



**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 2023 a diciembre de 2023



## 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.....	33
<b>MONITOREOS DE APORTES NO INDUSTRIALES</b>	
1. Monitoreo de Arroyos.....	47
2. Monitoreo de la Descarga Cloacal 3 <sup>ra</sup> Cuenca.....	51
3. Evaluación del Impacto Bacteriológico de la Descarga Cloacal de la 3 <sup>ra</sup> Cuenca en la Zona Interna del Estuario .....	54
4. Monitoreo de la Descarga Cloacal 1 <sup>ra</sup> Cuenca.....	60
<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.

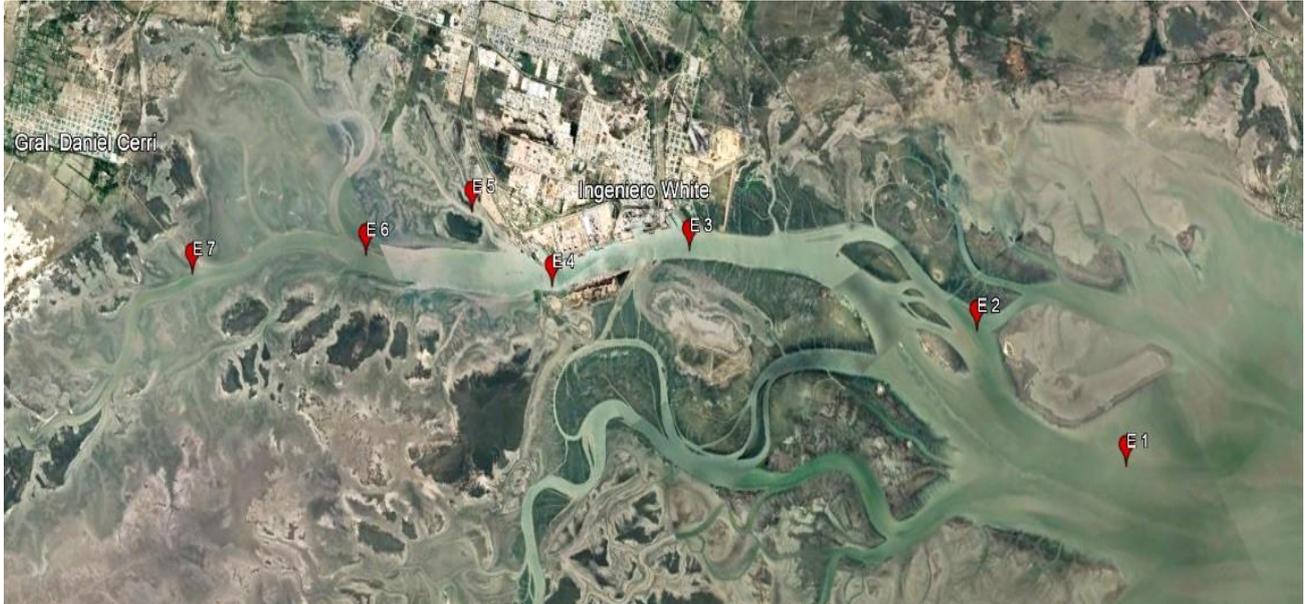
**Laboratorio de Química Analítica Ambiental, Departamento de Química-UNS:** para la determinación de nutrientes inorgánicos disueltos (nitrato, nitrito, amonio, fosfato y silicatos) en agua de mar.

**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, conductividad 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. 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.

### C. 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.

## **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 son acordes a las estaciones del año (otoño y primavera). Las temperaturas oscilaron entre los 13,9 y 15,8°C y la variación se corresponde con la mayor o menor influencia continental en cada punto de muestreo.

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 2023, se observa en el gráfico1 del ANEXO I- Monitoreo del Estuario página 65.

#### **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 del estuario. Las mediciones del 2023 variaron entre 8,0 y 8,2 upH, 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 para cada punto de muestreo y al promedio histórico del estuario de 8,2 upH. El análisis de los valores de pH registrados desde 1999<sup>1</sup> hasta el 2023, se observa en el gráfico 2 del ANEXO I- Monitoreo del Estuario página 66. 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. Los valores registrados oscilaron entre 20 a 201 NTU, siendo el promedio histórico de 85,7 NTU.

---

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

En el primer muestreo, los valores fueron más homogéneos y bajos que en el segundo presentando mediciones mayores y variables. 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.

Los valores del 2023 se encuentran dentro de los registros históricos reportados para este ambiente.

### **Conductividad**

La conductividad medida se encontró dentro de los valores históricos para este ambiente mostrando una distribución homogénea a lo largo de las estaciones de muestreo. Los valores registrados oscilaron entre 59 a 63,7 mS/cm.

### **Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto solo se midió en la primera campaña cuyos valores se mostraron relativamente estables a lo largo de los puntos evaluados. Los valores registrados oscilaron entre 6,4 a 9,2 mg/L, dentro de un rango característico del estuario.

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 2023 son similares a los históricamente reportados para este ambiente, y ninguno estuvo por debajo de niveles 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. Además, se cuantificó clorofila-a y feopigmentos y se calcularon los Índices de Actividad Biológica (BIX) y de Humificación (HIX).

Las muestras fueron tomadas en botellas de vidrio color caramelo 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 a oscuras. 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 0,7µm de tamaño de poro, previamente combustionados (450°C–4h) y preservadas a -20°C, excepto la alícuota destinada a la cuantificación de silicatos que fue mantenida a 4°C.

Se realizaron 2 campañas, la primera el 19 de mayo y la segunda el 17 de octubre de 2023. 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%.

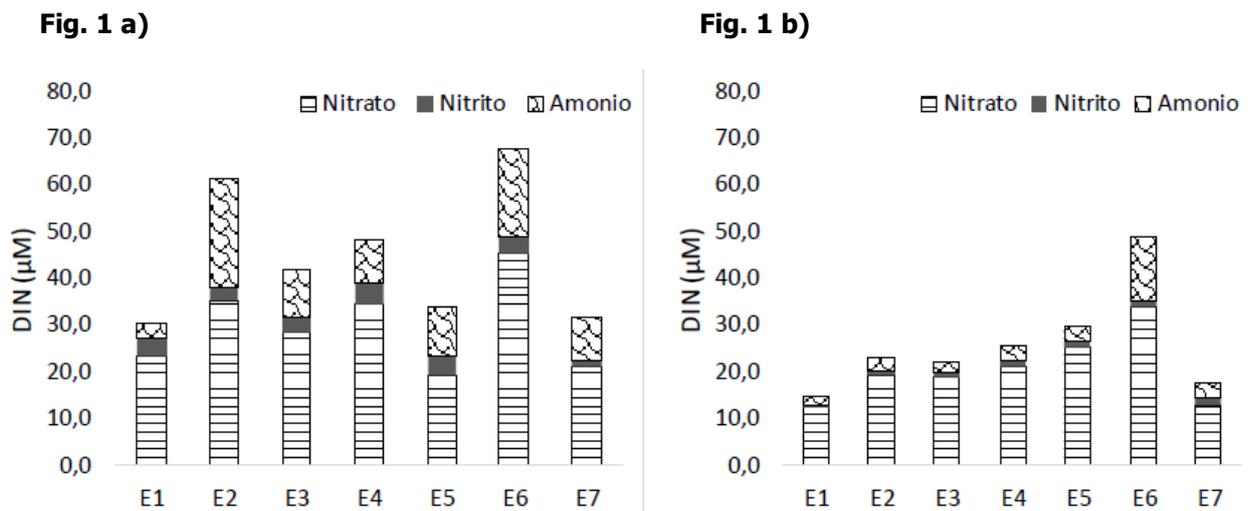
Tabla 1a) concentración promedio (n=3) obtenidas para el muestreo de mayo de 2023

mayo-2023					
Estación de Monitoreo	Nitrato (µM)	Nitrito (µM)	Amonio (µM)	Fosfato (µM)	Silicatos (µM)
E1	23,50	3,45	3,20	3,50	44,20
E2	35,50	2,34	23,50	2,30	55,40
E3	28,30	3,30	10,20	2,50	35,60
E4	34,50	4,30	9,30	4,40	31,30
E5	19,20	4,40	10,10	2,98	33,30
E6	45,30	3,60	18,70	5,50	58,60
E7	21,20	1,50	8,80	3,50	35,00

Tabla 1b) concentración promedio (n=3) obtenidas para el muestreo de octubre de 2023

oct-2023					
Estación de Monitoreo	Nitrato (µM)	Nitrito (µM)	Amonio (µM)	Fosfato (µM)	Silicatos (µM)
E1	12,30	0,43	2,07	4,31	20,42
E2	19,20	1,21	2,64	5,18	145,16
E3	18,60	1,29	1,97	4,99	27,12
E4	21,11	1,44	3,31	5,97	31,14
E5	25,43	1,33	2,99	5,97	28,16
E6	33,80	1,49	13,75	5,89	49,35
E7	12,70	1,55	3,04	6,61	30,82

Los menores valores de los nutrientes de nitrógeno, como la suma de las especies (DIN) se observan en E1 y E7 mientras que los valores más elevados se presentan en E6 para ambas fechas de muestreo como se observa en la Fig. 1. La especie que predomina es en nitrato, principalmente en octubre con más del 70%. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos en el año 2022 para las mismas estaciones del año.

