bacterianos fecales sirve para evaluar la calidad del agua. A continuación, se grafican los promedios anuales de recuentos de *Escherichia coli* en agua y sedimento



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

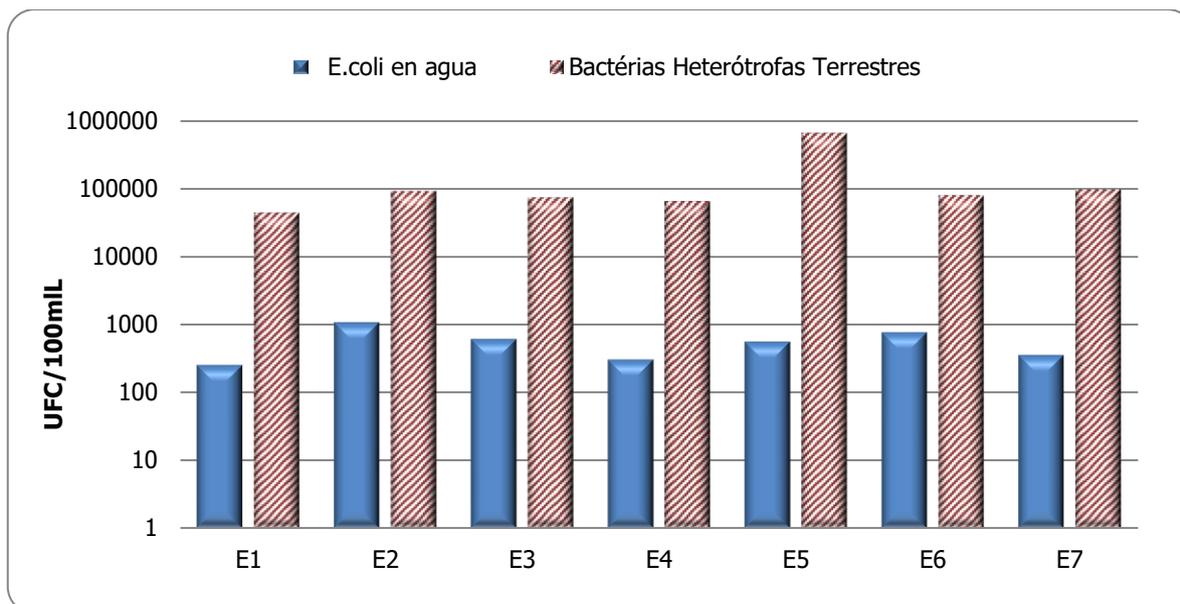
La estación de muestreo aledaña al vuelco de la cloaca de la planta de tratamiento de líquidos cloacales para la 1<sup>ra</sup> cuenca E2, presenta los mayores recuentos de *E. coli* en agua, como viene dándose en los muestreos anteriores, seguida por E6 próxima al canal donde vuelca el canal Maldonado la planta de tratamiento de líquidos cloacales para la 3<sup>ra</sup> cuenca.

En los sedimentos, se ve una elevada carga bacteriana en todo el estuario, ya que las bacterias son más viables 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.

Las bacterias heterótrofas son indicadores de calidad ambiental por su abundancia en ecosistemas estuarinos y su actividad degradativa sobre la materia orgánica, utilizan el carbono como fuente de energía, cumpliendo un rol importante dentro de los procesos de reciclaje y transferencia de nutrientes.

En el próximo gráfico vemos que las bacterias heterótrofas terrestres (BHT) se distribuyen muy homogéneamente en el estuario.

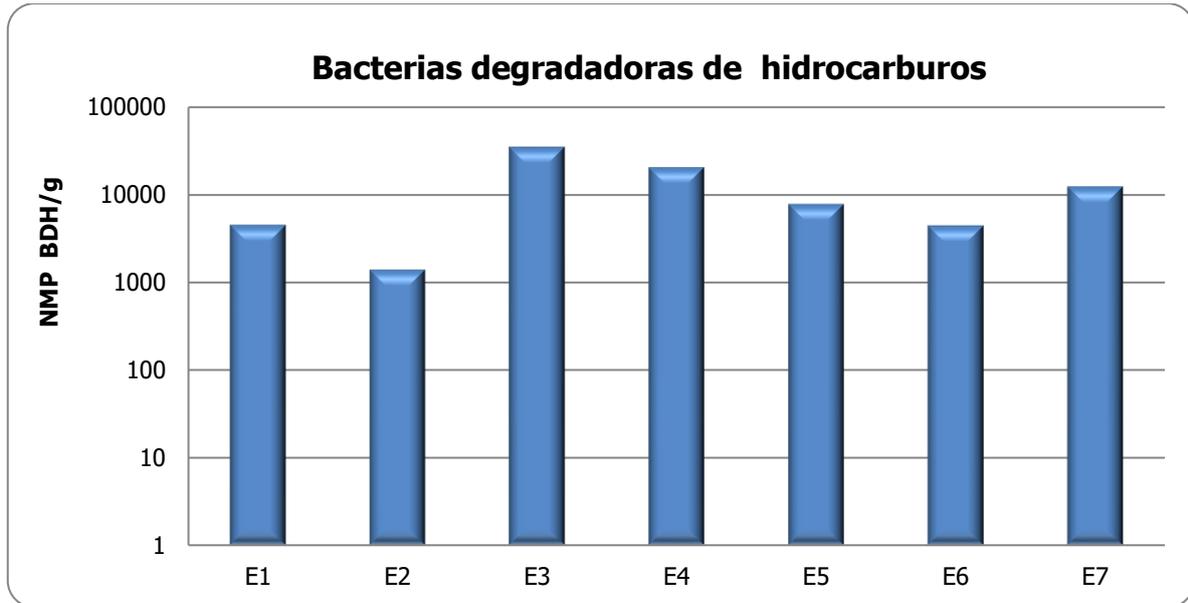


Distribución espacial de las poblaciones de bacterias heterótrofas terrestres. Valores promedios anuales para cada estación de muestreo en escala logarítmica.

La estación de monitoreo aledaña al canal Galván E5, es donde sí se ven incrementadas las bacterias heterótrofas terrestres, en el muestreo de agosto (valor de 1110000 UFC/100ml). Las *E. coli*, como parte de las heterótrofas, no son las responsables de este incremento ya que se mantienen en el mismo orden de magnitud que las presentes en las demás estaciones de muestreo, en cantidades muy por debajo de los recuentos de BHT. Es decir que en este punto ha habido un aporte puntual probablemente continental de bacterias heterótrofas terrestres y dada las condiciones del ambiente aumentaron en número.

### Determinación de bacterias degradadoras de hidrocarburos en sedimentos

Todas las muestras del año 2022, presentaron bacterias degradadoras de hidrocarburos, como puede observarse en el siguiente gráfico:



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

Los recuentos son levemente superiores a los del 2021 a excepción de E2, donde son similares. Los mayores se detectaron en los puertos E3, E4 y E7, poniendo de manifiesto el impacto antrópico de dichas zonas. Los recuentos de un grupo fisiológico especializado en la utilización de hidrocarburos como fuente de carbono y energía, alertan sobre la existencia de vuelcos crónicos en el sector muestreado.

## 1.4 Conclusiones generales

### A. Parámetros oceanográficos y nutrientes

#### Parámetros oceanográficos

La distribución de los parámetros fisicoquímicos a lo largo de las estaciones de muestreo, presentó 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.

Los parámetros fisicoquímicos estructurales del sistema, presentaron una tendencia de distribución y valores similares a los descriptos históricamente para el estuario de Bahía Blanca.

#### Nutrientes inorgánicos

Los valores obtenidos de nutrientes inorgánicos, se encuentran dentro de los rangos históricos informados para este ambiente.

Las relaciones estequiométricas entre nutrientes son orientativas del riesgo de eutroficación de un sistema y es fundamental su control y monitoreo, así como el control de las descargas de nutrientes.

En el estuario de Bahía Blanca la dinámica de los nutrientes es compleja dado los múltiples procesos biogeoquímicos que se dan naturalmente y el impacto antrópico al que está sometido, siendo de suma importancia mantener el monitoreo permanente.

### 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, excepto en la segunda campaña y algunas muestras de la primera, que no se detectó mercurio.

En general, las concentraciones de metales disueltos en la segunda campaña (octubre) fueron mayores a los de la primera campaña (abril), a excepción del mercurio y el cadmio.

Las concentraciones de cadmio y mercurio se mostraron similares a las medias históricas registradas, con un valor alto en la E1 que supera el valor medio para este ambiente.

Las concentraciones de plomo y cromo en general, fueron menores a las medias históricas de cada estación de muestreo.

Por otro lado, las concentraciones de zinc, cobre y níquel presentaron registros, en promedio, por encima a las medias históricas para cada punto de muestreo. Particularmente, el cobre mostró las mayores variaciones, con valores que superaron el nivel de concentración máxima para exposición



de los organismos durante cortos periodos de tiempo (CCA) de la USEPA<sup>8</sup>. La concentración de ningún otro metal disuelto superó lo los niveles guía de referencia de la USEPA.

### **Metales en sedimentos**

Se detectó la presencia de metales en los sedimentos de todas las campañas y en todas las estaciones muestreadas, excepto el cadmio que no se detectó.

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

En ninguna oportunidad, los metales determinados en sedimentos superaron los niveles de referencia de la NOAA.

En relación con las concentraciones de metales determinadas en el estuario, el CTE continua 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.

## **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 hidrocarburos en la zona de puertos 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.

---

<sup>8</sup>U.S.EPA National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

## 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 Fiori<sup>9</sup>, 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 enfermedad<sup>10</sup>.

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 2022 se retomó el cronograma de muestreos habitual: uno finalizando el verano, otro en invierno y por último uno en primavera. 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 comercialización de moluscos bivalvos AR-BA 001 según resolución 39/07,

<sup>9</sup> 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.

<sup>10</sup> 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. Frente Marítimo, 18: 53-58.

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

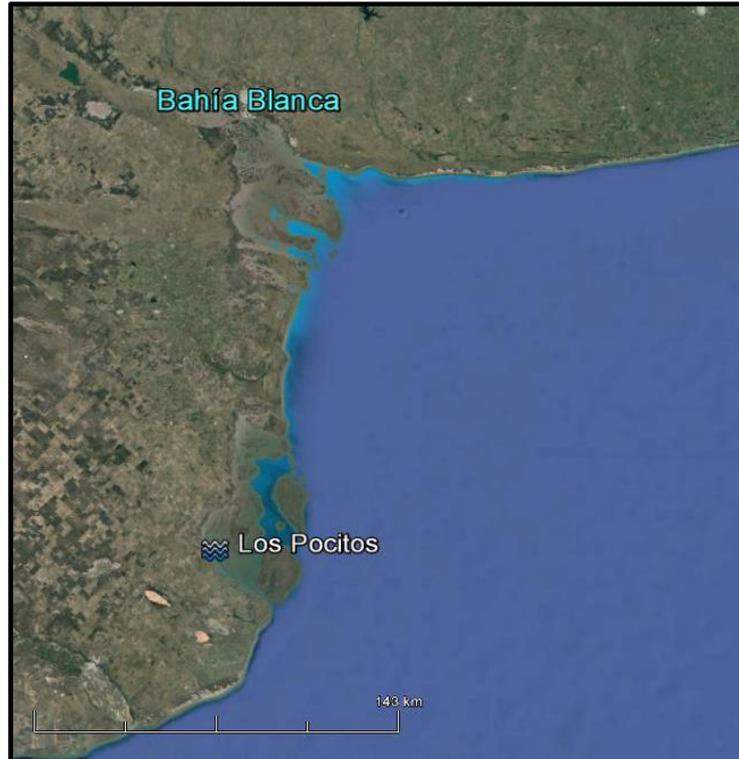
Se muestreó en tres muelles del estuario de Bahía Blanca y en una bahía aledaña al mismo. Las estaciones de muestreo se ubican en:

Estaciones del muestreo de ostras			
	Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste
<b>G</b>	Ing. White (Club Náutico BB)	38°47'22,83"	62° 16' 46,58"
<b>H</b>	Gral. Cerri (Puerto Cuatrerros)	38°45'0,97"	62° 22' 49,98"
<b>I</b>	Villa del Mar (Club Náutico Punta Alta)	38°51'26,56"	62° 07' 2,51"
<b>LP</b>	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 pools 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 utilizando un Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES), Shimadzu 9000 Simultáneo de Alta Resolución según norma EPA 200.7 y antorcha inyectora especial para altos contenidos de sólidos/sales disueltas, Glass Expansion, Australia. 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 en 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)<sup>11</sup>, como ser el Cromo: 13 ppm y el Níquel: 80 ppm.

### 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

<sup>11</sup> Food and Drugs Administration (FDA). 1997. HACCP Guidelines. US Department of Health and Human Services, Public Health Service.

*Salmonella* spp. en 25 grs. Si bien la normativa para el consumo interno no exige la búsqueda de *Vibrio*, la FDA y la EPA marcan niveles seguros en regulaciones y guías<sup>12</sup>, así como varios mercados extranjeros (MINCETUR<sup>13</sup>, 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 USEPA<sup>14</sup>. 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	Los Pocitos	7,8	20,1	58,5	24,1
	Villa del Mar	7,7	20,8	65,3	94
	Ing. White	7,8	21,6	67,9	56
	Cuaterros	7,8	21,9	69,7	saturado
Invierno	Villa del Mar	8,1	16,4	26,2	146
	Ing. White	8,1	8,2	49,3	59
	Cuaterros	8,4	8,2	55,1	78,2
Primavera	Villa del Mar	8,0	18,4	62,3	saturado
	Ing. White	8,0	21,1	55,1	103
	Cuaterros	8,1	22,8	50	316

<sup>12</sup> 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.

<sup>13</sup> Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). 2010. Guía de requisitos sanitarios y fitosanitarios para exportar alimentos a la Unión Europea. Lima, Perú. 31p.

<sup>14</sup> U.S. EPA 2012. Water Quality Standards Handbook. Second edition. EPA-823-B-12-002.

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 <sup>3</sup> )
Verano	Villa del Mar	21	12,7	1,4	0,17
	Ing. White	22	11,0	1,6	0,16
	Cuatreros	22	9,7	1,9	0,18
Invierno	Villa del Mar	22	11,2	1,5	0,18
	Ing. White	21	12,1	1,6	0,19
	Cuatreros	22	10,0	2,0	0,19
Primavera	Villa del Mar	21	11,2	1,3	0,18
	Ing. White	21	12,3	1,6	0,15
	Cuatreros	22	8,5	2,7	0,16
Promedio histórico	Los Pocitos	197	11,30	1,50	0,16

### 2.3.2 Metales

#### • 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	0,12	0,02	2,7	0,46	0,7	1,20	1,0
H (Cuatrerros)	verano	0,18	0,03	2,2	1,10	0,2	1,30	0,6
	invierno	0,10	0,57	2,3	< LD	2,2	0,57	6,4
	primavera	0,21	0,45	3,9	< LD	0,7	0,35	2,4
G (Ing. White)	verano	0,35	0,03	3,1	2,90	0,7	2,20	0,1
	invierno	0,07	0,31	1,7	< LD	1,7	0,34	3,2
	primavera	0,23	0,83	5,9	< LD	1,4	0,36	3,6
I (Villa del Mar)	verano	0,15	0,03	2,7	0,31	0,4	2,50	1,0
	invierno	0,07	0,58	3,5	< LD	3,5	0,41	2,7
	primavera	0,56	0,62	5,0	< LD	1,0	0,29	2,9
<b>Promedio 2015/2022</b>		0,19	0,53	5,1	0,35	1,1	0,73	2,6
<b>Background (LP)</b>		0,16	0,31	3,5	0,19	0,4	0,56	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 que no se detectó en las muestras de invierno y primavera.