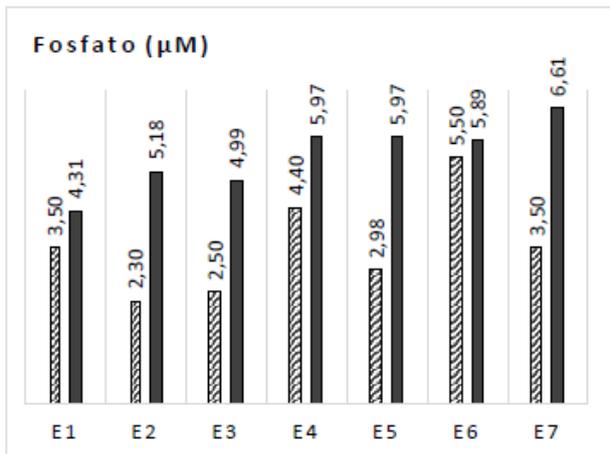


**Fig. 1:** concentración de nitrato, nitrito y amonio obtenidas para los 7 sitios de muestreo en a) mayo y b) octubre. El valor de las barras apiladas representa el Nitrógeno Inorgánico Disuelto (DIN por sus siglas en inglés: dissolved inorganic nitrogen) que es la sumatoria de la concentración de las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

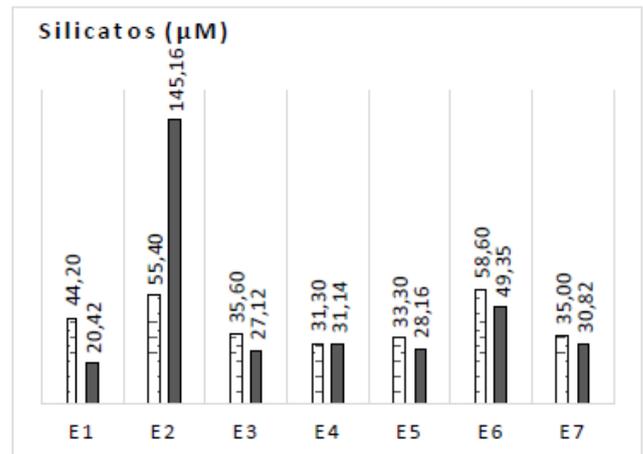
La concentración de fosfato es superior en octubre en todos los sitios, excepto en E6 que presenta una concentración similar (Fig. 2a).

Por su parte la concentración de silicatos disueltos presenta valores intermedios, si se considera el rango de concentraciones histórico. 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. La mayor concentración se presentó en octubre en E2, próximo a la desembocadura del arroyo Napostá y de la descarga de la planta de tratamiento de líquidos cloacales 1ª Cuenca (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 mayo y octubre de 2023 expresados en µM. El valor de las barras indica el desvío estándar de las réplicas.

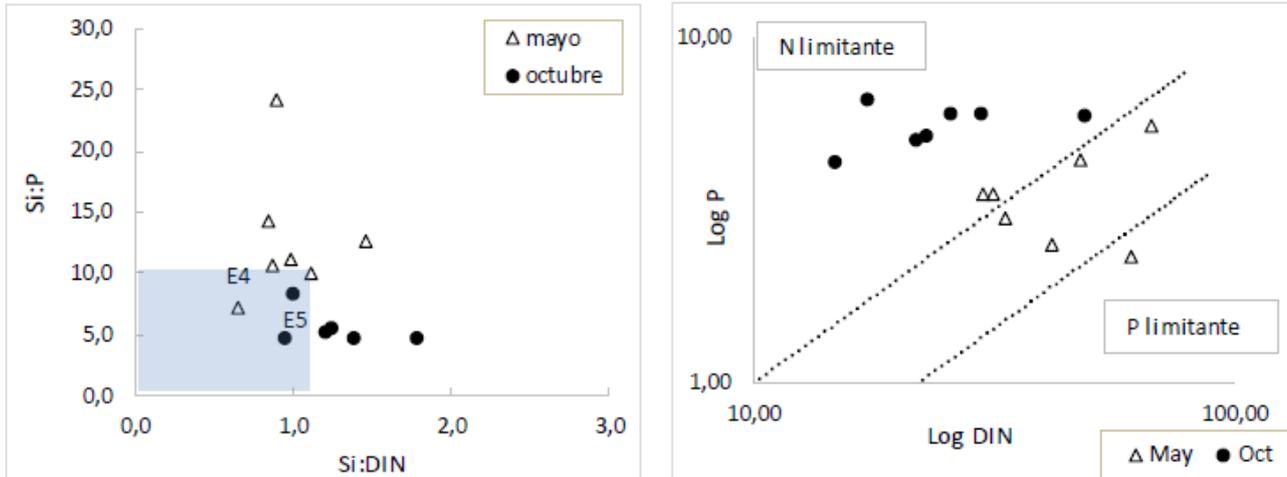
En el ambiente acuático, el fósforo disuelto ( $PO_4^{3-}$ ) es consumido durante el crecimiento del fitoplancton y luego es regenerado durante la descomposición de la materia orgánica. La relación entre la disponibilidad de  $PO_4^{3-}$  y de las especies de nitrógeno (DIN) es evaluada habitualmente 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 la mayoría las muestras presentan valores de Si:P >10 y Si:DIN >1 (Fig. 3a) aunque las concentraciones sean relativamente menores a las frecuentemente encontradas.

Por otra parte, una potencial limitación por N se considera si DIN:P <10 y Si:DIN >1, mientras que en caso que Si:P >20 y DIN:P >22 se asume una potencial limitación por P. Puede observarse que en mayo no hay limitación de nutrientes, excepto en E2 que tiene una concentración de N elevada respecto de P, mientras que en octubre la relación de concentraciones sugiere que el nitrógeno es limitante para todos los sitios (Fig. 3b).

**Fig. 3 a) Si:DIN vs Si:P**

**Fig.3 b) Log DIN vs Log P**



**Fig. 3:** Relación de nutrientes indicativa de limitación del crecimiento del fitoplancton a) La zona coloreada es la región de concentraciones de limitación de silicatos. b) relación sin limitación de N:P entre líneas.

El muestreo de mayo 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 estuario de Bahía Blanca (Tabla A del ANEXO I- Monitoreo del Estuario página 67) en períodos anteriores.

## Pigmentos

Por otro lado, también se midieron pigmentos y se calcularon índices. Se tomó una alícuota del filtrado de las muestras de nutrientes que se destinó a obtener los índices BIX y HIX a partir de los espectros de emisión de fluorescencia y el material retenido en el filtro se empleó para cuantificar los pigmentos fotosintéticos previa extracción con acetona (90%).

La concentración de clorofila-*a* es indicadora de producción primaria y puede emplearse para clasificar el estado trófico de un ambiente, mientras que los productos de degradación se relacionan con la actividad secundaria o senescencia de fitoplancton. La materia orgánica disuelta es sustrato para bacterias y los índices obtenidos a partir del procesamiento del material orgánico disuelto son empleados como indicadores de la actividad microbiana y el grado de maduración de la materia orgánica disuelta. En la Tabla 2 se observan los resultados para las dos fechas de muestreo.

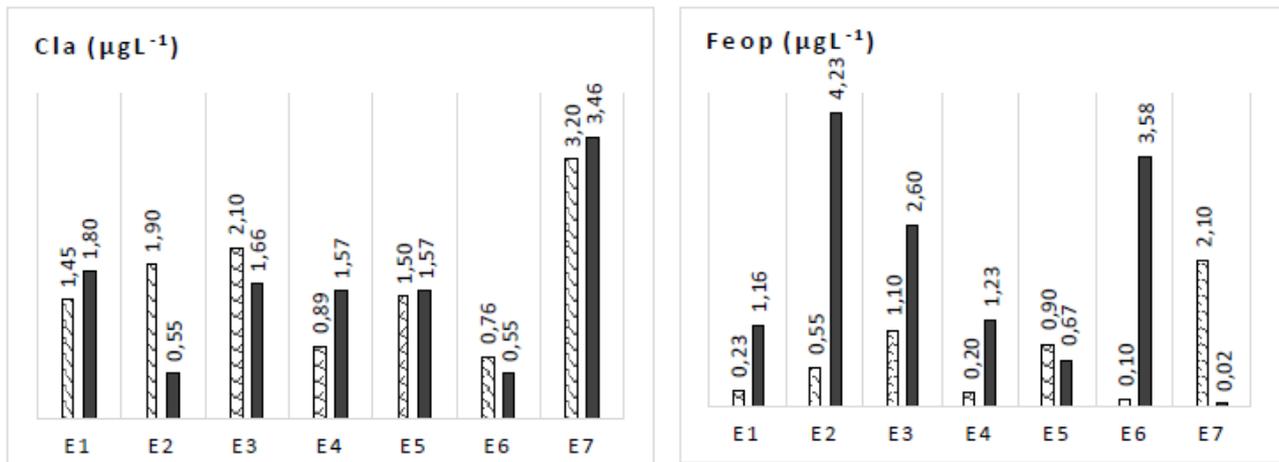
Tabla 2a) concentración promedio (n=3) de pigmentos y valores de los Índices obtenidos para el muestreo de mayo de 2023

Mayo 2023				
Estación de Monitoreo	Clorofila- <i>a</i> (µgL <sup>-1</sup> )	Feopigmentos (µgL <sup>-1</sup> )	Índice de Actividad Biológica	Índice de Humificación
E1	1,45	0,23	1,2	0,55
E2	1,90	0,55	3,4	0,95
E3	2,10	1,10	1,2	0,86
E4	0,89	0,20	0,9	0,95
E5	1,50	0,90	0,7	0,60
E6	0,76	0,10	2,8	0,98
E7	3,20	2,10	1,2	0,80

Tabla 1b) concentración promedio (n=3) de pigmentos y valores de los Índices obtenidos para el muestreo de octubre de 2023

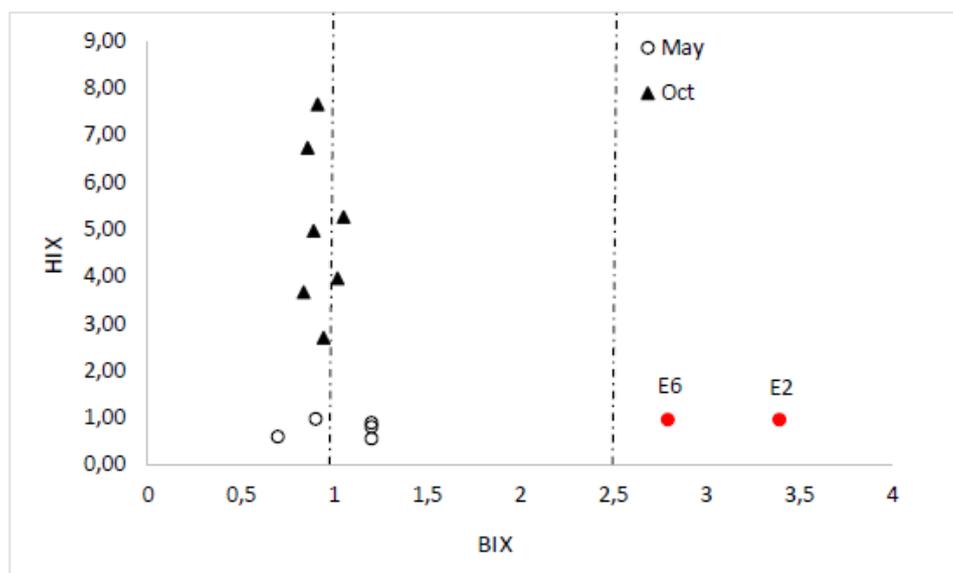
octubre 2023				
Estación de Monitoreo	Clorofila- <i>a</i> (µgL <sup>-1</sup> )	Feopigmentos (µgL <sup>-1</sup> )	Índice de Actividad Biológica	Índice de Humificación
E1	1,80	1,16	0,84	3,64
E2	0,55	4,23	0,91	7,66
E3	1,66	2,60	0,89	4,94
E4	1,57	1,23	1,02	3,94
E5	1,57	0,67	1,05	5,23
E6	0,55	3,58	0,86	6,74
E7	3,46	0,02	0,94	2,68

La concentración de clorofila-*a* representa la actividad de los organismos fotosintéticos. En este periodo se observan concentraciones que clasificarían al ambiente como intermedio entre meso y eutrófico. Los valores de clorofila-*a* mayores en E7 han sido anteriormente observadas y se puede considerar que es característica de este sitio que es el más interno del estuario de Bahía Blanca y ha sido identificado como el más productivo (Fig. 4).



**Fig. 4:** concentración de Clorofila-*a* (Cla-*a*) y Feopigmentos (Feop.) en los 7 sitios de muestreo en mayo (barras con trama) y octubre (barras llenas) expresados en µg/L-1.

Se incorporan en este informe el índice biológico (BIX) como un indicador de la actividad microbiana siendo los valores próximos a 1 considerados elevados, representativos de ambientes de alta actividad microbiana. En este periodo se destacan los valores mayores a 2,5 en los sitios E2 y E6 para el muestreo de mayo, que se corresponden con ingresos de aguas residuales con elevada carga orgánica y bacteriológica observado a continuación en la Fig.5:



**Fig. 5:** Índices de actividad biológica (BIX) y de humificación (HIX) de todos los sitios. Los círculos rojos corresponden a los valores extremos obtenidos en mayo para los sitios E6 y E2.

Por su parte, se espera que el índice de humificación (HIX) tome valores elevados (>16) en aguas continentales con materia orgánica fuertemente humificada y bajos (<2) en ambientes con predominio de actividad bacteriana autóctona. En este informe, como se visualiza en la anterior

figura, se obtuvieron valores de HIX medios (entre 2 y 10) en octubre, a bajos (<2) en mayo, característicos de estuarios eutróficos y con escaso ingreso de agua continental.

Los índices obtenidos e incorporados en este informe permiten observar a priori los ingresos de aguas residuales y aguas continentales monitoreando la actividad microbiana.

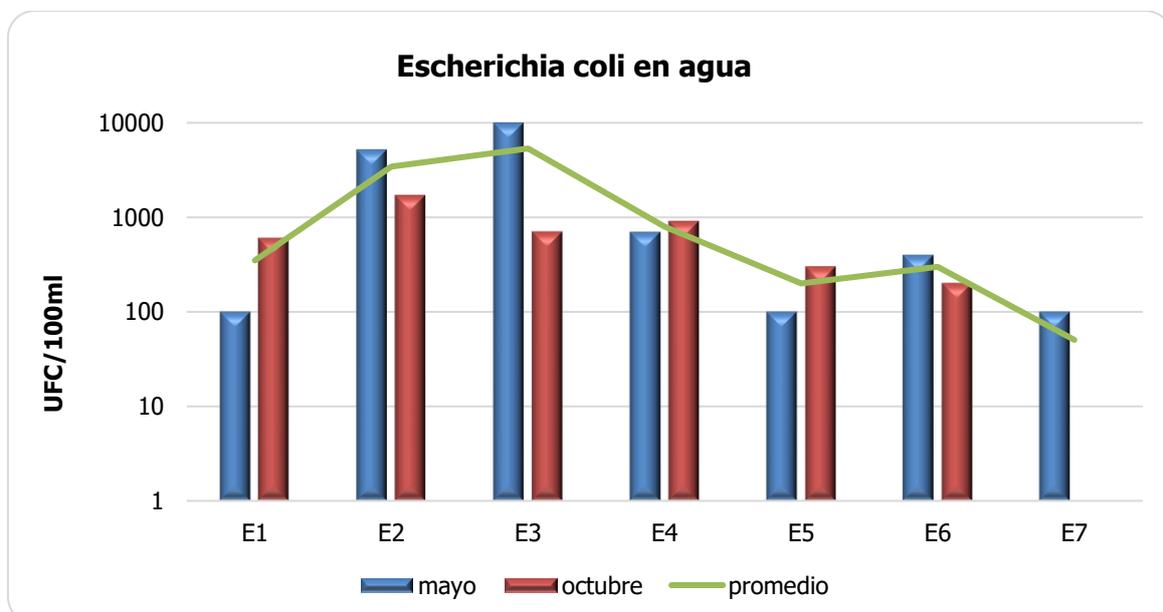
## B. Microbiología

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

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

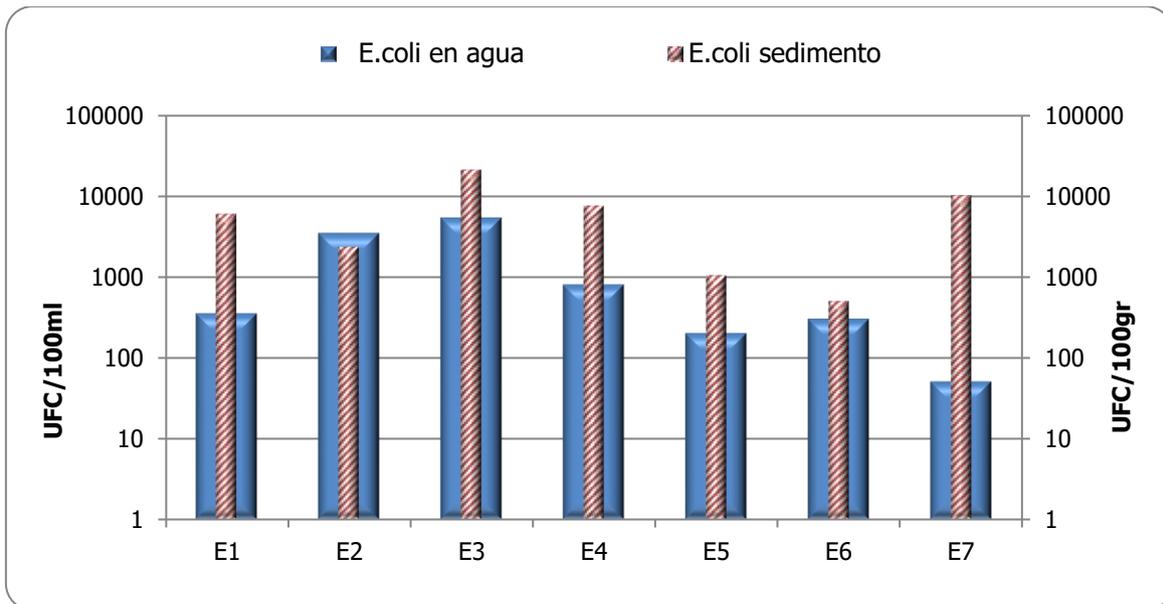
Una de las principales causas de pérdida de calidad ambiental de los sistemas acuáticos naturales es por el vertido de aguas residuales domésticas y urbanas. La gestión correcta de éste minimiza el impacto de los mismos en el cuerpo receptor.