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	5,1	8,2	< LD	9	1,8	28
H (Cuatrerros)	verano	< LD	10,8	14,7	0,025	13,4	3,70	57
	invierno	< LD	0,4	0,6	0,020	0,4	0,09	2
	primavera	< LD	14,0	17,1	0,015	11,8	3,60	51



G (Ing. White)	verano	< LD	12,1	18,1	0,025	15,2	4,10	65
	invierno	< LD	0,4	0,7	0,020	0,4	0,11	2
	primavera	0,134	15,3	20,5	0,030	13,0	3,10	60
I (Villa del Mar)	verano	< LD	11,4	17,4	0,025	15,2	4,60	64
	invierno	< LD	0,4	0,6	0,021	0,4	0,13	2
	primavera	0,120	14,9	17,5	0,025	12,8	2,90	55
<b>TEL</b>		0,676	52,3	18,7	0,13	15,9	30,24	124
<b>ERL</b>		1,2	81	34	0,15	20,9	46,7	150

Valores promedio correspondientes a 5 réplicas independientes (desvío estándar < 3,5%)  
LD: Límite de detección.

El cadmio no se detectó en la mayoría de las muestras (LD=0,1 ppm) del estuario, los demás si se hallaron. Comparando las concentraciones con los niveles guía propuestos por la NOAA, ninguna muestra se superó el nivel más exigente de protección de la vida acuática “*threshold effects level*” (TEL).

#### • 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	0,300	0,10	<b>28</b>	0,033	0,12	< LD	63
H (Cuatrerros)	verano	0,230	0,11	<b>39</b>	0,056	0,11	< LD	<b>103</b>
	invierno	0,430	0,02	<b>37</b>	0,030	0,10	0,003	<b>133</b>
	primavera	0,270	0,14	<b>15</b>	< LD	0,12	0,05	38
G (Ing. White)	verano	0,330	0,07	<b>62</b>	0,056	0,12	0,02	<b>190</b>
	invierno	0,470	0,02	<b>51</b>	0,052	0,09	0,01	<b>185</b>
	primavera	0,370	0,09	<b>43</b>	< LD	0,07	0,03	50
I (Villa del Mar)	verano	0,280	0,11	<b>68</b>	0,059	0,13	0,01	63
	invierno	0,520	0,03	<b>54</b>	0,041	0,09	< LD	95
	primavera	0,450	0,09	<b>43</b>	< LD	0,07	0,07	49
CAA		2	-	10	0,5	-	1,5	100
SENASA		1	-	-	0,5	-	1	-
FDA		4	13	-	1	80	1,7	-



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. El Zn presentó mayor concentración en ostras de White y en Cu fue similar en White y Villa del Mar.

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.

En general todos los metales analizados se encontraron en las ostras, a excepción del Hg y el Pb que en algunas muestras no se detectaron.

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.

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

Con los datos concentración 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. Como viene analizándose en los PIM año a año se puede establecer una tendencia general del Cu y el Zn a acumularse en las ostras, mientras que el Cr, Ni y Pb lo harían en el sedimento.

- **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 Cantillo<sup>15</sup> 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. 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 vienen observando años atrás:

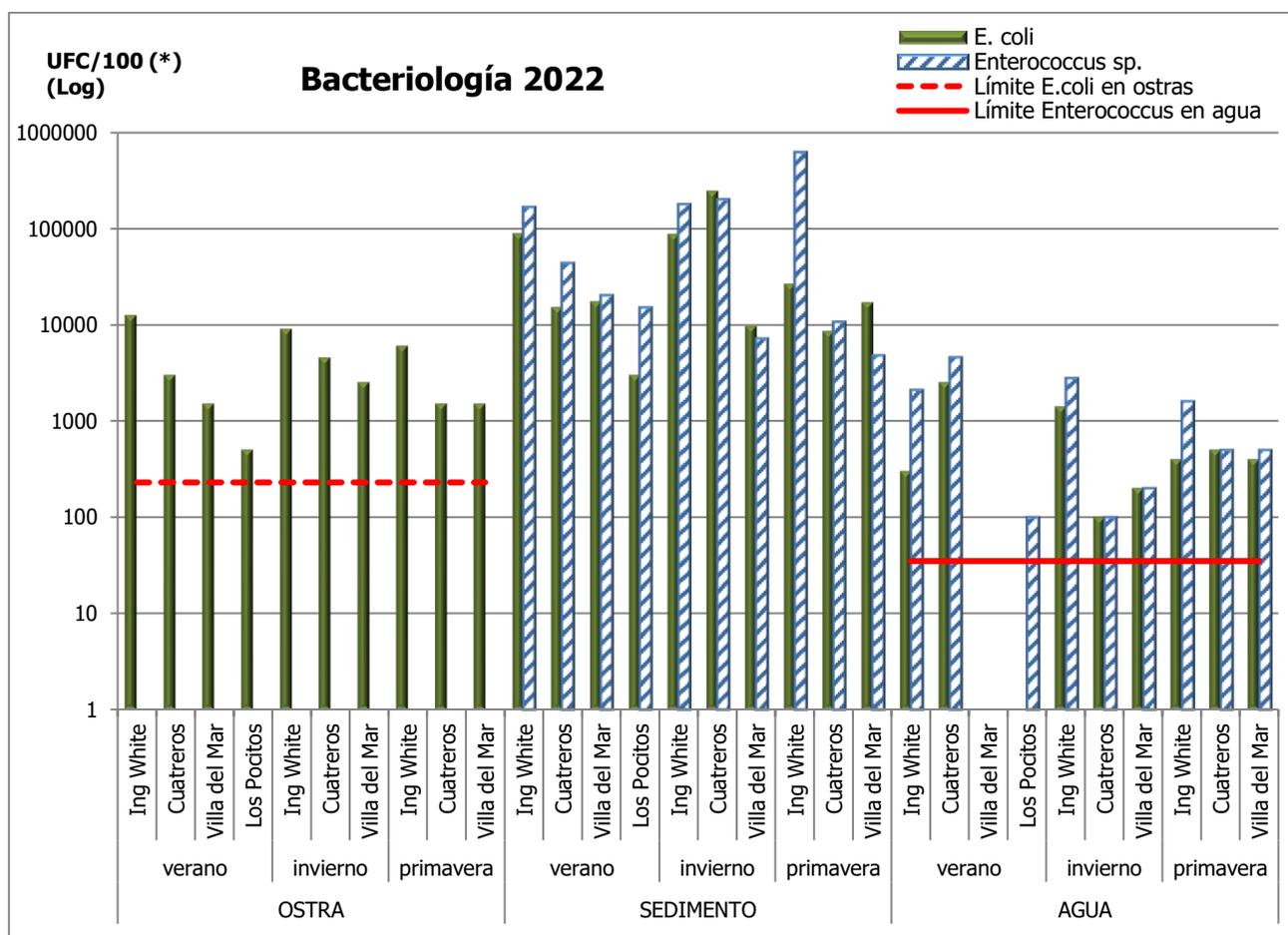
- Las concentraciones de los metales detectados en las ostras del estuario de Bahía Blanca no superan los umbrales de contaminación propuestos por Cantillo para la NOAA (ver valores resaltados en negrita de la tabla 1 del ANEXO I -Estuario de Bahía Blanca, página 71).
- La concentración de Cd y Ni en 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 con los datos registrados mundialmente 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.

<sup>15</sup>Cantillo 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.

### 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.

En todas las muestras de ostra, se encontró *Escherichia coli*. 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).

Como viene sucediendo desde 2016 los recuentos de *E. coli* en las ostras de Ingeniero White, son mayores en todos los muestreos.

En el agua de los pocitos no se detectó *E. coli* pero si en las ostras y el sedimento.

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 verano en Villa del Mar donde no se detectaron bacterias. En los pocitos, se detectó dicha bacteria en el agua y sedimentos.

- **Salmonella sp.**

Durante 2022 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

- Las concentraciones de metales pesados en el agua de mar muestreada durante 2022, estuvieron dentro de los valores característicos del estuario.
- Las concentraciones de metales pesados en el sedimento muestreado durante 2022, no se superó el nivel más exigente de protección de la vida acuática de los niveles guía propuestos por la NOAA.
- Las concentraciones de metales pesados en el sedimento muestreado durante 2022, se encontraron dentro del mismo orden de magnitud que años anteriores.
- Dado que los recuentos de *E. coli* realizados en el 2022 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<sup>ra</sup> 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 función de los resultados obtenidos en los años anteriores, en el 2022 se continuó con el monitoreo de los cursos de agua más críticos con una frecuencia cuatrimestral de muestreo:

- **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 se completaron los mismos con análisis de metales en agua y sedimentos (derivado a laboratorio externo) 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.

### 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 2022 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.

#### 1.4.1. Fisicoquímicos

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: superó el límite superior de 8,5 upH que indica la resolución en los tres muestreos del Sauce, en dos del Saladillo y en uno del canal Maldonado y del arroyo Napostá.
- demanda biológica de oxígeno (DBO): superó el límite de 10 mg/l en 1 oportunidad en el Maldonado, Napostá y el Saladillo de García.

#### 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 año 2022 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	4782	1436
Maldonado	3322	1271
Sauce Chico	484	348
Saladillo de García	680	330

Las medias geométricas anuales de *E. coli* en los cursos de agua muestreados fueron menores a las medias geométricas históricas respectivas, así como al periodo anterior 2020/21. Todos los recuentos, 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)<sup>16</sup> menos exigente, para el recuento de *E. coli* en una muestra de agua aislada de uso recreativo infrecuente (nivel de confianza del 95%) que es de 494 UFC/100ml para el Napostá y de 1020 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.

	media geométrica histórica	media geométrica periodo informado
Napostá	10605	42276
Maldonado	14710	60539
Sauce Chico	6522	7757
Saladillo de García	9236	68988

Las heterótrofas de origen terrestre en las desembocaduras de los afluentes muestreados fueron en promedio mayor la del Saladillo seguida por la del canal Maldonado y Napostá. En el Sauce los recuentos de heterótrofas terrestres estuvieron en el orden de los valores históricos. En el gráfico 2 del ANEXO II- Estuario de Bahía Blanca, página 77 se visualizan los datos históricos.

<sup>16</sup>Secretaría 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>.



## **1.5. Conclusiones**

Los muestreos realizados entre 2022 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 8 desvíos de parámetros fisicoquímicos a la resolución del 42/2006, la del arroyo Napostá presentó 8 desvíos, el Sauce Chico 7 y el Saladillo de García 10 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, coincidente con el límite para actividades recreativas con contacto primario establecido por la USEPA Draft Guidelines<sup>17</sup> (2012) y contacto directo según 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.

---

<sup>17</sup>U.S.EPA 2012. Recreational Water Quality Criteria. office of water 820-F-12-058.

## 2 Monitoreo de la descarga cloacal 3<sup>ra</sup> cuenca

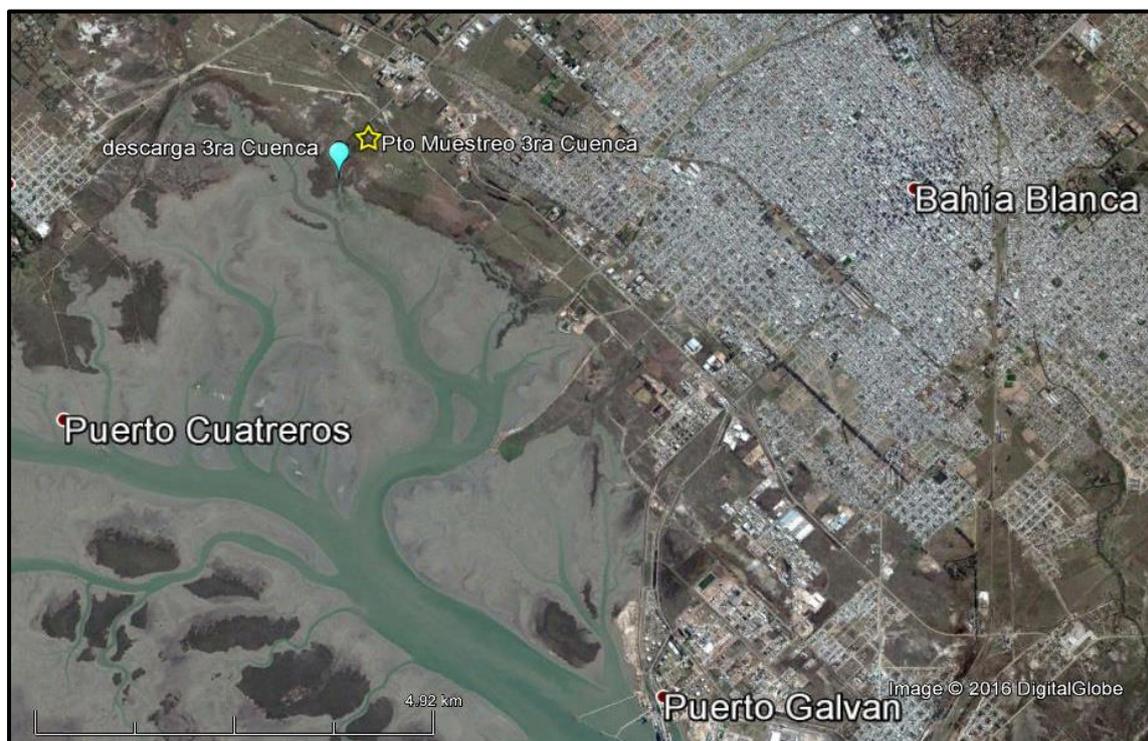
El CTE, a pedido del Honorable Concejo Deliberante de Bahía Blanca, viene realizando, el seguimiento y monitoreo de la descarga de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales 3<sup>ra</sup> Cuenca (PTLC), desde marzo de 2009. Así mismo, en conjunto con el Laboratorio de Microbiología General de la 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<sup>ra</sup> Cuenca

Durante el 2022 se muestreo bimensualmente, intercalando entre la 1<sup>ra</sup> y la 3<sup>era</sup> 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), HTP (derivado a laboratorios certificados), 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<sup>o</sup> edición.