El estudio de indicadores bacterianos fecales sirve para evaluar la calidad del agua. A continuación, se grafica los recuentos de *Escherichia coli* en agua en ambos muestreos.



Recuentos de *E.coli* en aguas del estuario de Bahía Blanca, representados en unidades formadoras de colonia (UFC) por 100ml en escala logarítmica.

En la campaña de mayo la muestra correspondiente a la estación E3, se tomó en el acceso interno a "Puerto Piojos", alejada del punto usual sobre el canal principal. Esta zona evidencia más carga bacteriana que el punto de muestreo histórico. Si obviamos esta muestra de nuestro análisis, nos encontramos con la misma situación de años anteriores en la estación de muestreo E2, aledaña al vuelco de la cloaca de la planta de tratamiento de líquidos cloacales para la 1<sup>ra</sup> Cuenca, que presentó los mayores recuentos de *E. coli* en agua, en ambos muestreos



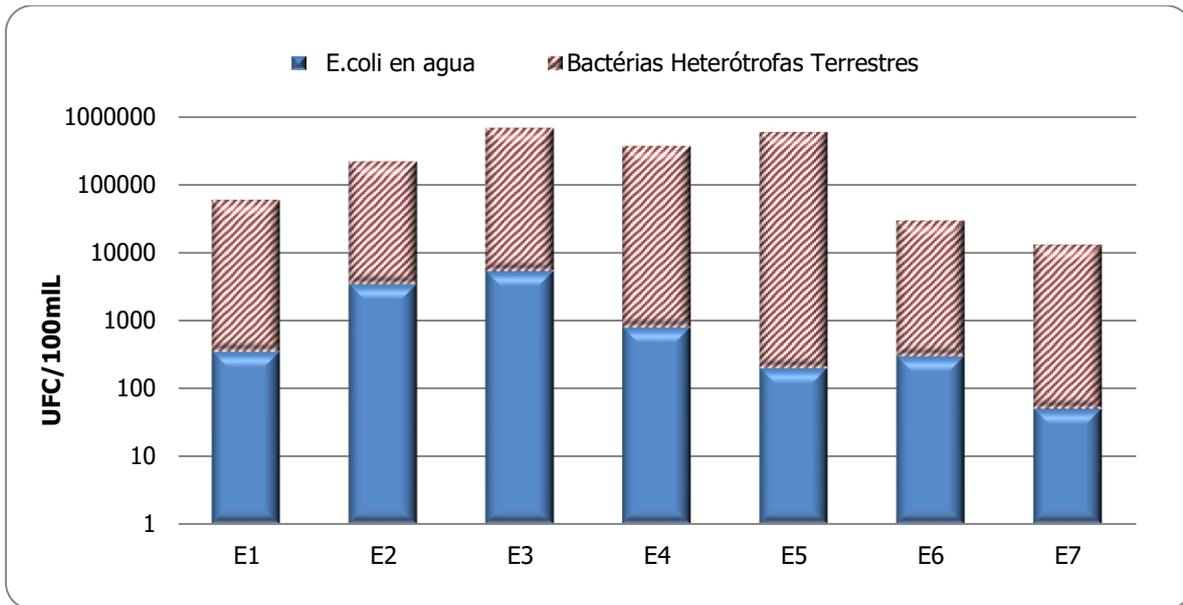
Comparación de los promedios anuales de los recuentos de *E. coli* en aguas y sedimento de las estaciones de muestreo. Los recuentos (UFC) en escala logarítmica se presentan en sedimentos por 100 g de sedimento seco y en agua por 100ml.

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 utilizan el carbono como fuente de energía, cumpliendo un rol importante dentro de los procesos de reciclaje y transferencia de nutrientes. Son indicadoras de la calidad del ambiente porque su abundancia en ecosistemas estuarinos se relaciona con su actividad degradativa sobre la materia orgánica ya que responden rápidamente a la concentración de esta en el ambiente, aumentando o disminuyendo su número.

En el próximo gráfico vemos que las bacterias heterótrofas terrestres (BHT) se distribuyen muy homogéneamente en el estuario y *E. coli* es solo una fracción de la población de bacterias heterótrofas.

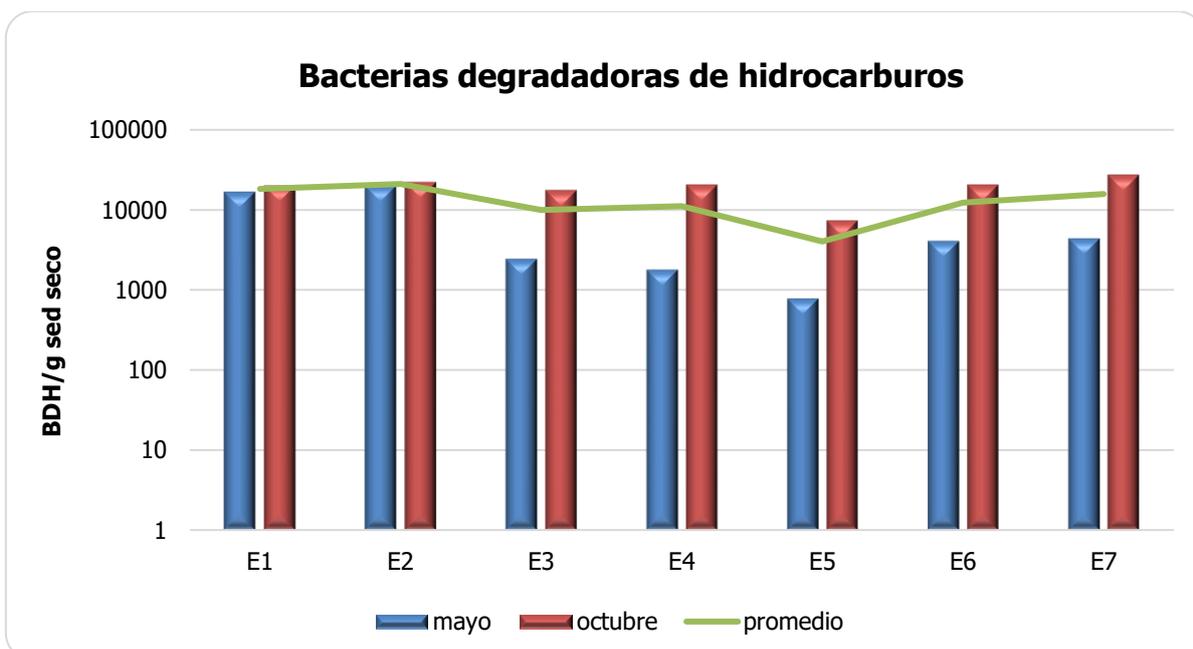


Distribución espacial de las poblaciones de bacterias heterótrofas terrestres y *E. coli* en agua. Valores promedios anuales de UFC para cada estación de muestreo en escala logarítmica.

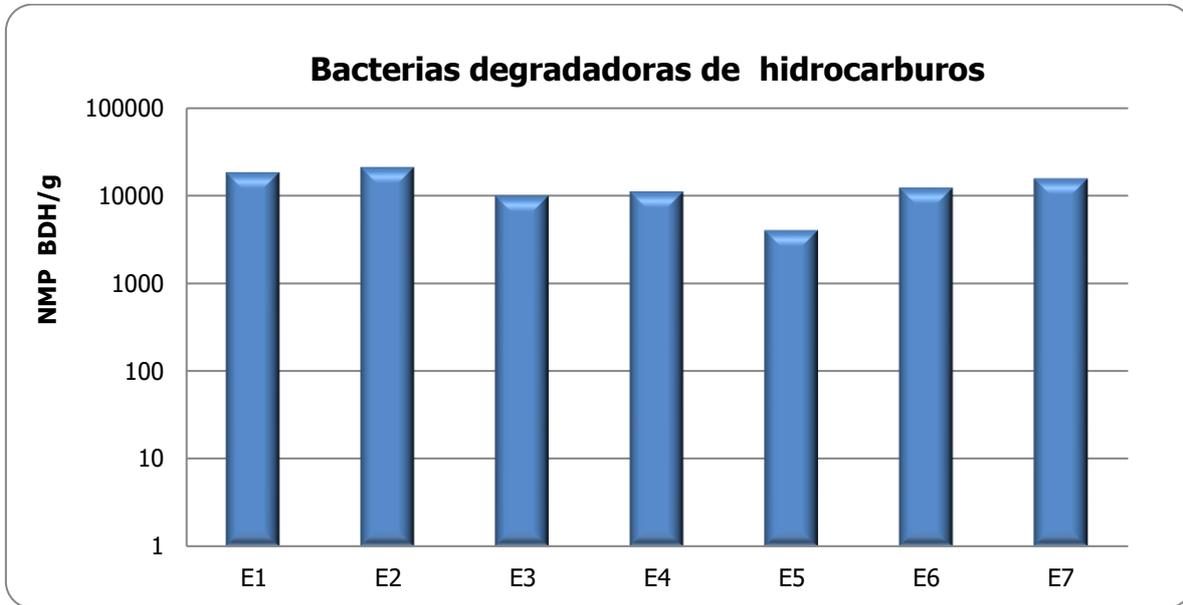
La diferencia entre ambos recuentos han de ser un aporte puntual probablemente continental de bacterias heterótrofas terrestres y dada las condiciones del ambiente proliferan.

### Determinación de bacterias degradadoras de hidrocarburos en sedimentos

Todas las muestras del año 2023, presentaron importantes recuentos de bacterias degradadoras de hidrocarburos, como puede observarse en el siguiente gráfico:



Se observa un incremento significativo en la mayoría de las estaciones en las muestras de octubre con respecto a mayo.



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 promedios son superiores a los últimos años. Particularmente en E1 y E2 los valores aumentaron y se mantienen los valores altos en las estaciones más internas, 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 aportes crónicos que se acumulan en el sedimento del sector muestreado.

## C. 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>2</sup>:

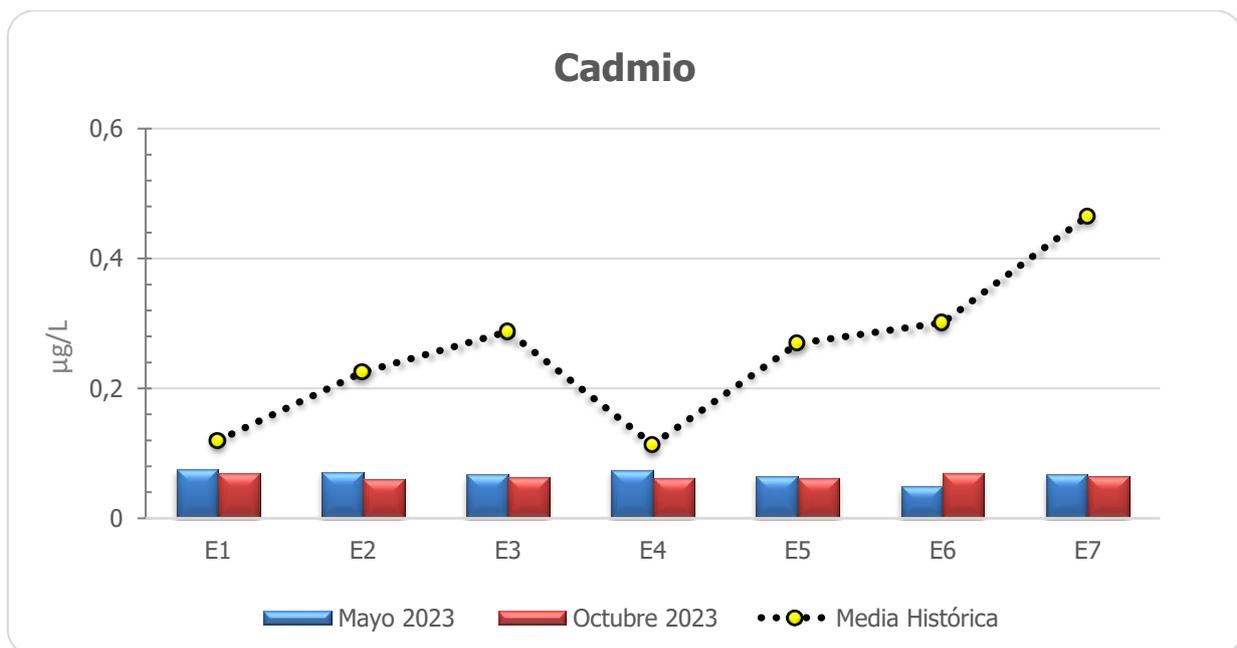
- **CMC** o criterio de exposición aguda: hace referencia a la concentración máxima de un metal para exposición de los organismos durante cortos periodos de tiempo.
- **CCC** o criterio de exposición crónica: hace referencia a la concentración promedio de un metal para la exposición de los organismos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

En la Tabla B, del ANEXO I – Estuario de Bahía Blanca (página 67) se detallan los valores guías de la EPA<sup>3</sup>.

### Cadmio

En ambas campañas las concentraciones de cadmio resultaron mayores al límite de detección, pero muy bajos, los valores oscilaron entre 0,05 y 0,075 µg/L.

Los valores fueron todos menores al 2022 y muy homogéneos entre estaciones y a lo largo de los muestreos.



Se puede observar que la curva promedio histórica para la concentración de este metal disuelto en agua, oscila entre 0,11 y 0,47 µg/L. Todas las detecciones resultaron menores a estas.

<sup>2</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>.

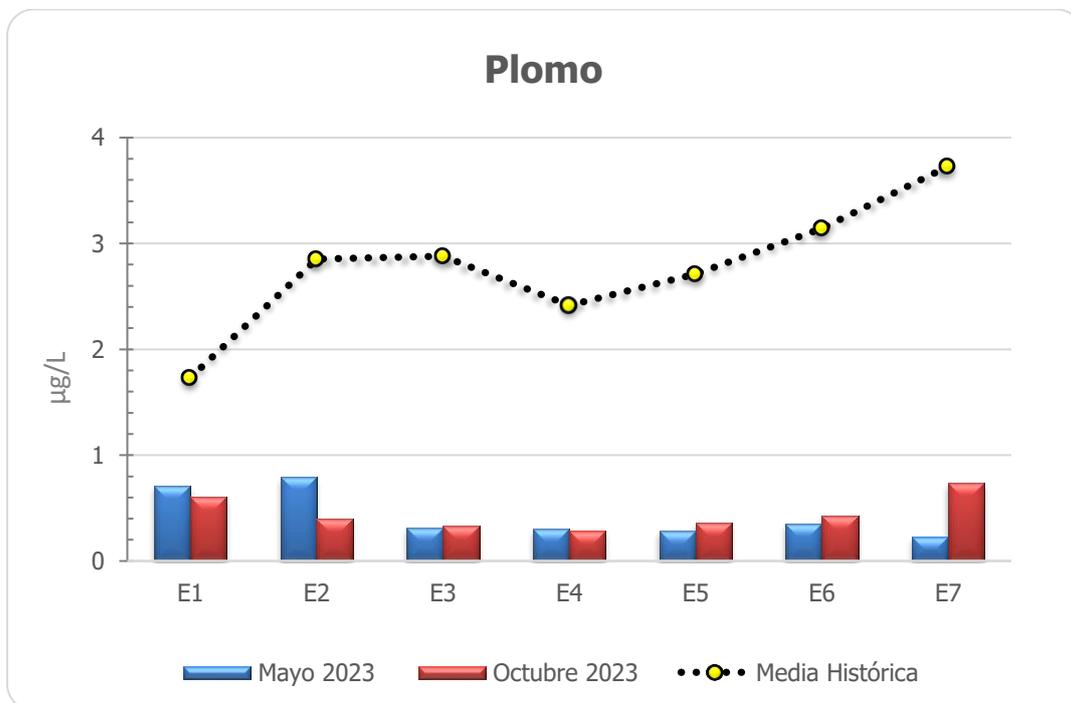
<sup>3</sup>U.S.EPA National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

Ninguno de los valores de cadmio, superaron los niveles guía de referencia de la EPA, para la exposición aguda (CMC= 40 µg/L) ni crónica (CCC= 8,8 µg/L).

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 0,28 µg/l, con un máximo de 6,77 µg/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 0,23 y 0,79 µg/L fueron homogéneos, todos por debajo de la curva media histórica.



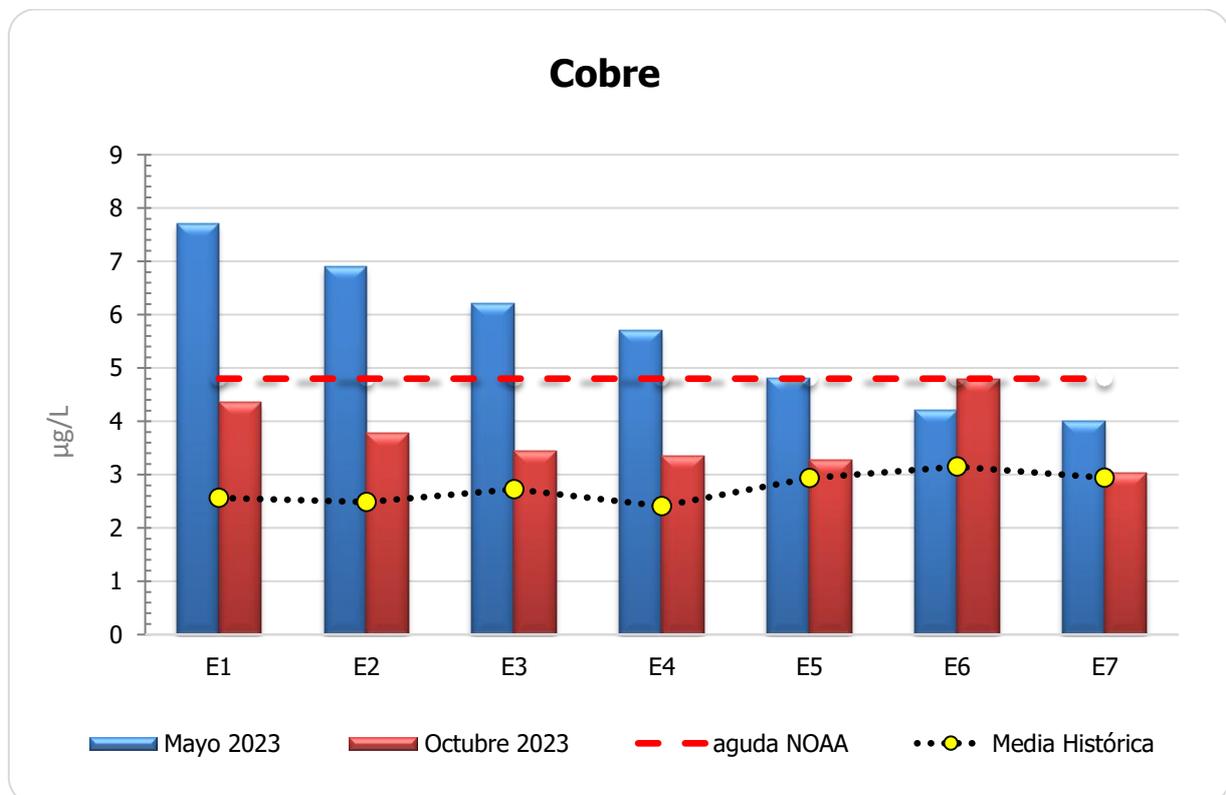
Se sigue observando que la curva punteada del promedio histórico para la concentración de este metal disuelto en agua, tiene una pendiente positiva desde afuera hacia adentro del estuario y oscila entre 1,73 en E1 y 3,73 µg/L en E7.