## 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<sup>ra</sup> cuenca.

Se realizaron 8 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 presentaron valores esperados, acordes al tipo de efluente.
- La temperatura, el pH, la DQO, sólidos sedimentables en 10 minutos y HTP, siempre presentaron valores dentro de los límites admisibles, con valores normales para este efluente.
- Los sólidos sedimentables en 2 horas superaron el límite en 2 muestreos
- La demanda biológica de oxígeno (DBO) superó el límite en una ocasión
- El N<sub>total</sub> estuvo excedido en una muestra.
- Todas las determinaciones de fósforo total, arrojaron valores superiores a lo permitido.
- El cloro residual en una oportunidad estaba excedido del límite.
- Los hidrocarburos particulados totales (HTP) fueron detectados en cuatro oportunidades en cantidad menor al límite legislado.
- Se detectó ocasionalmente cadmio, zinc, níquel, plomo, cobre, y mercurio en muy bajas concentraciones por debajo de los límites admisibles. El cromo no fue detectado durante este periodo.
- En dos muestreos no se detectaron coliformes fecales, mientras que en tres determinaciones, de un total de ocho) sí superaron el límite máximo admisible para descarga a agua superficial



de la res. 336/3 de la ADA y se dieron en meses calurosos. Por otro lado, los recuentos de *Enterococcus* spp, acompañaron la variación de las coliformes fecales cuando éstas estaban elevadas, presentando valores máximos 530000 UFC/100ml y mínimos de 200 UFC/100ml.

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 recuentos superadores de la norma, 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<sup>ra</sup> cuenca en la zona interna del estuario.

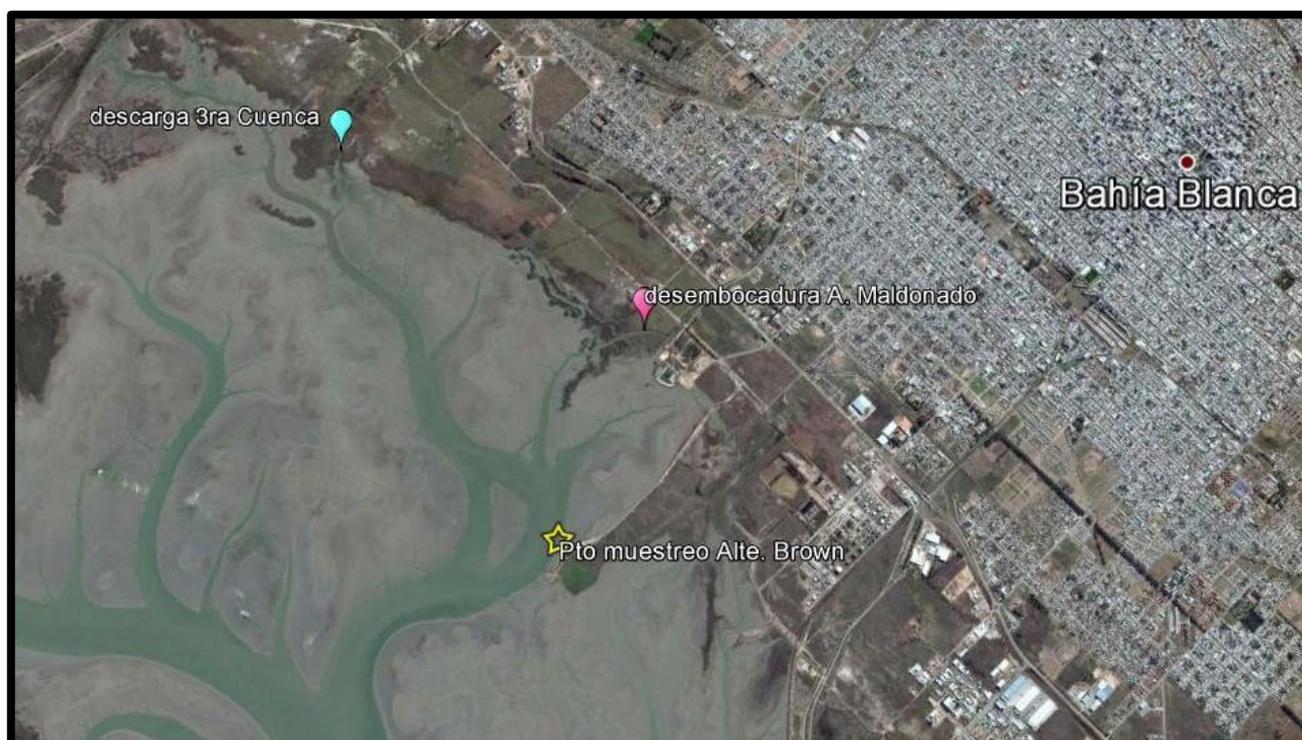
#### 3.1 Marco Legal

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 USEPA<sup>18</sup>.

#### 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).

<sup>18</sup>U.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

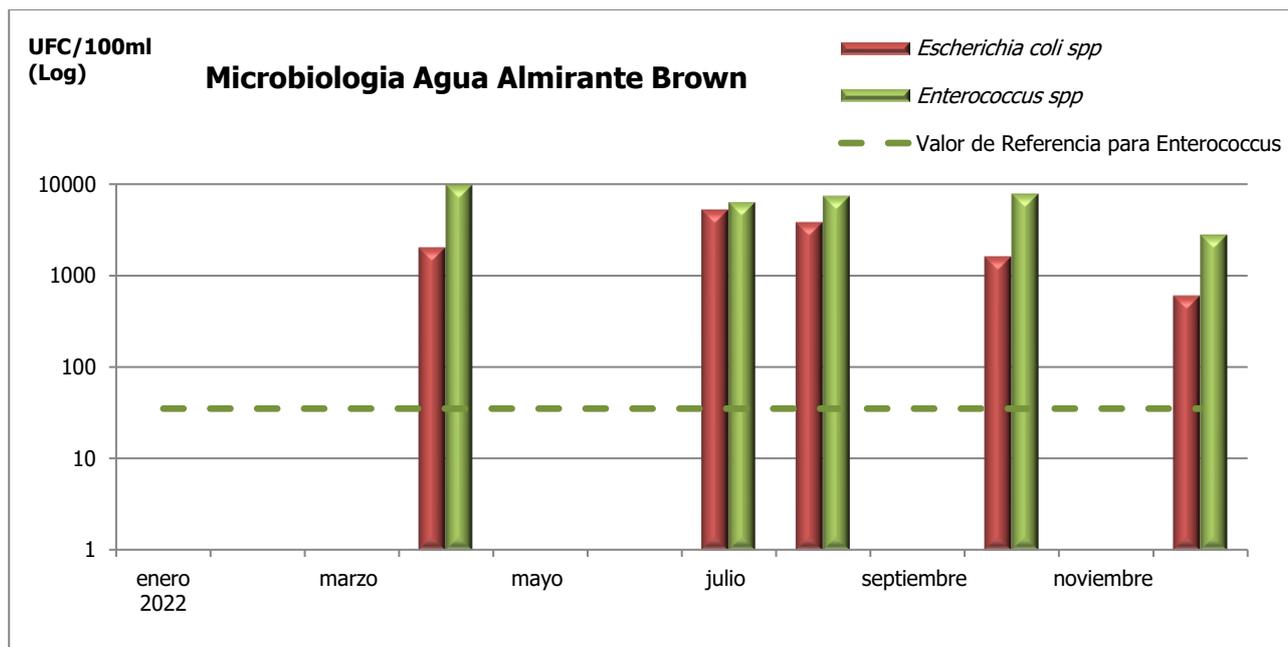
En la tabla 1 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 80, se presentan todos los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras de agua y sedimento de la zona del ex-club Almirante Brown. Se realizaron 5 muestreos de agua y sedimento en el periodo muestreado.

- **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 todas las muestras.

Las determinaciones se realizaron, sobre el agua entera muestreada desde la costa, sin filtrar, no sobre la fracción disuelta. Es por ello que solo se pueden comparar con las determinaciones realizadas en el monitoreo de ostras. Siendo los valores dentro del rango histórico de dicho muestreo, salvo un análisis de Zn por encima de los valores registrados.

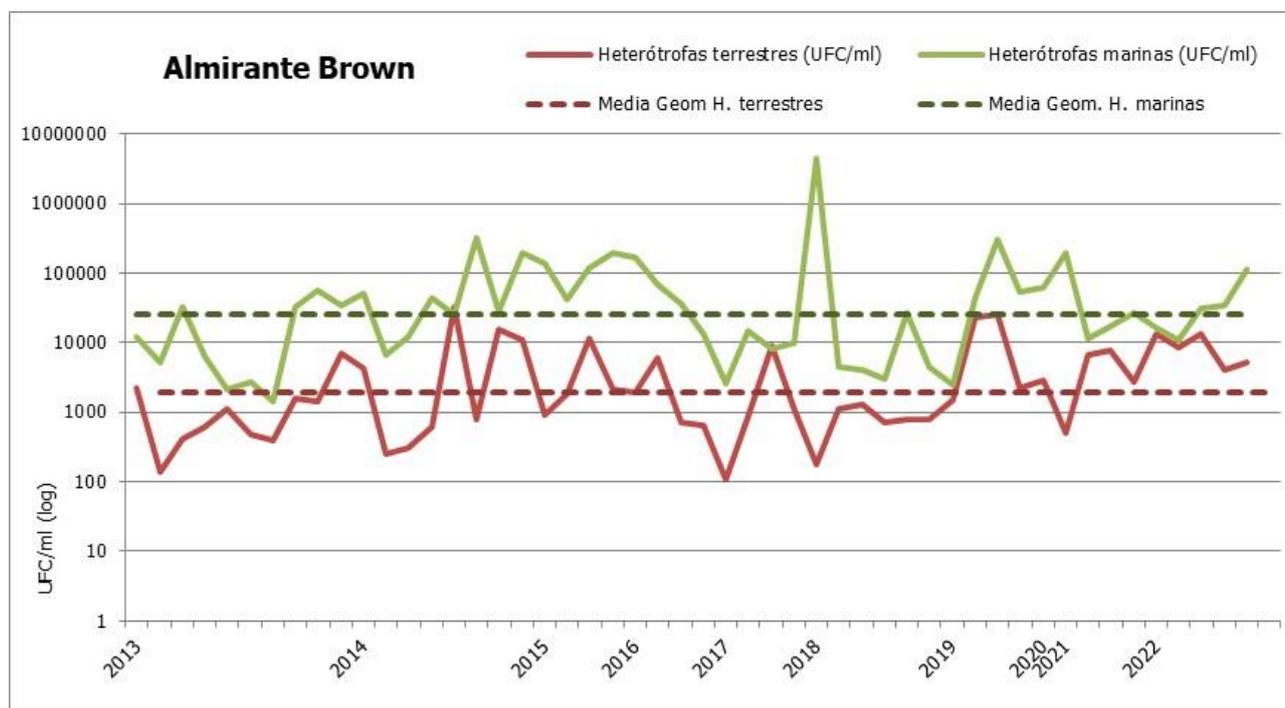
En cuanto a la microbiología, los recuentos de *Escherichia coli* en agua variaron entre 600 hasta 5200 UFC/100 ml. Por su parte, la cuantificación de *Enterococcus* spp. siempre superó el valor de referencia de la Res. ADA N° 42/2006 (35 colonias/100 ml para aguas marinas de recreación) con recuentos entre 2800 y 9800 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 1385 UFC/100ml. En general, ambos indicadores tuvieron valores levemente mayores 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<sup>ra</sup> 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 11000 y 114100 UFC/ml, a principio de año con valores por debajo de la media geométrica histórica, por mayor aporte de las terrestres. 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 4100 y 13400 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.

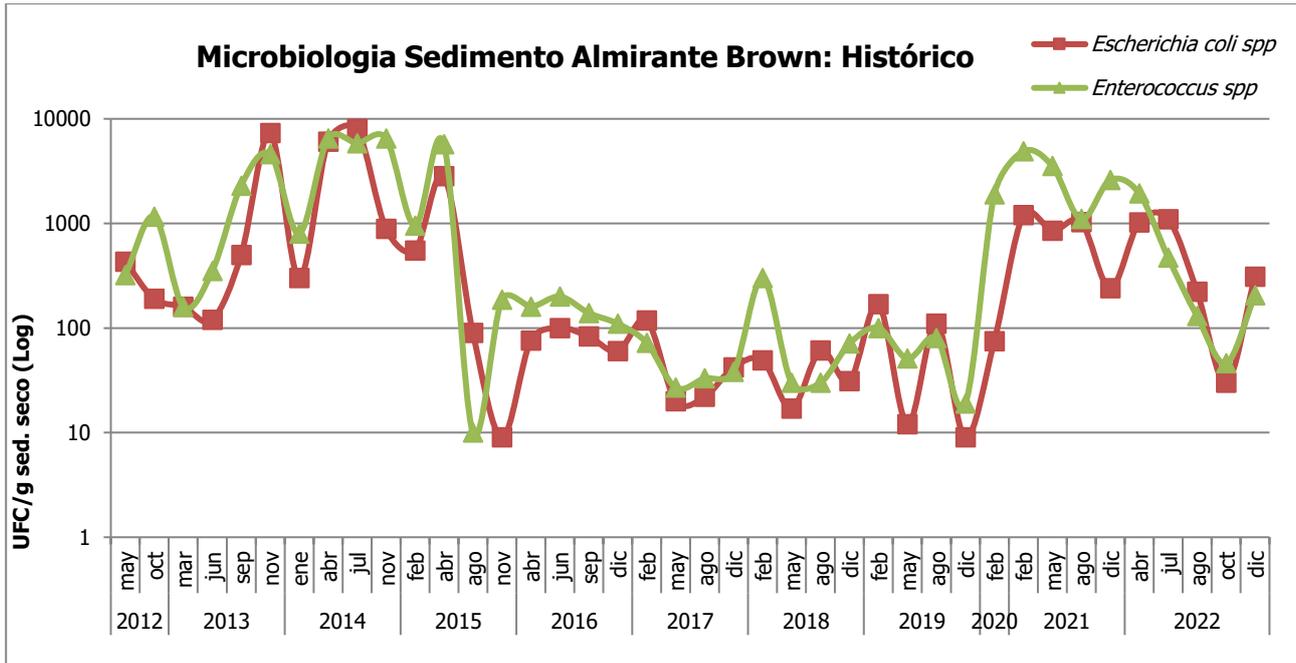


Estos recuentos observados son típicos de ambientes costeros.

- **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, salvo un análisis de Cu en sedimento que en una oportunidad fue levemente superiores al dicho nivel guía.

Los recuentos de *Escherichia coli* en sedimento oscilaron entre 30 y 1980 UFC/grs y los de *Enterococcus spp.* lo hicieron entre 46 y 1938 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* presentaron recuentos elevados a inicio del 2022 como venían registrándose el periodo anterior, pero que a lo largo del año fueron decayendo.



### **3.4 Conclusiones**

La planta de tratamiento de residuos cloacales 3<sup>ra</sup> Cuenca, mostró en general un aceptable rendimiento, respecto a parámetros bacteriológicos del efluente que solo se fueron de régimen en los meses calurosos. El aporte de bacterias del canal Maldonado en los meses que la planta depuradora valores microbiológicos bajos o nulos, ha sido significativo para la zona estuarial aledaña a la descarga del mismo, ya que los recuentos bacterianos se sostienen altos.