En ninguna oportunidad los valores superaron los niveles guía de referencia de la EPA, el más exigente es para exposición crónica CCC=8,1 µg/L; ni el valor límite de 10 µg/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 2,83 µg/l, con un máximo de 54,06 µg/l registrado en el año 2018 en la E6.

## Cobre

Se detectaron concentraciones de cobre en agua en todas las campañas del 2023. Los valores registrados variaron entre 3,02 y 7,7  $\mu\text{g/L}$ . Las muestras de la campaña de mayo de los puntos más externos fueron los más elevados. Siendo la concentración, en estas muestras, superiores al nivel guía de referencia de la EPA más exigente que es el de exposición aguda (CCA=4,8  $\mu\text{g/L}$ ). Mientras que, todas las muestras de mayo y las de E1 y E6 de octubre, sobrepasaron 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:

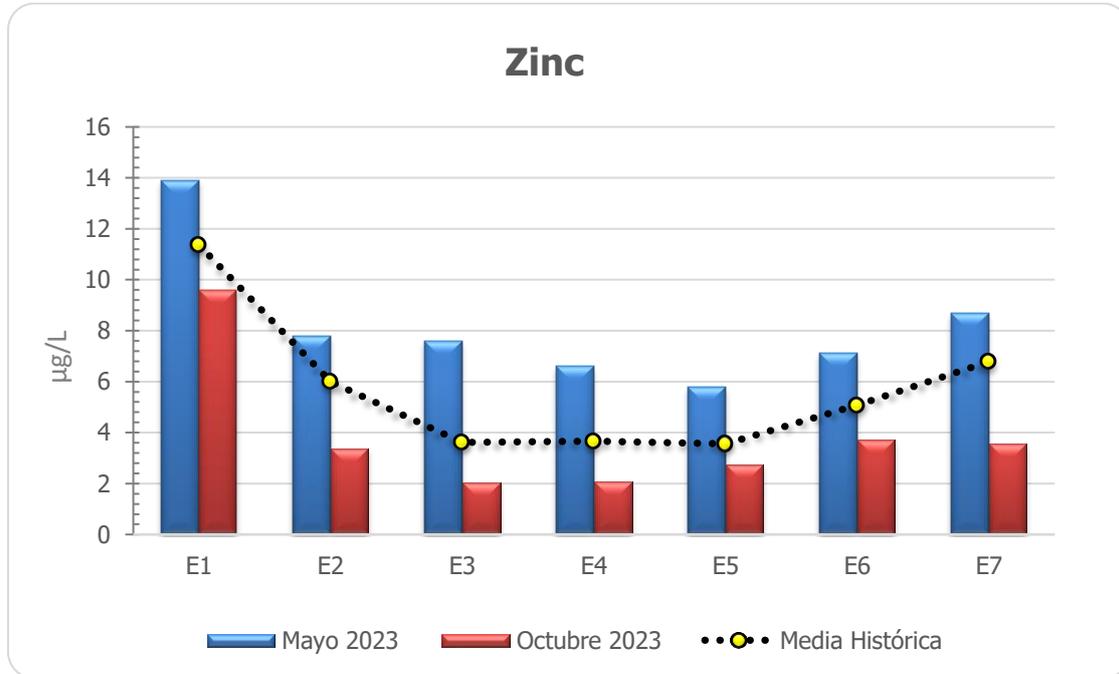


Como se viene informando, se observa que en los últimos años hay una tendencia a la aparición más frecuente de valores elevados. En toda el área de estudio, el valor medio histórico determinado con registros (dejando fuera del mismo los 5 atípicos) desde el año 2002 es de 2,63  $\mu\text{g/L}$ .

## Zinc

Los valores registrados durante este año variaron entre 2,1 y 13,9  $\mu\text{g/L}$ .

Como se observa en el siguiente gráfico, los valores analizados en el primer muestreo del 2023 resultaron superiores a la segunda campaña y con valores por encima de los medios históricos registrados para este ambiente. Mientras que en el muestro de octubre las concentraciones son menores a los promedios históricos.



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 2023 varían y se distribuyen entre los sitios de muestreo de modo similar al año pasado, pero con valores inferiores.

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.

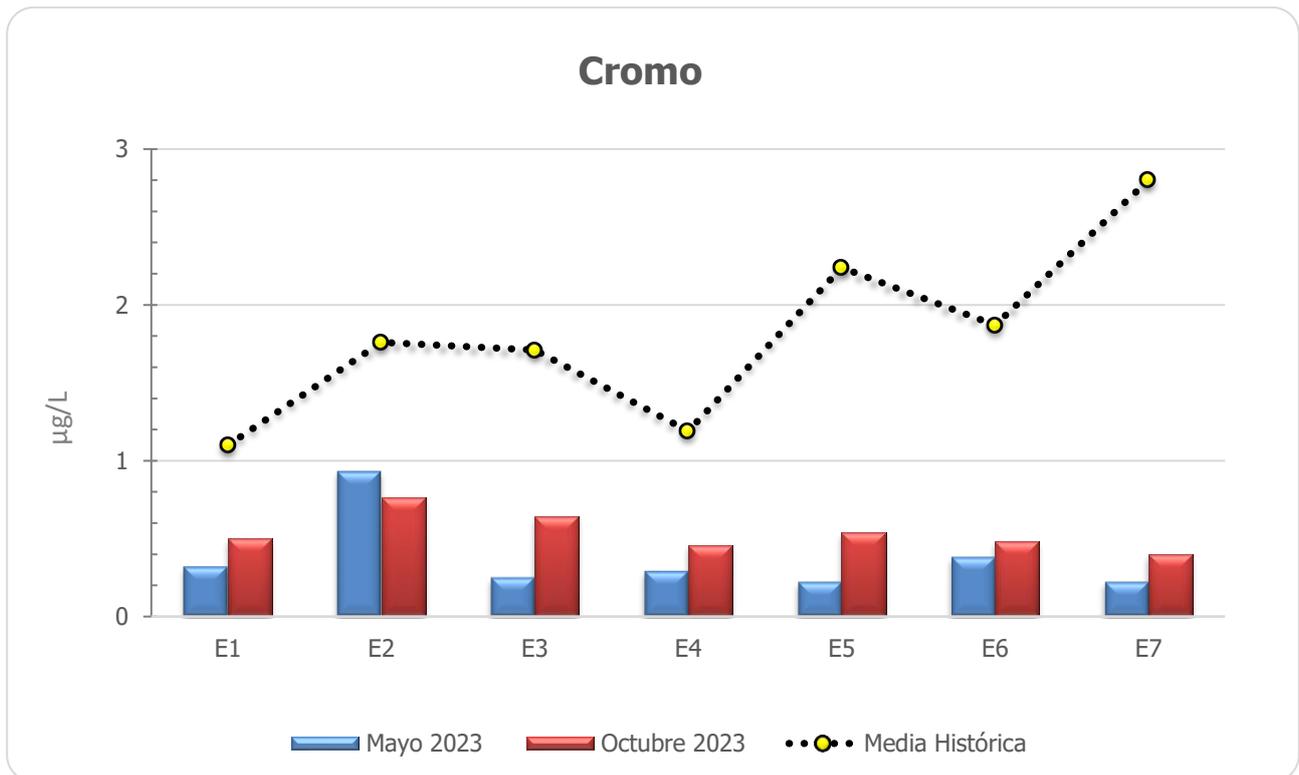
En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de  $5,7 \mu\text{g/L}$ .

## Cromo

Se detectó cromo disuelto en el agua en ambas campañas en concentraciones bajas. Los valores para el período estudiado variaron entre  $0,22$  y  $0,93 \mu\text{g/L}$ , todos estuvieron por debajo de los registros medios históricos. Las dos campañas presentaron una tendencia homogénea, aunque las

muestras de mayo presentaron los menores valores, a excepción de E2 donde fue mayor y fue la estación con las mayores concentraciones.

La distribución de las concentraciones a lo largo de las estaciones de muestreo se grafica a continuación:



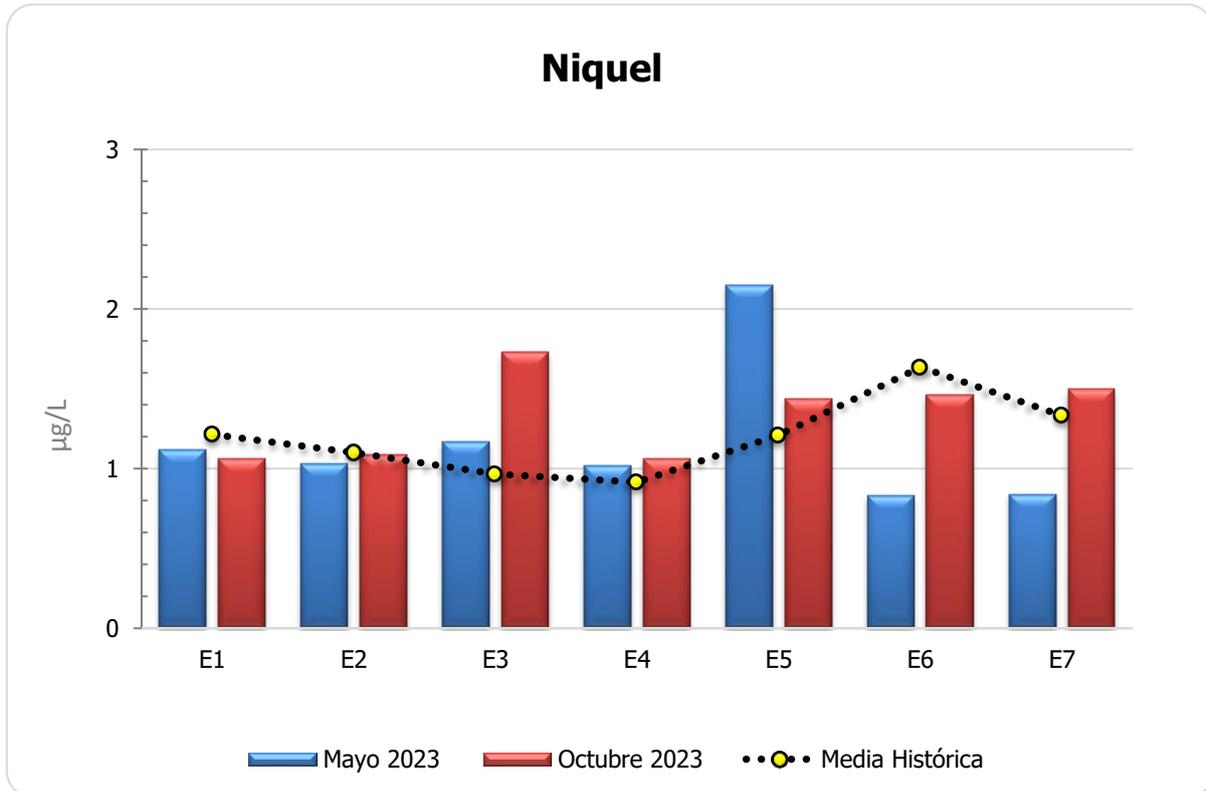
No está establecido un valor guía de referencia de la EPA para cromo total disuelto. El valor máximo que la EPA-Federal Register-1980 considera para el Cr (VI) es de 18 µg/L y es en la cual se basa el Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley 24.051, pero no es exactamente lo medido en este estudio.

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 históricos máximos se encuentran en las estaciones más internas del estuario, tendencia que no se viene presentando en las muestras de los últimos años.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 2,18 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 níquel disuelto, los valores oscilaron entre 0,83 y 2,15  $\mu\text{g/L}$ . Como puede verse en el siguiente gráfico, las concentraciones fueron poco variables y se encontraron cercanas a los promedios históricos de cada estación de muestreo.



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

La curva de valores promedios históricos para la concentración de este metal disuelto en agua, oscila entre 0,92 y 1,64  $\mu\text{g/L}$ . La concentración registrada en mayo en E5 estuvo 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  $\mu\text{g/L}$ , con un máximo de 18,80  $\mu\text{g/L}$  registrado en diciembre del 2012 en la E6.

## Mercurio

En los muestreos realizados durante 2023, no se detectó mercurio disuelto en el agua de mar del estuario.

Los valores medios históricos de la concentración de mercurio disuelto en agua de cada estación de muestreo, oscila entre 0,18 y 0,31 µg/L. En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 0,29 µg/L, con un máximo de 2,60 µg/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 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, los resultados son comparados con los niveles guías propuestos por NOAA<sup>4</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 68) 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>5</sup> (Canadian Council of Ministers of the Environment) y MacDonald<sup>6</sup> (1996).

<sup>4</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.

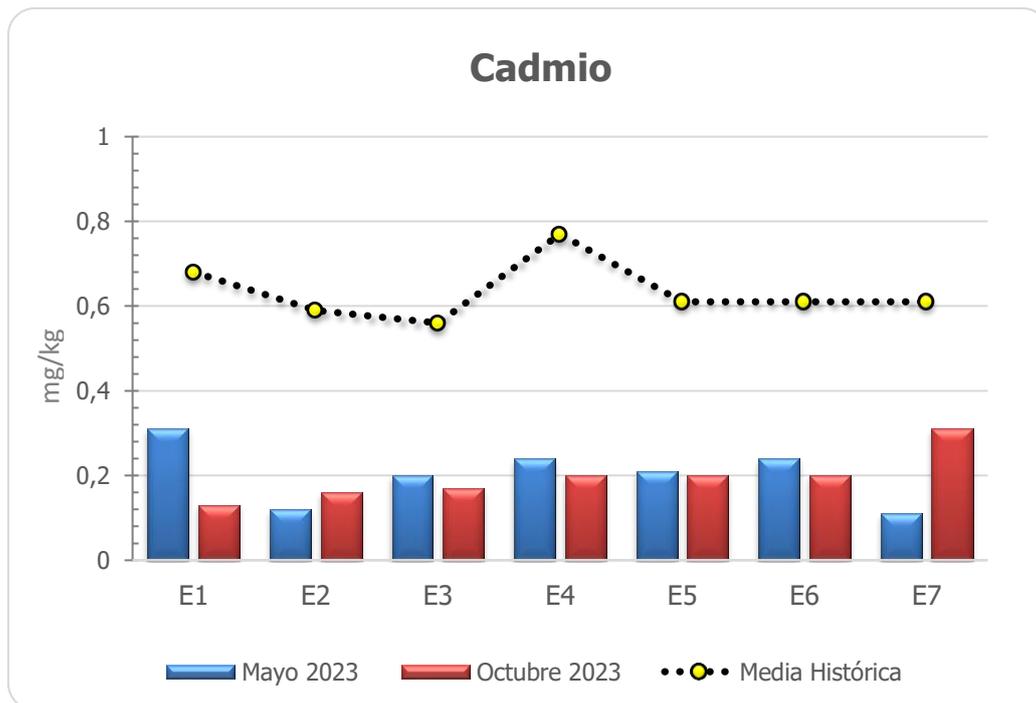
<sup>5</sup>CCME. 2001. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. <https://ccme.ca/en/resources/sediment>

<sup>6</sup>MacDonald et al 1996. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. *Ecotoxicology* 5: 253-278.

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.

### Cadmio

En todas las estaciones de monitoreo y durante las dos campañas se detectó cadmio en los sedimentos superficiales, registrándose concentraciones muy bajas respecto a los valores históricos. En el siguiente gráfico, podemos observar los resultados obtenidos de cadmio y el valor medio histórico para este metal en sedimentos del estuario.



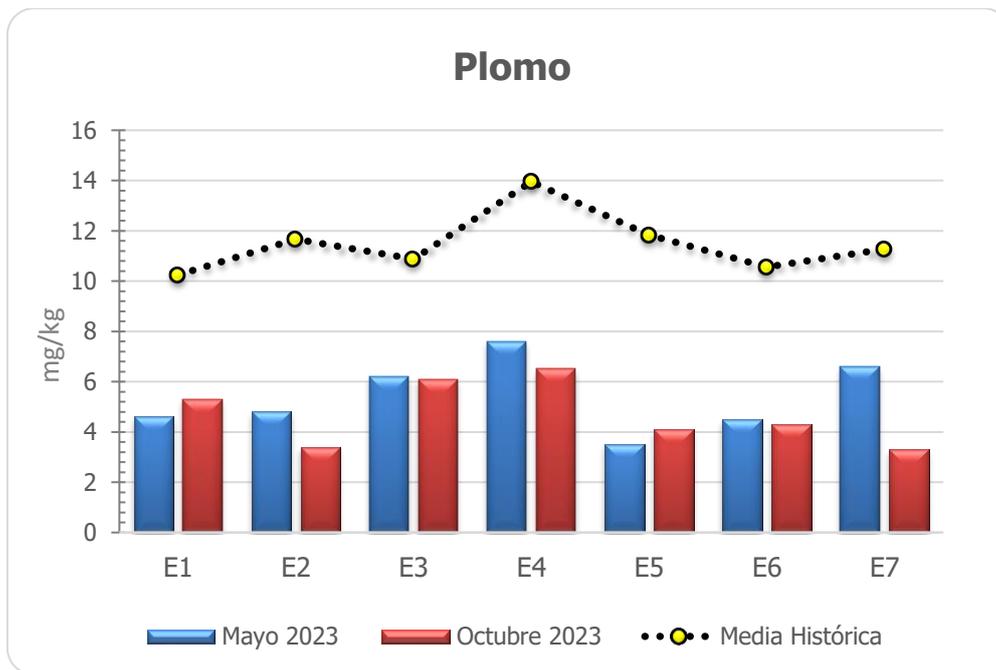
Ningún valor supera los niveles guía de referencia de la NOAA.