La falta de un tratamiento terciario en la planta depuradora (condicionamiento de la Res. Nº 1826/2006 del OPDS) con el aporte 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 en gran medida a las variaciones de los mismos en el canal Maldonado; potenciando el impacto de la tercera cuenca.

## 4 Monitoreo de la descarga cloacal 1<sup>ra</sup> Cuenca

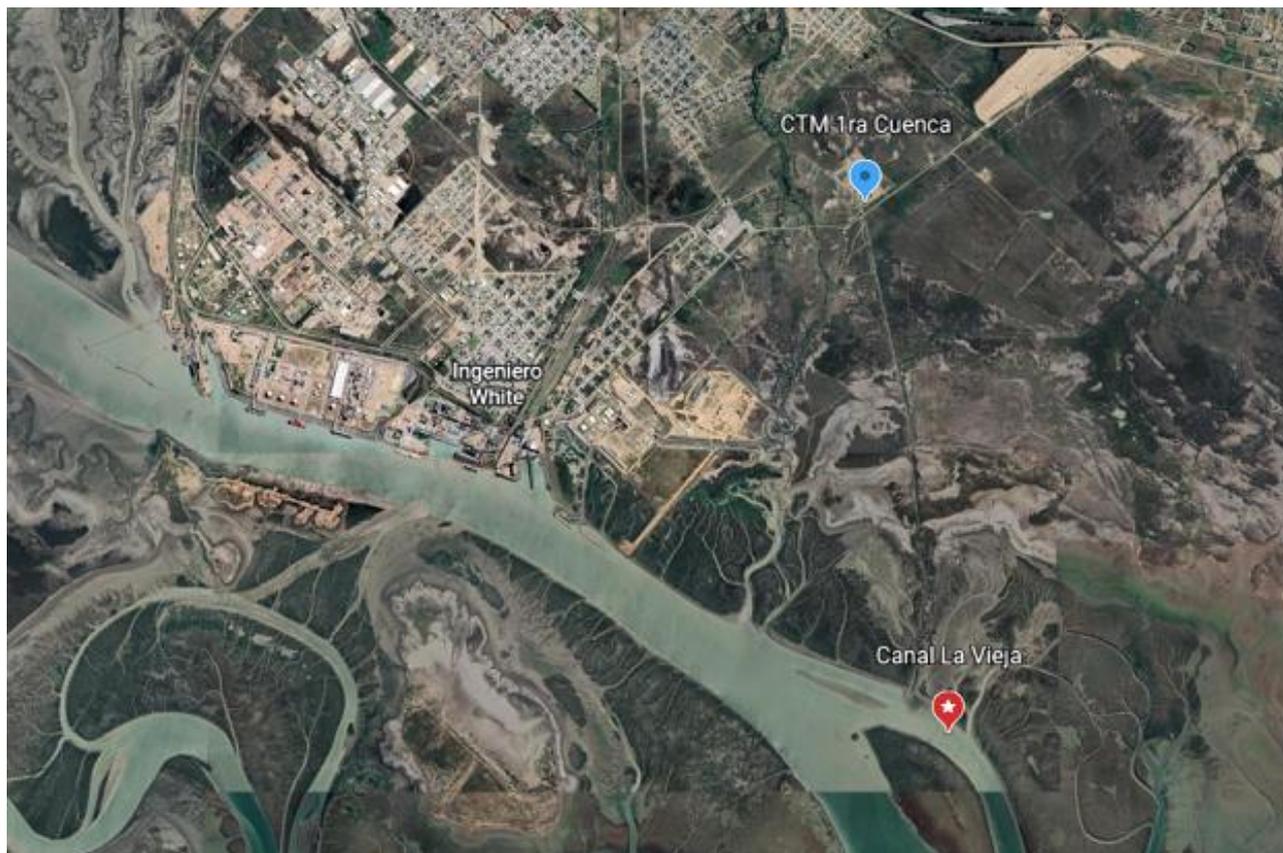
La Planta Depuradora Cloacal Primera Cuenca de ABSA, descargaba los residuos cloacales de gran parte de Bahía Blanca e Ing. White, a un canal de marea del estuario de Bahía Blanca. El CTE contrató, entre el 2003 y 2004 al Instituto Argentino de Oceanografía para realizar un estudio del impacto de la descarga cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca y en el 2010 a la Universidad Tecnológica Nacional para caracterizar el efluente cloacal de la ciudad y evaluar su reúso 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<sup>ra</sup> 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 se abre 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<sup>ra</sup> Cuenca

El periodo de monitoreo de 2022 fue acotado al funcionamiento de la planta ya que, desde abril a principio de octubre la misma estuvo parada por no funcionar el tren primario. Se realizaron 4 muestreos durante 2022.

*In situ* se hicieron algunas mediciones (pH, T°, conductividad y turbidez), 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<sup>o</sup> 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<sup>ra</sup> cuenca

Los resultados más destacables de los análisis realizados durante 2022 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 podrían propiciar condiciones de un estuario moderado a altamente eutrófico, como ya lo ha indicado el IADO en estudios anteriores.
- En el muestreo de marzo la DBO superó el límite permitido por la ley poniendo en evidencia el alto grado de materia orgánica que posee el efluente.

#### **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 el líquido cloacal sin ningún tipo de tratamiento se vuelca 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.



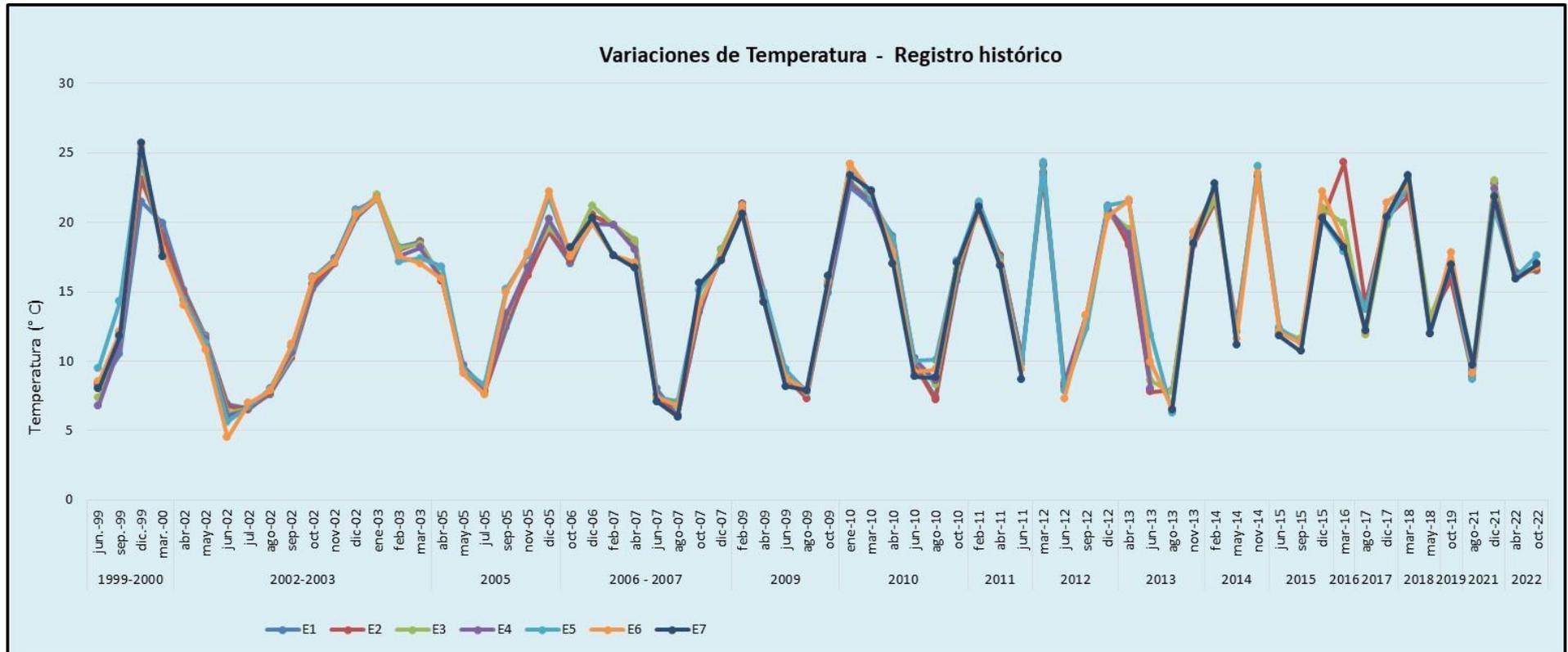
# ANEXOS

**Programa:** Monitoreo de Cuerpos Receptores

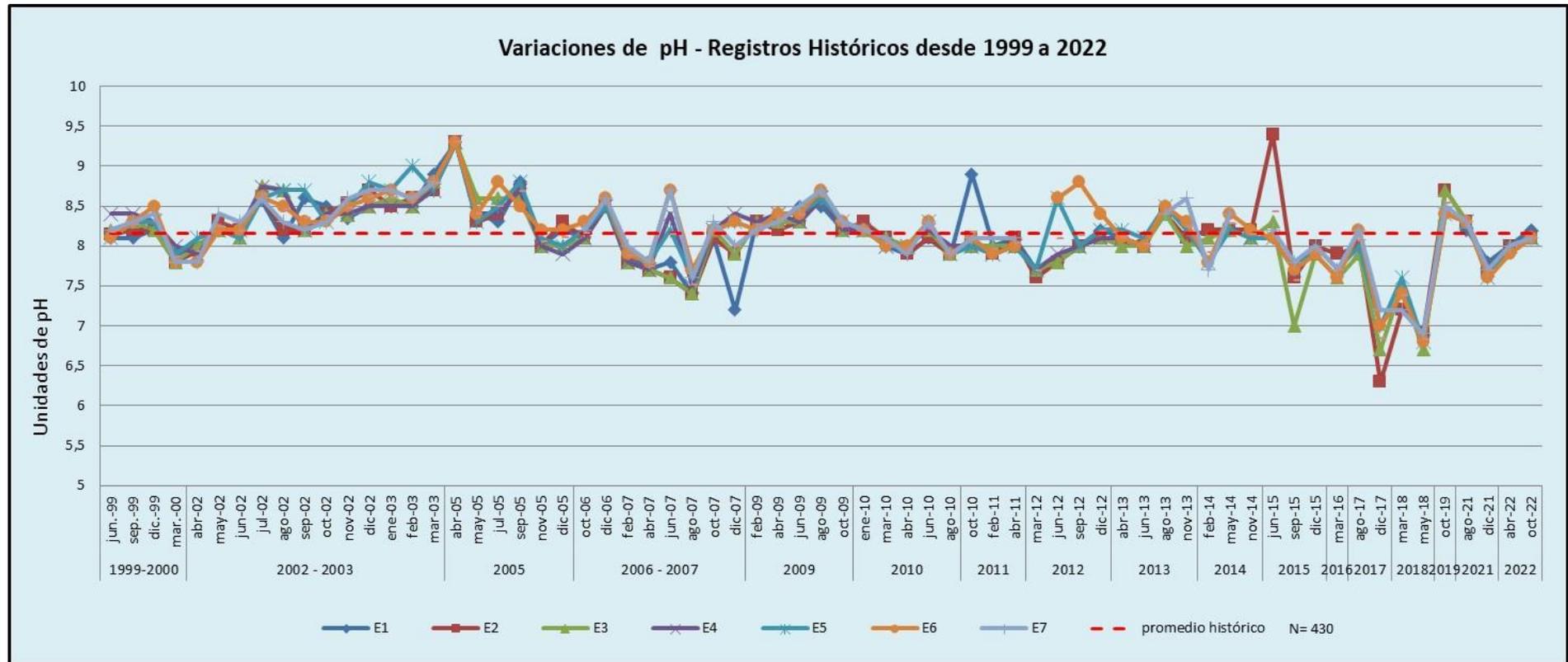
**Subprograma:** Estuario de Bahía Blanca

ANEXO I: MONITOREO DEL ESTUARIO

**Gráfico 1:** Valores históricos de temperatura en el estuario de Bahía Blanca. Cada línea representa una estación de monitoreo.



**Gráfico 2:** Valores históricos de pH en el estuario de Bahía Blanca. Cada línea representa una estación de monitoreo. La línea roja punteada es el promedio histórico general.



**Tabla A.** Valores mínimos y máximos considerando todos los sitios para la zona monitoreada, comparados con informes anteriores de estaciones ubicadas en sitios aproximados a los de este informe. Concentraciones expresadas en  $\mu\text{M}$ .

		Nutriente				
		$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{PO}_4^{3-}$	DSi
Período	2015- 2016	0,50 - 99,4	0,21 -4,09	5,15 - 7,51	2,94 - 30,19	22,34 - 163,61
	2017-2018	nd - 58,20	0,17 -3,84	nd - 662,80	0,67 - 5,50	24,25 - 140,78
	2021	6,45 - 23,12	0,11 - 5,23	2,73 - 12,78	1,05 - 3,96	17,14 - 133,59
	2022	9,88 - 62,39	0,97 - 7,01	2,13-18,45	2,05-5,08	36,26 - 157,46

nd: no detectable

**Tabla B.** Se presentan los valores establecidos por la USEPA<sup>19</sup>. y el Decreto 831/93 como guía de referencia para los parámetros inorgánicos disueltos en agua de mar. Los resultados están expresados en  $\mu\text{g/L}$  o ppb.

Parámetro	CMC Exposición Aguda	CCC 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
Mercurio	1,8	0,94	0,1
Níquel	74	8,2	7,1
Plomo	210	8,1	10

<sup>19</sup>U.S.EPA National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>



**Tabla C.** Indicadores de referencia establecidos por la NOAA<sup>20</sup> para metales pesados en sedimentos marinos superficiales. Las concentraciones están expresadas en mg/kg (ppm) en base seca.

<b>Parámetro</b>	<b>TEL</b> "Threshold Effect Level"	<b>ERL</b> "Effects Range-Low"	<b>PEL</b> "Probable Effect Level"	<b>ERM</b> "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

<sup>20</sup>Buchman M.F., 2008 NOAA- Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1 Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.

## 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.

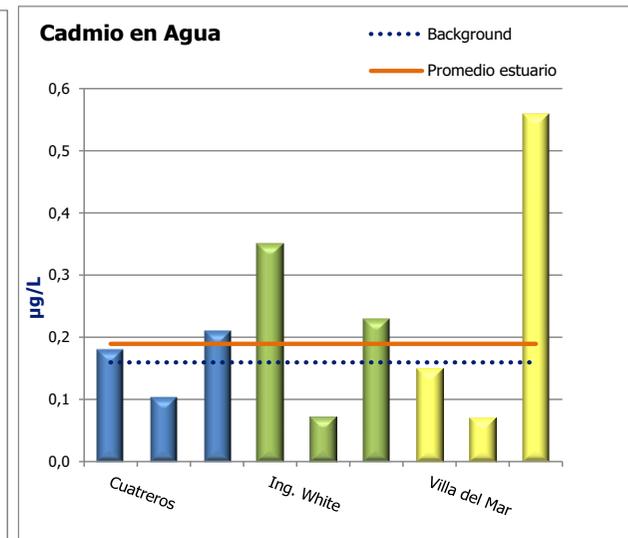
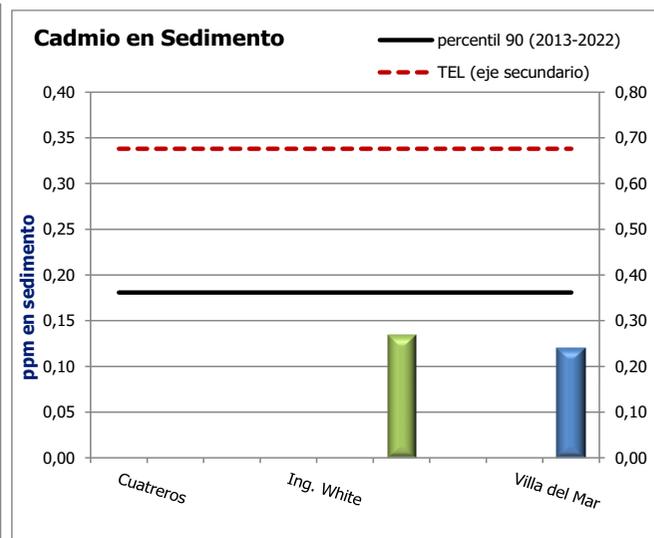
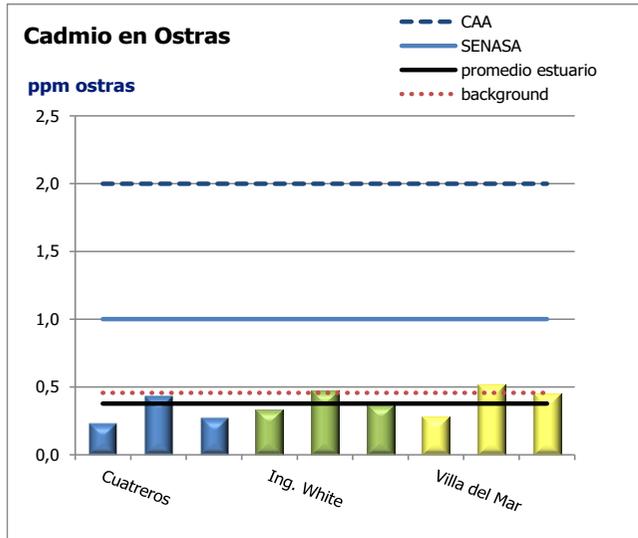
**FDA:** Food and Drugs Administration, Límite admisible para consumo.

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

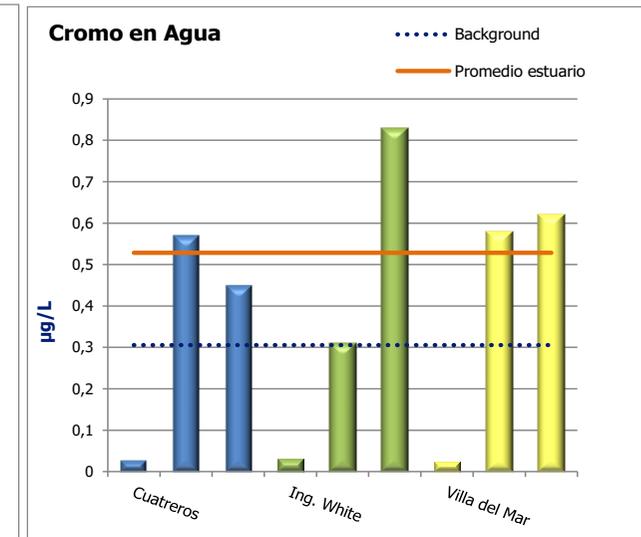
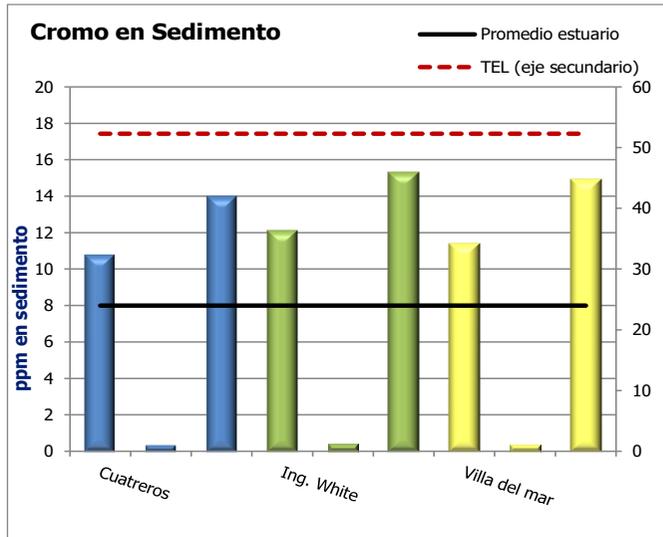
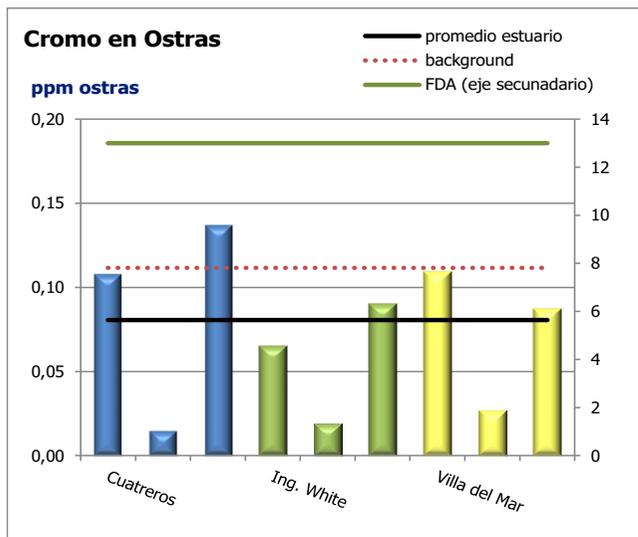
**Background:** promedio de mediciones de cada metal en cada matriz de Los Pocitos, considerado como lugar prístino.



### Gráficos de concentración de Cadmio

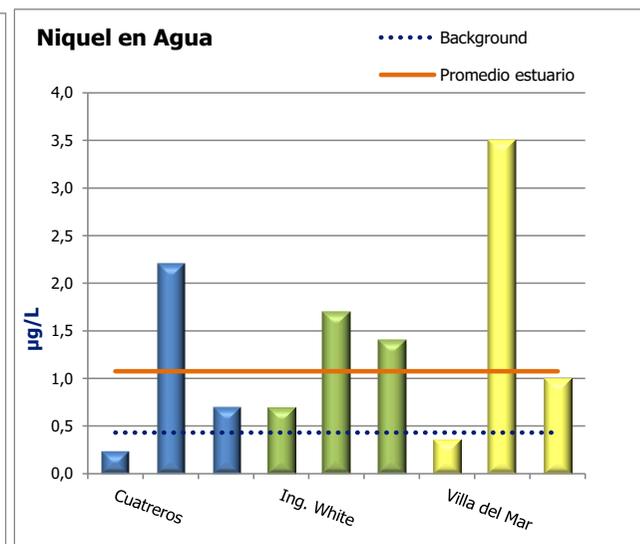
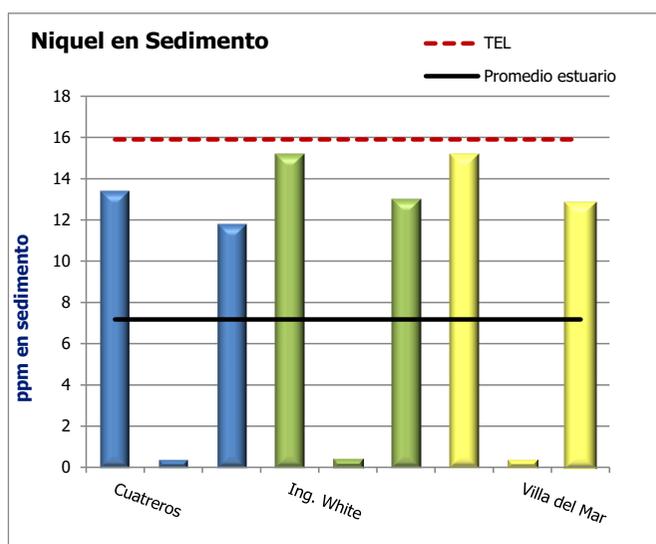
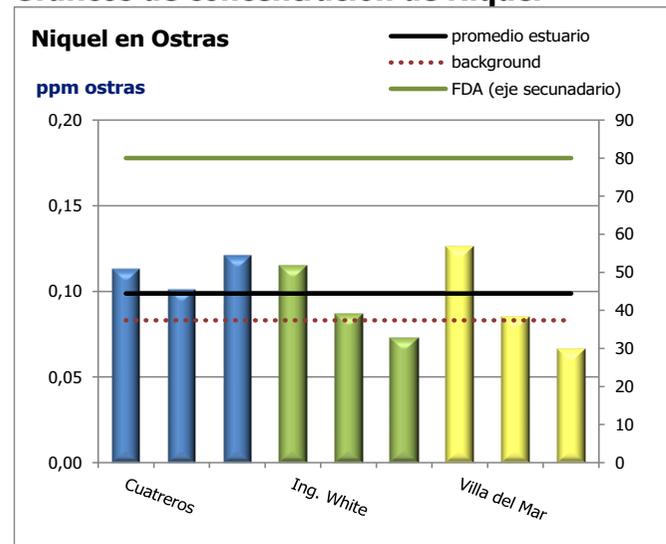


### Gráficos de concentración de Cromo

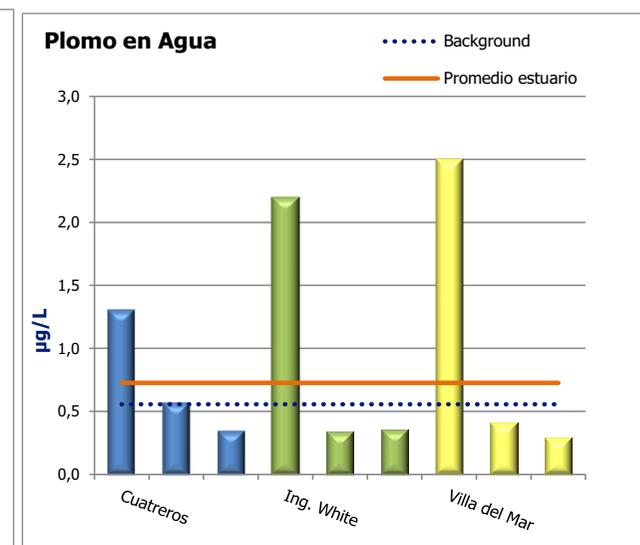
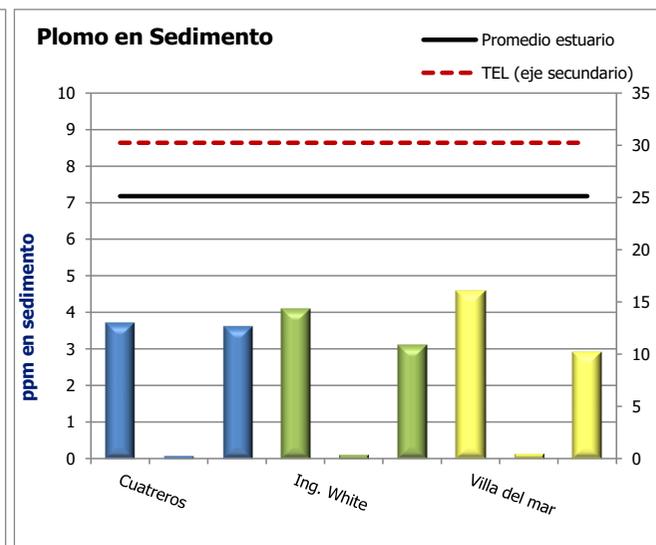
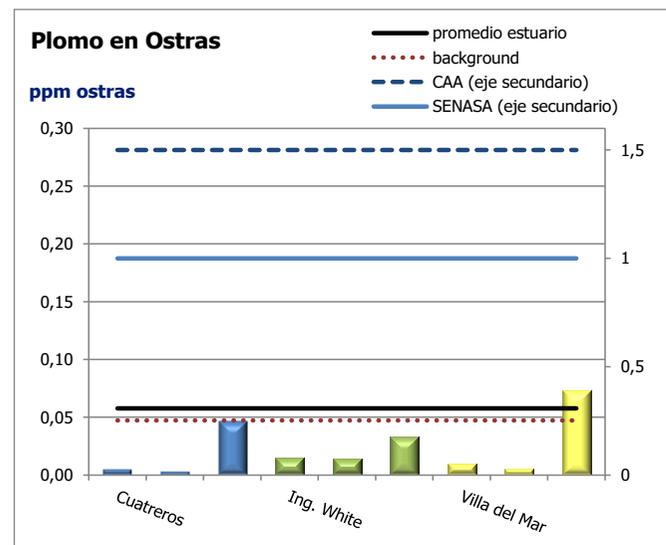




### Gráficos de concentración de Níquel

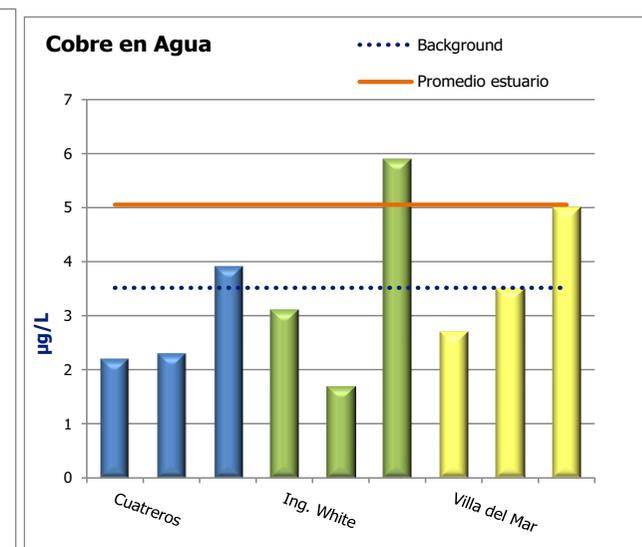
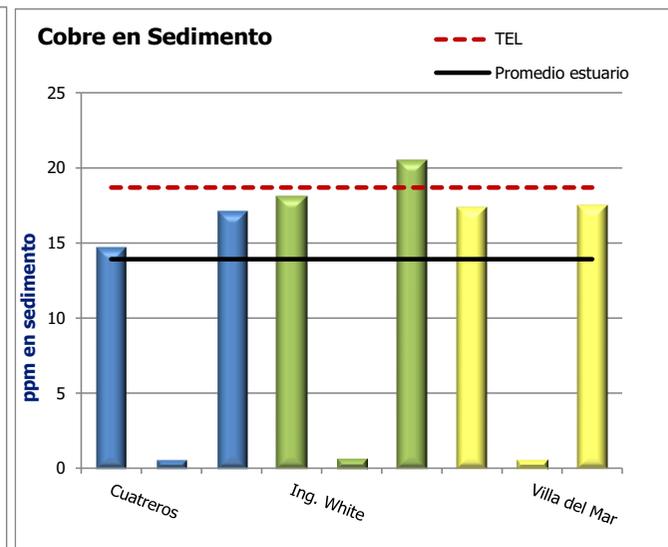
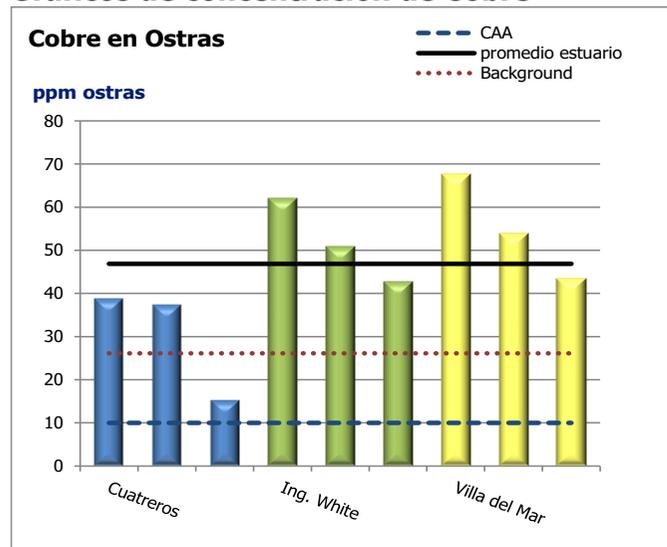


### Gráficos de concentración de Plomo

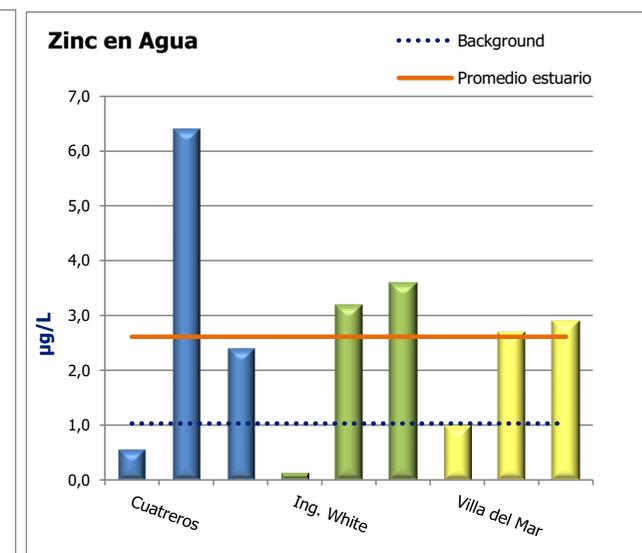
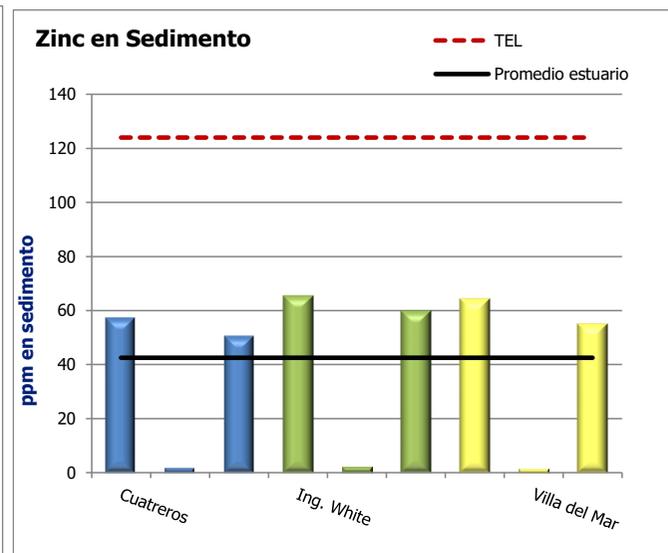
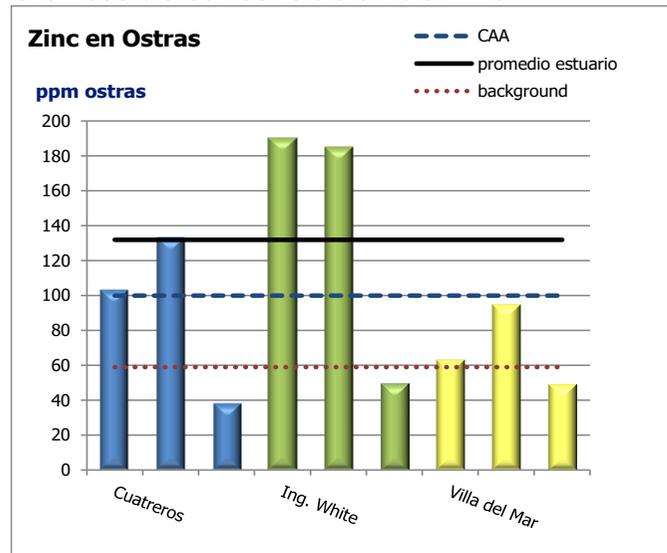




### Gráficos de concentración de Cobre

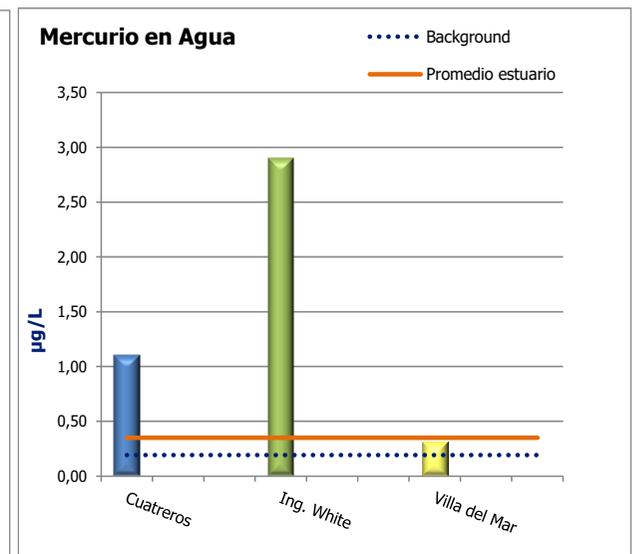
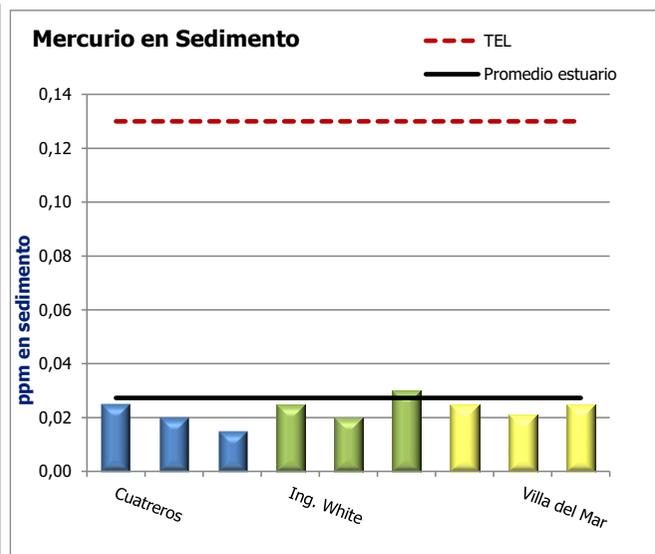
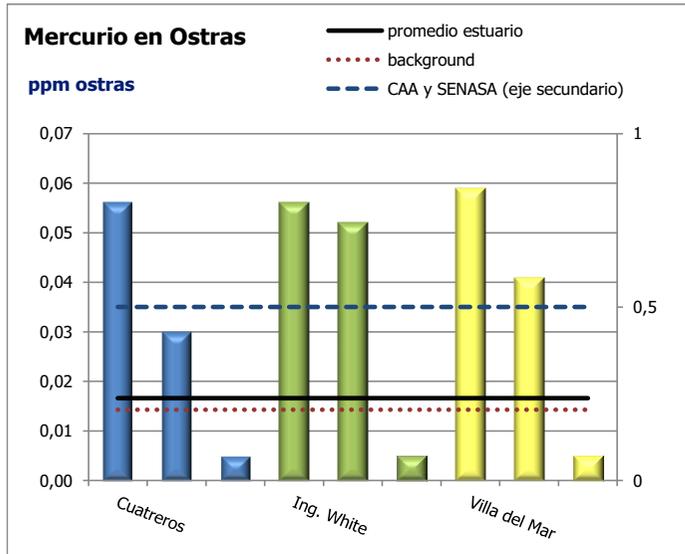


### Gráficos de concentración de Zinc





### 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	50,0	0,010	0,13	0,06	172	Promedio PIM 2013-2022
<i>Crassostrea gigas</i>	Cuatrerros. Estuario de Bahía Blanca	0,37	0,07	40,2	0,011	0,13	0,06	120	Promedio PIM 2013-2022
<i>Crassostrea gigas</i>	Villa del Mar. Estuario de Bahía Blanca	0,40	0,11	51,0	0,026	0,14	0,05	90	Promedio PIM 2013-2022
<i>Crassostrea gigas</i>	Los Pocitos. Bahía A negada	0,48	0,11	25,8	0,011	0,08	0,05	58	Promedio PIM 2013-2022
<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	0,418	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>	Rio 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 Atlantica (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 brasiliana</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 brasiliana</i>	Bahía Guanabara (Brasil)*	0,08	-	29,6	-	0,68	<0,26	260,6	Gomes <i>et al.</i> (1991)
<i>Crassostrea brasiliana</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 Rio 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 2022 y los niveles de referencia.

Arroyo Maldonado	27/4/2022		4/7/2022		5/12/2022		Res. 42/2006
	fisicoquímico						
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua
pH (upH)	8,5	-	8,0	-	<b>9,1</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>
Temperatura (°C)	15,9	-	11,9	-	25,4	-	NE
Conductividad (mS/cm)	1,94	-	2,05	-	1,74	-	NE
Turbidez (NTU)	31,3	-	69,4	-	28,6	-	<b>≤ 100</b>
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE
SS120' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE
DQO (mg/l)	< LD	-	< LD	-	11	-	NE
DBO (mg/l)	n/a	-	n/a	-	<b>16,9</b>	-	<b>≤ 10</b>
N <sub>tot</sub> (mg/l)	8,6	-	8,2	-	6	-	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,75</b>	-	<b>0,28</b>	-	<b>0,31</b>	-	<b>≤ 0,025</b>
HTP	< 0,1	-	n/a	-	< 0,1	-	<b>NE</b>
BTEX	n/a	-	n/a	-	n/a	-	<b>NE</b>
Cadmio (ppm)	< 0,002	< 0,1	< 0,002	< 0,1	< 0,002	0,122	<b>≤ 0,075</b>
Níquel (ppm)	< 0,002	5,7	< 0,002	0,19	< 0,002	4,1	<b>≤ 0,05</b>
Zinc (ppm)	< 0,002	67,5	0,008	1,89	0,01	67	<b>≤ 7,5</b>
Plomo (ppm)	0,007	11,5	0,015	0,24	0,005	22,3	<b>≤ 0,025</b>
Cobre (ppm)	< 0,002	13,3	0,003	0,44	0,004	11,7	<b>≤ 5</b>
Cromo (ppm)	< 0,002	6,1	< 0,002	0,21	< 0,002	6	<b>≤ 0,125</b>
Mercurio (ppm)	<LD	0,021	< LD	0,026	< LD	0,013	<b>≤ 0,025</b>
	bacteriológico						
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	<b>1900</b>		<b>1800</b>		<b>600</b>		<b>≤ 126 (*)</b>
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	77500		23200		123400		NE

n/a: no analizado

NE: no especificado

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 2022 y los niveles de referencia.

Arroyo Napostá	2022						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	27/4/2022		4/7/2022		5/12/2022			
	fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,5	-	8,4	-	<b>8,6</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>	NE
Temperatura (°C)	15,9	-	9,2	-	22,1	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	1,79	-	2,24	-	1,22	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	70	-	48,9	-	82	-	<b>≤ 100</b>	NE
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	0,1	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DQO (mg/l)	13	-	< LD	-	6	-	NE	NE
DBO (mg/l)	< LD	-	n/a	-	<b>20,3</b>	-	<b>≤ 10</b>	NE
N <sub>tot</sub> (mg/l)	3,6	-	3,8	-	5,2	-	NE	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,45</b>	-	<b>0,2</b>	-	<b>0,29</b>	-	<b>≤ 0,025</b>	NE
HTP	< 0,1	-	n/a	-	< LD	-	<b>NE</b>	NE
BTEX	n/a	-	n/a	-	n/a	-	<b>NE</b>	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	< 0,1	< 0,002	< 0,1	< 0,002	0,122	<b>≤ 0,075</b>	<b>0,596</b>
Níquel (ppm)	< 0,002	5,4	< 0,002	0,19	< 0,002	5,7	<b>≤ 0,05</b>	<b>18</b>
Zinc (ppm)	< 0,002	49,7	0,002	2,27	0,009	64,8	<b>≤ 7,5</b>	<b>123,1</b>
Plomo (ppm)	< 0,005	7,7	0,006	0,49	< 0,005	5,4	<b>≤ 0,025</b>	<b>35</b>
Cobre (ppm)	< 0,002	12,2	0,003	0,54	0,003	13,5	<b>≤ 5</b>	<b>35,7</b>
Cromo (ppm)	< 0,002	5,6	< 0,002	0,22	< 0,002	7,1	<b>≤ 0,125</b>	<b>37,3</b>
Mercurio (ppm)	< LD	0,011	< LD	0,008	< LD	0,014	<b>≤ 0,025</b>	<b>0,174</b>
	bacteriológico							
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	<b>1600</b>		<b>3700</b>		<b>500</b>		<b>≤ 126 (*)</b>	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	45500		23000		72200		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 2022 y los niveles de referencia.

Arroyo Sauce Chico	2022						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQiRTs)
	27/4/2022		4/7/2022		19/10/2022			
	fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	<b>8,6</b>	-	<b>8,7</b>	-	<b>8,8</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>	NE
Temperatura (°C)	13,4	-	6,12	-	18,9	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	0,82	-	1,91	-	1,51	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	40,9	-	29,9	-	70,3	-	<b>≤ 100</b>	NE
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	< 0,1	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DQO (mg/l)	< LD	-	< LD	-	5	-	NE	NE
DBO (mg/l)	n/a	-	n/a	-	8,7	-	<b>≤ 10</b>	NE
N <sub>tot</sub> (mg/l)	< LD	-	2,4	-	< LD	-	NE	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,6</b>	-	<b>0,11</b>	-	<b>0,18</b>	-	<b>≤ 0,025</b>	NE
HTP	< 0,1	-	n/a	-	n/a	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	< 0,1	< 0,002	< 0,1	< 0,002	0,14	<b>≤ 0,075</b>	<b>0,596</b>
Niquel (ppm)	< 0,002	4,2	< 0,002	0,18	0,009	9,9	<b>≤ 0,05</b>	<b>18</b>
Zinc (ppm)	< 0,002	41,6	0,005	0,81	0,003	47,4	<b>≤ 7,5</b>	<b>123,1</b>
Plomo (ppm)	< 0,005	0,62	0,009	< 0,1	< 0,005	2,7	<b>≤ 0,025</b>	<b>35</b>
Cobre (ppm)	< 0,002	6,3	0,002	0,26	< 0,002	16,7	<b>≤ 5</b>	<b>35,7</b>
Cromo (ppm)	< 0,002	4,5	< 0,002	0,23	< 0,002	12,4	<b>≤ 0,125</b>	<b>37,3</b>
Mercurio (ppm)	< LD	0,004	< LD	0,004	0,0003	0,004	<b>≤ 0,025</b>	<b>0,174</b>
	bacteriológico							
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	<b>700</b>		<b>200</b>		<b>300</b>		<b>≤ 126 (*)</b>	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	4200		5670		19600		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 (SQiRTs) para la protección de la vida acuática.

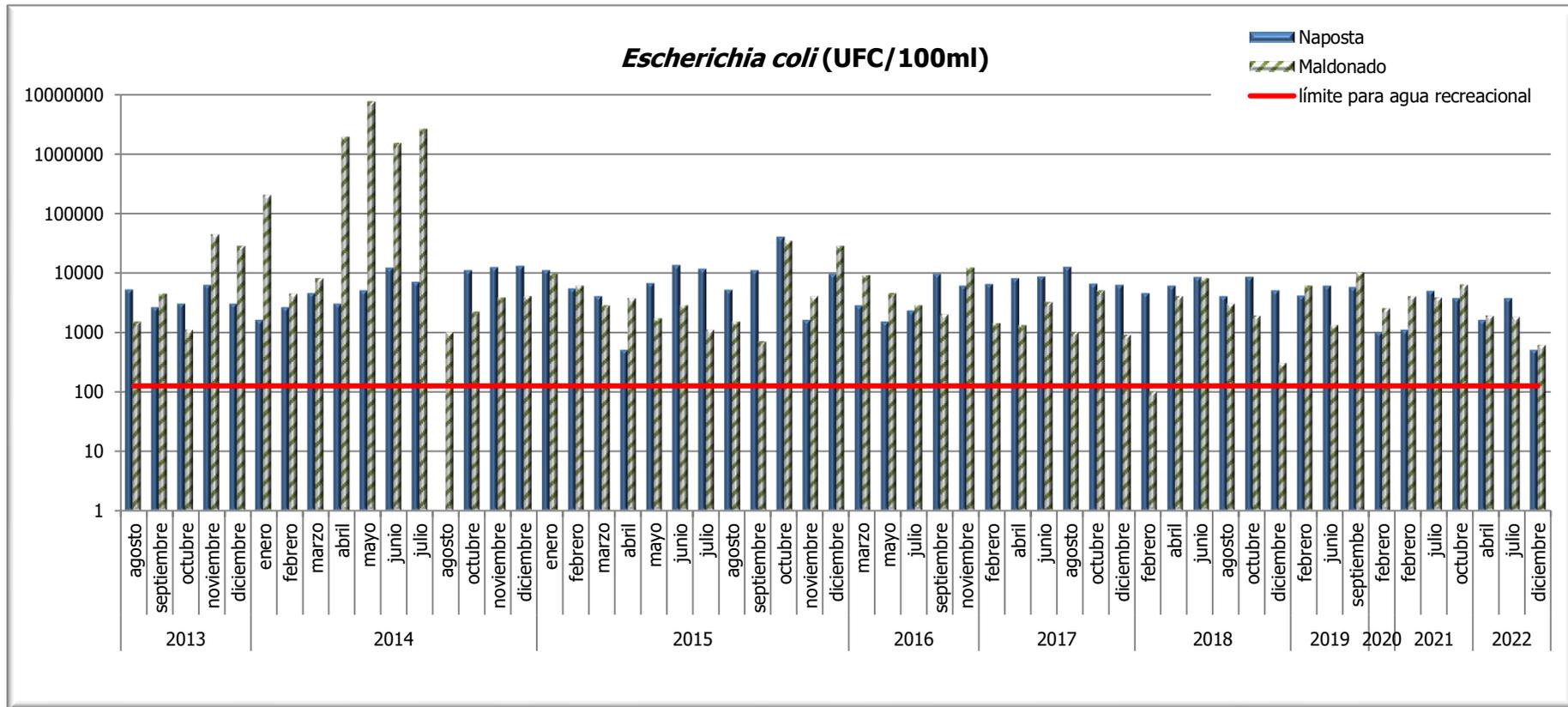
**Tabla 4.** Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Saladillo de García, durante el 2022 y los niveles de referencia.

Arroyo Saladillo de García	2022						Res. 42/2006
	27/4/2022		4/7/2022		19/10/2022		
	<b>fisicoquímico</b>						
	<b>agua</b>	<b>sedimento</b>	<b>agua</b>	<b>sedimento</b>	<b>agua</b>	<b>sedimento</b>	<b>agua</b>
pH (upH)	8,5	-	<b>8,7</b>	-	<b>8,9</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>
Temperatura (°C)	11,8	-	5,0	-	17,5	-	NE
Conductividad (mS/cm)	5,63	-	6,2	-	4,7	-	NE
Turbidez (NTU)	57	-	65,2	-	<b>237</b>	-	<b>≤ 100</b>
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE
SS120' (ml/l)	< 0,1	-	< LD	-	< LD	-	NE
DQO (mg/l)	19	-	20	-	29	-	NE
DBO (mg/l)	< LD	-	n/a	-	<b>11,5</b>	-	<b>≤ 10</b>
N <sub>tot</sub> (mg/l)	2,6	-	2,4	-	< LD	-	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,6</b>	-	<b>0,25</b>	-	<b>0,67</b>	-	<b>≤ 0,025</b>
HTP	< 0,1	-	n/a	-	n/a	-	<b>NE</b>
Cadmio (ppm)	< 0,002	< 0,1	< 0,002	< 0,1	< 0,002	0,11	<b>≤ 0,075</b>
Níquel (ppm)	< 0,002	9,2	0,002	0,3	0,012	10,1	<b>≤ 0,05</b>
Zinc (ppm)	0,004	68,9	0,004	1,4	0,009	57,2	<b>≤ 7,5</b>
Plomo (ppm)	< 0,005	4,9	0,013	0,09	< 0,005	4	<b>≤ 0,025</b>
Cobre (ppm)	< 0,002	19	0,003	0,57	< 0,002	23,7	<b>≤ 5</b>
Cromo (ppm)	< 0,002	8	< 0,002	0,27	< 0,002	12,8	<b>≤ 0,125</b>
Mercurio (ppm)	< LD	0,023	< LD	0,017	< LD	0,019	<b>≤ 0,025</b>
	<b>bacteriológico</b>						
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	<b>600</b>		<b>100</b>		<b>600</b>		<b>≤ 126 (*)</b>
Heterótrofos terrestres (UFC/ml)	62900		29000		180000		NE

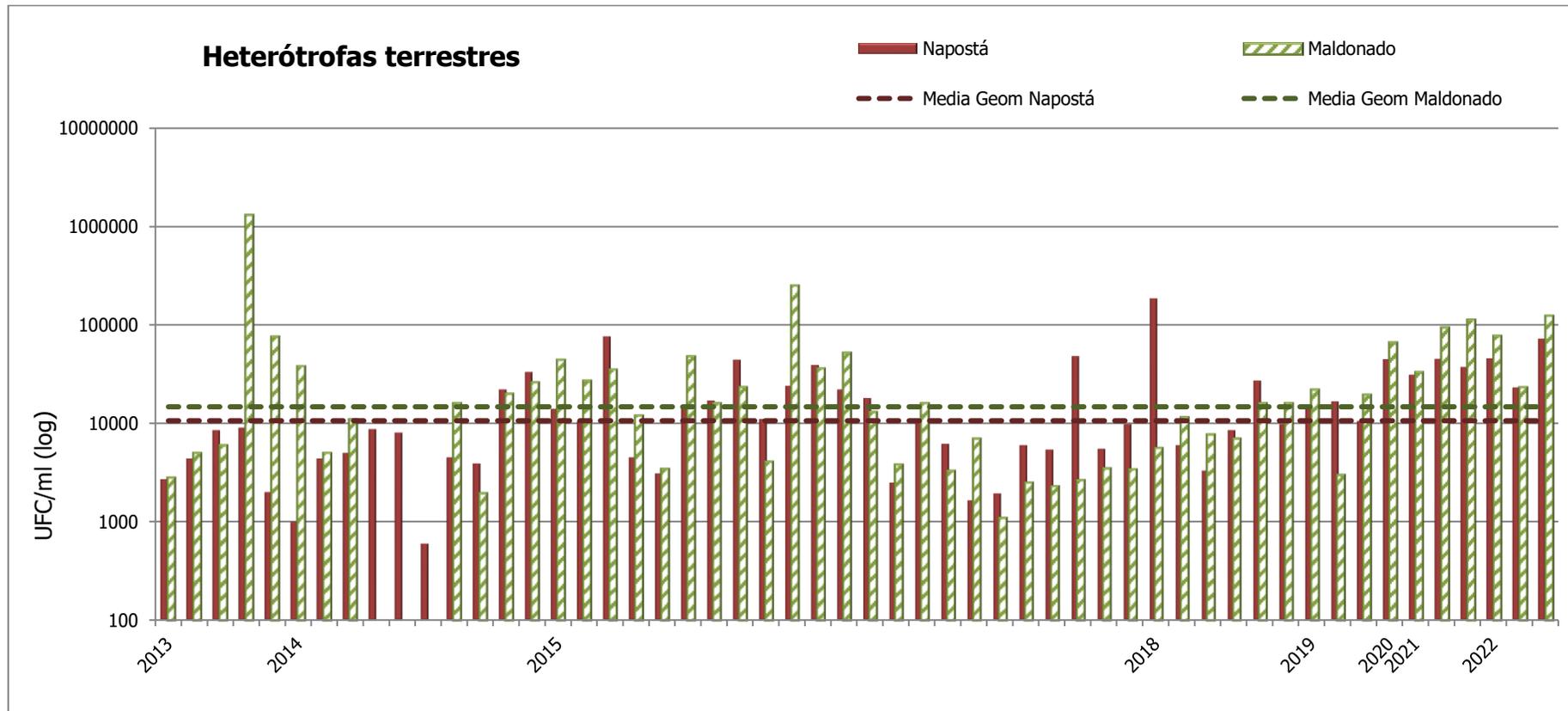
n/a: no analizado  
NE: no especificado  
LD: Límite de detección

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 (SQiRTs) 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<sup>RA</sup> CUENCA**

**Tabla 1:** Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la 3<sup>ra</sup> Cuenca, durante 2022.

3ra Cuenca	2022								Límite Res. 336/03
	22-mar	27-abr	31-may	4-jul	29-ago	29-sep	19-oct	12-dic	
<b>Fisicoquímico</b>									
pH (upH)	7,9	7,6	7,5	7,6	7,2	7,7	7,8	7,5	6,5 - 10,0
Temperatura (°C)	21,5	18,2	16,3	13	14,2	17,8	20,1	22,6	≤ 45
Conductividad (mS/cm)	1,53	1,77	2,05	2,02	2,2	1,77	1,7	1,79	NE
Turbidez (NTU)	95	108	42,9	221	140	101	40	133	NE
SS10' (ml/l)	<LD	<LD	<LD	< LD	< LD	< LD	< LD	<b>0,1</b>	ausente
SS120' (ml/l)	<LD	<LD	< LD	<b>0,2</b>	< LD	< LD	< LD	<b>4</b>	≤ 0,1
Cloro residual (mg/l)	< LD	0,14	0,08	0,2	<b>1,4</b>	0,12	0,12	0,1	≤ 0,5
DQO (mg/l)	74	52	18	114	92	20	34	50	≤ 250
DBO (mg/l)	<b>52,6</b>	4,9	6	21,9	< LD	2,1	25,2	38,9	≤ 50
N <sub>tot</sub> (mg/l)	31,5	28,5	24,2	<b>36,8</b>	24	24,8	20,4	25,2	≤ 35
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>1,6</b>	<b>3,1</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>	<b>2,2</b>	<b>3,4</b>	≤ 1,0
HTP (mg/l)	n/a	< 0,1	0,4	1,7	0,3	n/a	0,2	n/a	≤ 30
Cadmio (mg/l)	0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 0,1
Níquel (mg/l)	0,001	0,002	0,001	< 0,002	0,003	0,003	0,009	< 0,002	≤ 2,0
Zinc (mg/l)	0,014	0,007	0,011	0,027	0,017	0,017	0,013	0,044	≤ 2,0
Plomo (mg/l)	0,005	0,005	< 0,005	0,012	0,01	0,01	0,005	< 0,005	≤ 0,1
Cobre (mg/l)	< 0,001	< 0,002	< 0,002	0,008	0,004	0,004	< 0,002	0,009	≤ 1,0
Cromo (mg/l)	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 2,0
Mercurio (mg/l)	< 0,001	0,0011	0,001	0,0019	0,0006	0,0005	0,0003	< 0,0003	≤ 0,005
<b>Bacteriológico</b>									
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml)	530000	11900	19400	200	1400	4700	123600	146600	NE
Coliformes fecales (NMP/100ml)	<b>&gt; 24000</b>	220	220	< 200	< 200	380	<b>&gt; 2400</b>	<b>&gt;24000</b>	≤ 2000

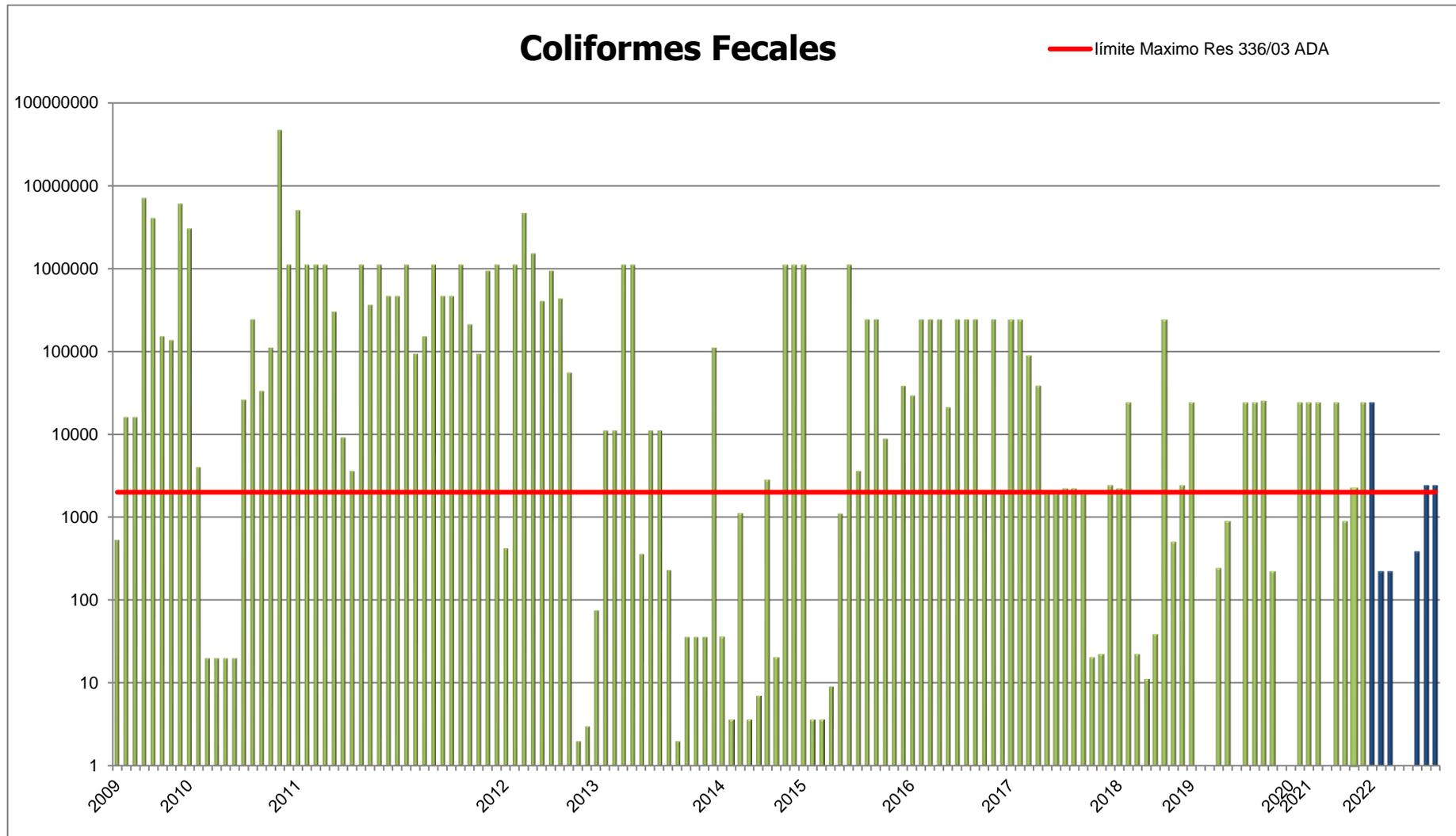
n/a: no analizado

NE: no especificado

LD: Límite de detección



**Gráfico 1:** Histórico de Coliformes fecales de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la 3<sup>ra</sup> Cuenca.



ANEXO IV: Evaluación del impacto bacteriológico de la descarga cloacal de la 3<sup>ra</sup> cuenca en la zona interna del estuario

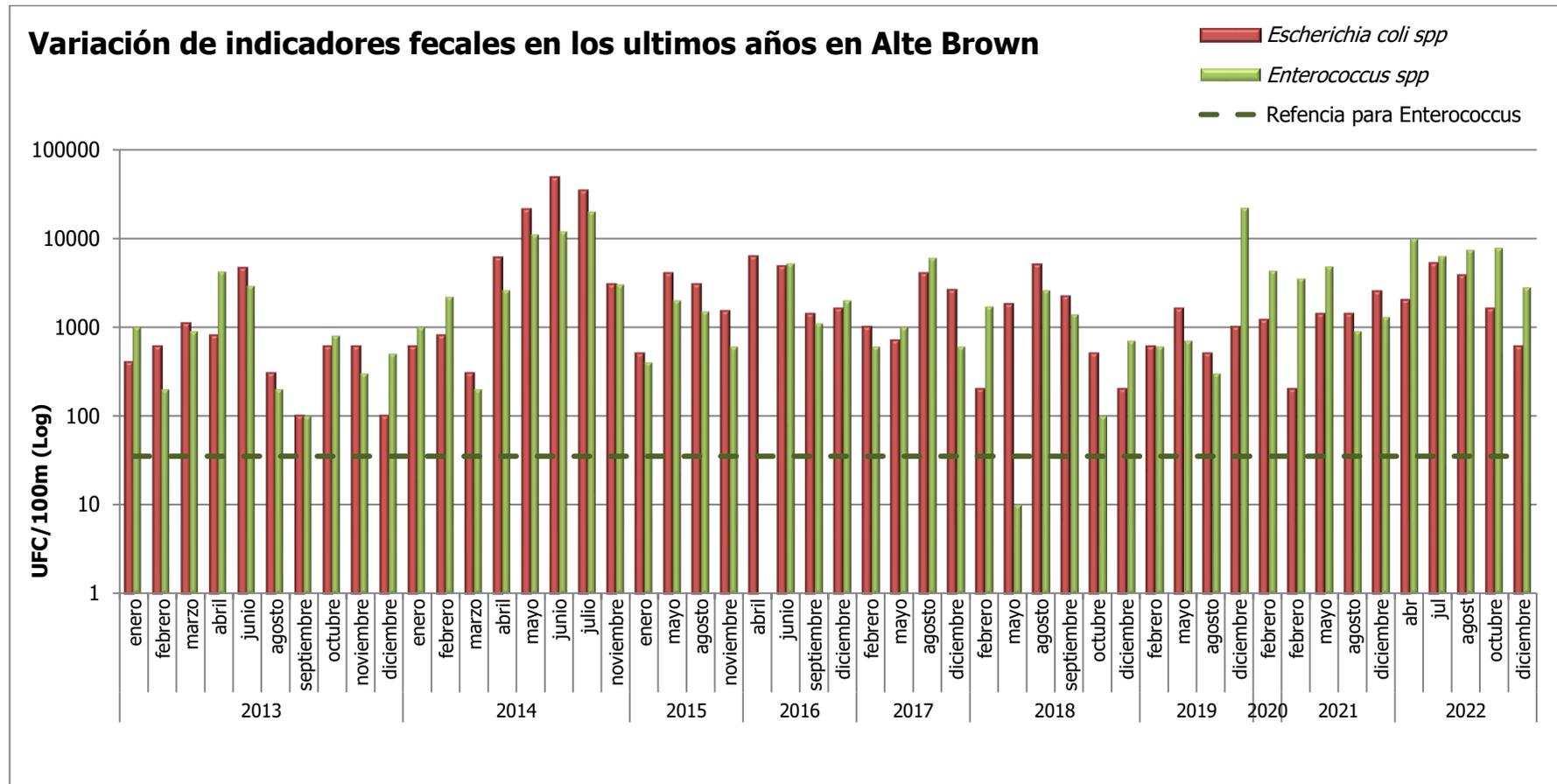
**Tabla 1:** Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la zona del ex club Almirante Brown, durante 2022.

Alte Brown	2022									
	27-abr		4-jul		29-ago		19-oct		5-dic	
Fisicoquímico	Fisicoquímico									
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	7,5	-	8,1	-	8,3	-	8,1	-	8,2	-
Temperatura (°C)	14,8	-	7,06	-	8,4	-	21,9	-	n/a	-
Conductividad (mS/cm)	53,6	-	54,3	-	55,4	-	55,5	-	63	-
Turbidez (NTU)	223	-	195	-	saturado	-	640	-	saturado	-
DQO (mg/l)	n/a	-	144	-	n/a	-	n/a	-	n/a	-
DBO (mg/l)	n/a	-	< LD	-	< LD	-	n/a	-	n/a	-
N <sub>tot</sub> (mg/l)	< LD	-	2,2	-	0,1	-	< LD	-	< LD	-
P <sub>tot</sub> (mg/l)	0,5	-	0,35	-	0,35	-	0,35	-	0,28	-
HTP	< 0,1	-	< 0,1	-	n/a	-	n/a	-	< 0,1	-
Cadmio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,260	< 0,1	0,055	< 0,1	0,09	< 0,1	0,12	< 0,1	0,39	0,133
Níquel en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	1,760	7,8	2,30	0,33	0,74	11,4	4,08	5,7	1,7	10,4
Zinc en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	5,20	35,6	5,50	4,6	3,8	49,1	19,8	29,6	7,7	83,2
Plomo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,46	10,7	0,31	0,21	0,37	3	0,92	0,8	0,36	3,8
Cobre en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	2,00	23,2	2,4	0,68	3,4	17,2	9,5	8,5	6,1	17,8
Cromo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,69	7,3	0,38	0,33	0,76	13,9	0,5	10,3	0,8	12,7
Mercurio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	<0,2	0,014	<0,2	0,012	<0,2	0,005	0,31	0,008	<0,2	0,019
	Bacteriológico									
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml o g peso seco)	2000	1020	5200	1098	3800	223	1600	30	600	309
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml o g peso seco)	<b>9800</b>	1938	<b>6300</b>	473	<b>7400</b>	130	<b>7800</b>	46	<b>2800</b>	206
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	13400	-	8400	-	13200	-	4100	-	5255	-
Heterótrofas marinas (UFC/ml)	16000	-	1100	-	30500	-	34000	-	114100	-

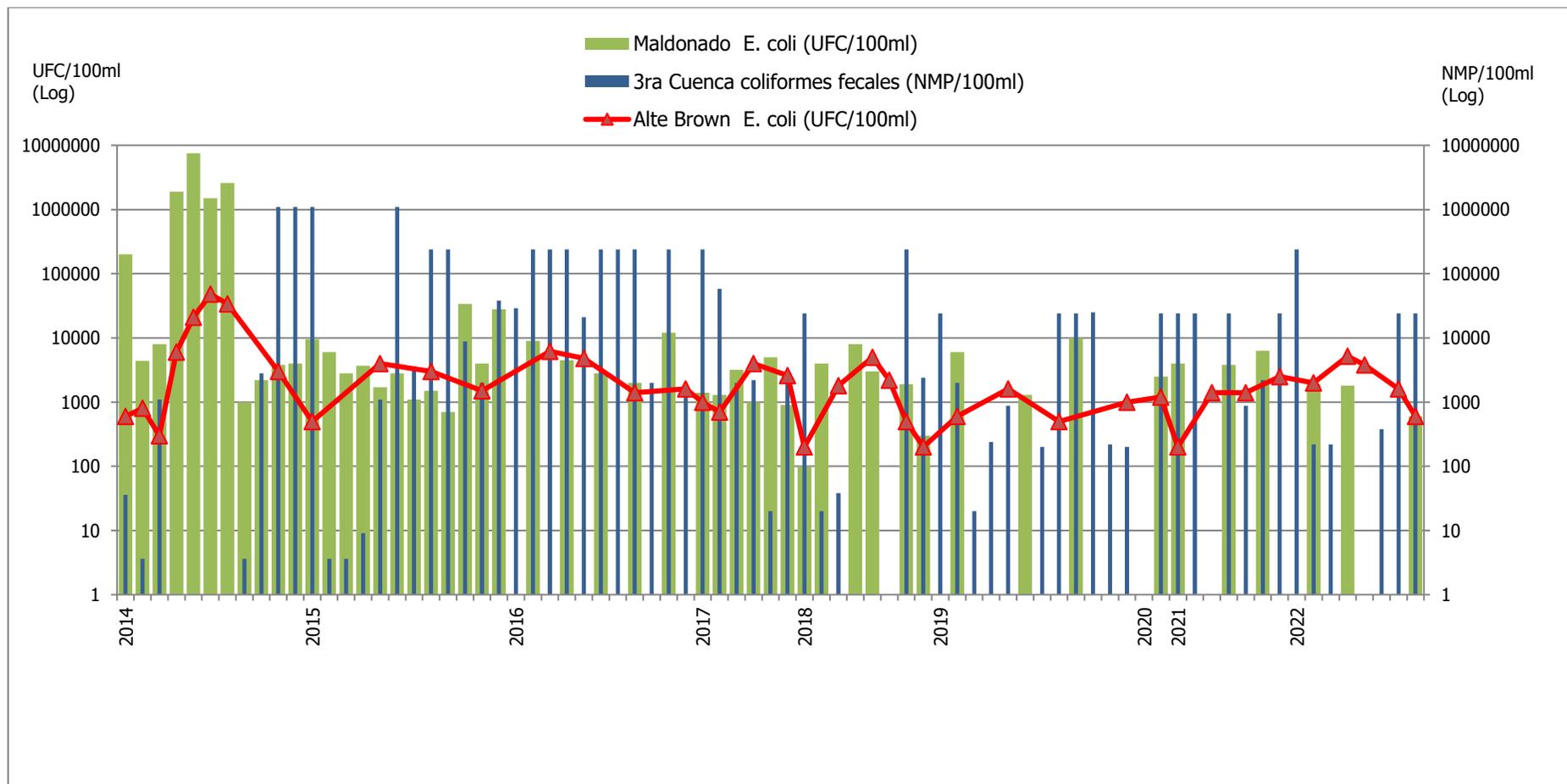
n/a: no analizado

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<sup>ra</sup> CUENCA**Tabla 1:** Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la 1<sup>ra</sup> Cuenca, durante 2022.

1ra Cuenca	2022				Límite Ley 11820
	22-mar	19-oct	16-nov	5-dic	
<b>Fisicoquímico</b>					
pH (upH)	7,9	7,9	7,6	7,7	6,5 - 10,0
Temperatura (°C)	21,7	19	21,9	22,8	≤ 45
Conductividad (mS/cm)	1,84	1,99	1,87	1,48	NE
Turbidez (NTU)	145	30	29,5	35	NE
SS10' (ml/l)	< 0,1	< LD	< LD	< LD	ausente
SS120' (ml/l)	0,1	< LD	< LD	< LD	≤ 0,1
Cloro residual (mg/l)	n/a	n/a	n/a	n/a	NE
DQO (mg/l)	214	18	18	12	≤ 250
DBO (mg/l)	<b>72,3</b>	25,7	9,8	10,4	≤ 50
N <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>36,3</b>	<b>21,6</b>	<b>12,8</b>	<b>10,7</b>	≤ 10 *
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>5,1</b>	<b>3,53</b>	<b>3,08</b>	<b>3,08</b>	≤ 1,0 *
HTP (mg/l)	n/a	< LD	n/a	< LD	≤ 30
Cadmio (mg/l)	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 0,1
Níquel (mg/l)	0,001	< 0,002	0,007	< 0,002	≤ 2,0
Zinc (mg/l)	0,007	0,018	0,011	0,025	≤ 2,0
Plomo (mg/l)	0,002	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤ 0,1
Cobre (mg/l)	< 0,001	0,004	< 0,002	0,004	≤ 1,0
Cromo (mg/l)	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 2,0
Mercurio (mg/l)	< 0,001	0,0003	< LD	< LD	≤ 0,005
<b>Bacteriológico</b>					
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml)	2200000	211600	129600	88400	NE
Coliformes fecales (NMP/100ml)	<b>&gt;24000</b>	<b>&gt; 24000</b>	<b>&gt; 24000</b>	<b>&gt; 24000</b>	≤ 5000

n/a: no analizado

\* límite para descargas a ambientes favorables a procesos de eutrofización

NE: no especificado

LD: Límite de detección