La línea de valores medios históricos para la concentración de cadmio en sedimento, oscila entre 0,5 y 0,8 mg/kg. Las concentraciones registradas en este período se encuentran por debajo del rango de concentraciones históricas.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 0,61 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 ambas campañas de monitoreo. Las concentraciones de plomo variaron entre los 3,3 y 7,6 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.

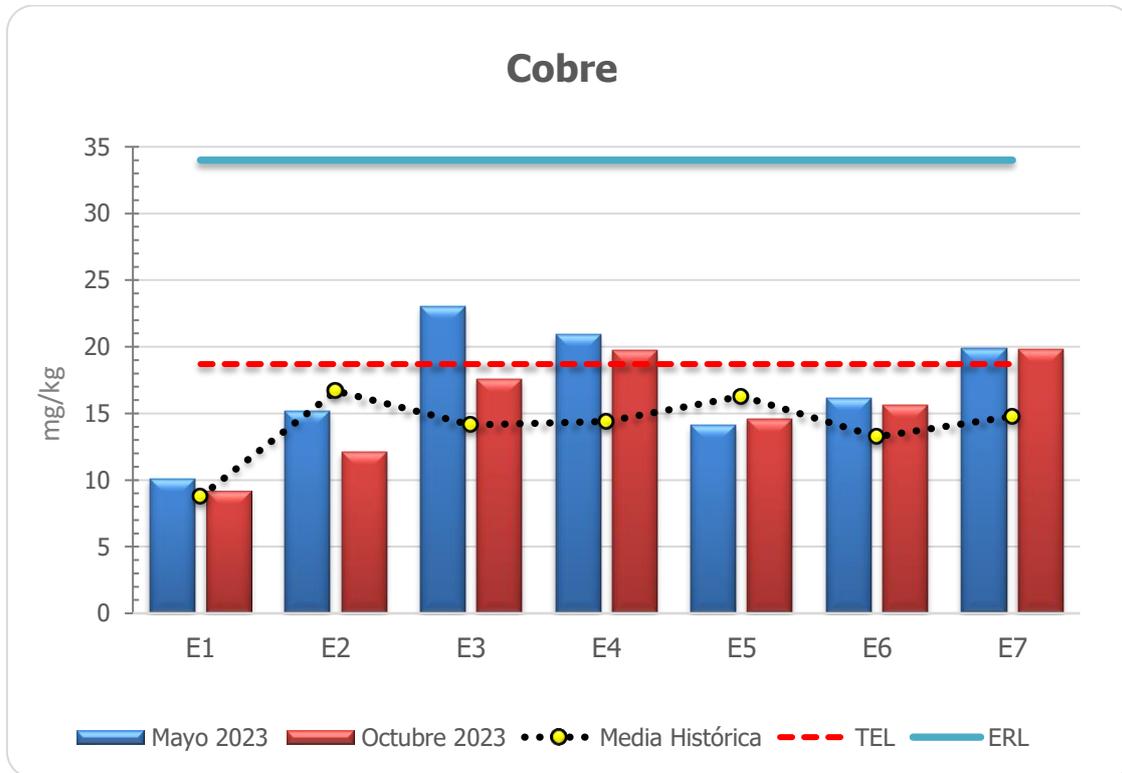
Las concentraciones registradas durante este período, resultaron bastante homogéneas entre estaciones de muestreo y están por debajo de la línea de valores medios históricos.

La línea de valores medios históricos para la concentración de plomo en sedimento, oscila entre 10,6 y 14 mg/kg. En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 11,3 mg/kg, con un máximo de 42,0 mg/kg registrado en diciembre del 2007 en la E7.

### Cobre

Se detectó cobre en los sedimentos superficiales muestreados en ambas campañas, las concentraciones variaron entre 9,2 y 23 mg/kg, siendo algo superiores al periodo anterior. En el

siguiente gráfico se observa la distribución del cobre entre las muestras y su relación con los valores históricos.

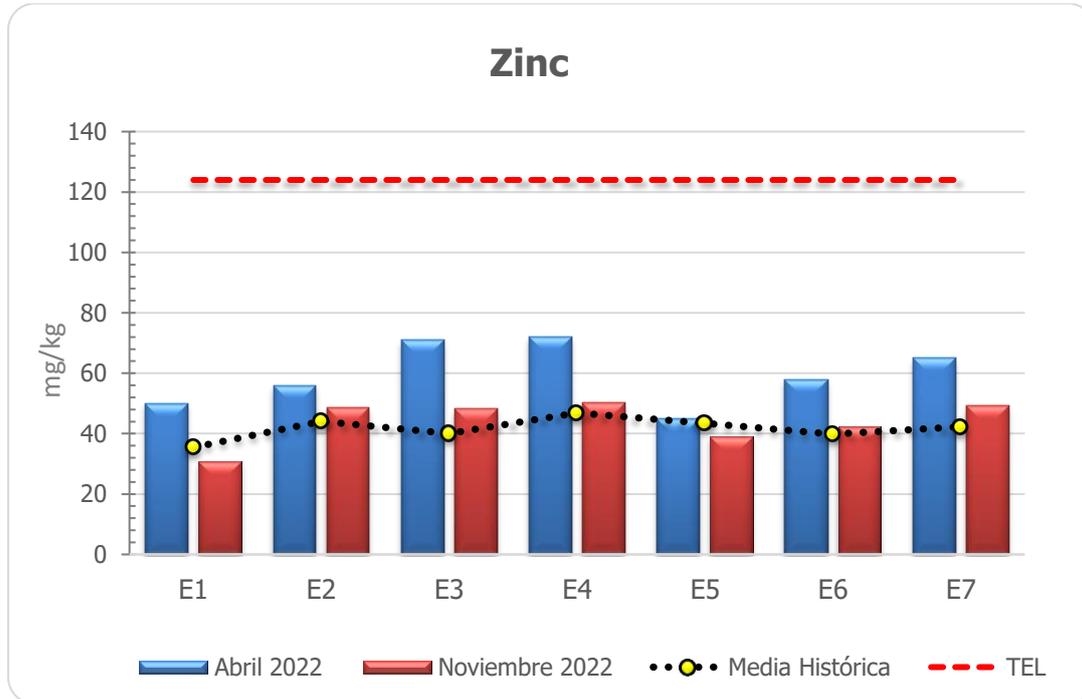


Algunos de los resultados obtenidos sobrepasan el nivel guías de referencia de la NOAA TEL, pero están lejos del nivel ERL, rango de concentraciones por debajo de las cuales los efectos biológicos adversos ocurren raramente.

La línea de valores medios históricos para la concentración de plomo en sedimento, oscila entre 8,7 mg/kg en E1 y 16,7 mg/kg. En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 14,4 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 30,7 y 72 mg/kg. En el primer muestreo las concentraciones se asemejan a los históricos para cada punto, mientras que en la segunda campaña fueron superiores. 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.



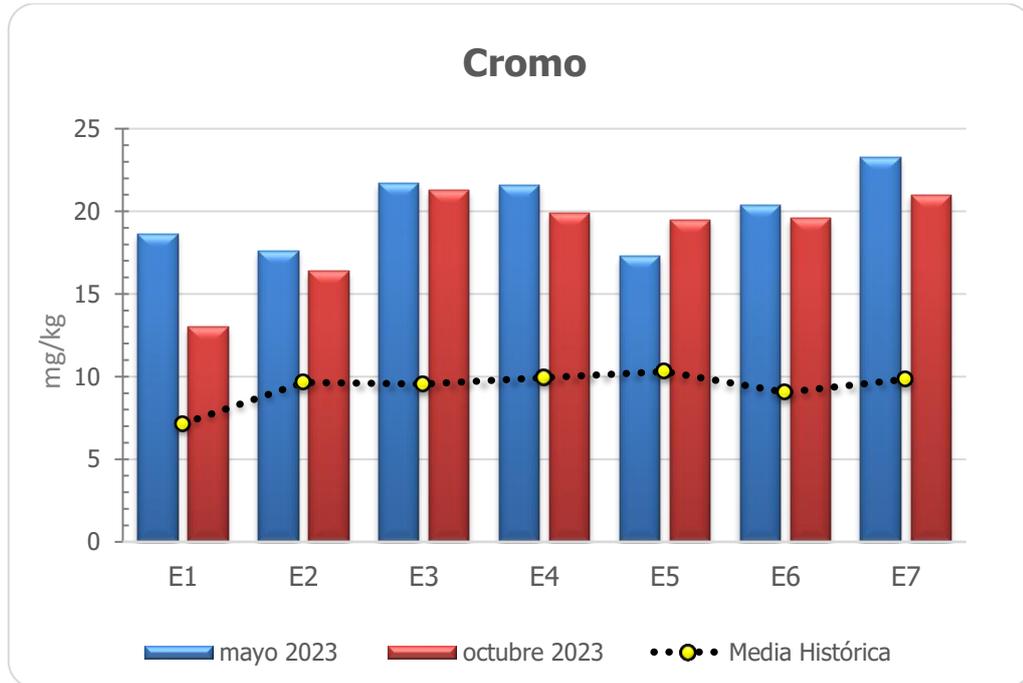
Con respecto a los valores de referencia de la NOAA, ningún valor supera los niveles propuestos de protección para los organismos acuáticos.

La línea de valores medios históricos del gráfico para la concentración de zinc en sedimento, oscila entre 35,4 y 46,8 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 41,8 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 13 y 23,3 mg/kg, siendo mayores a los del periodo anterior. 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.



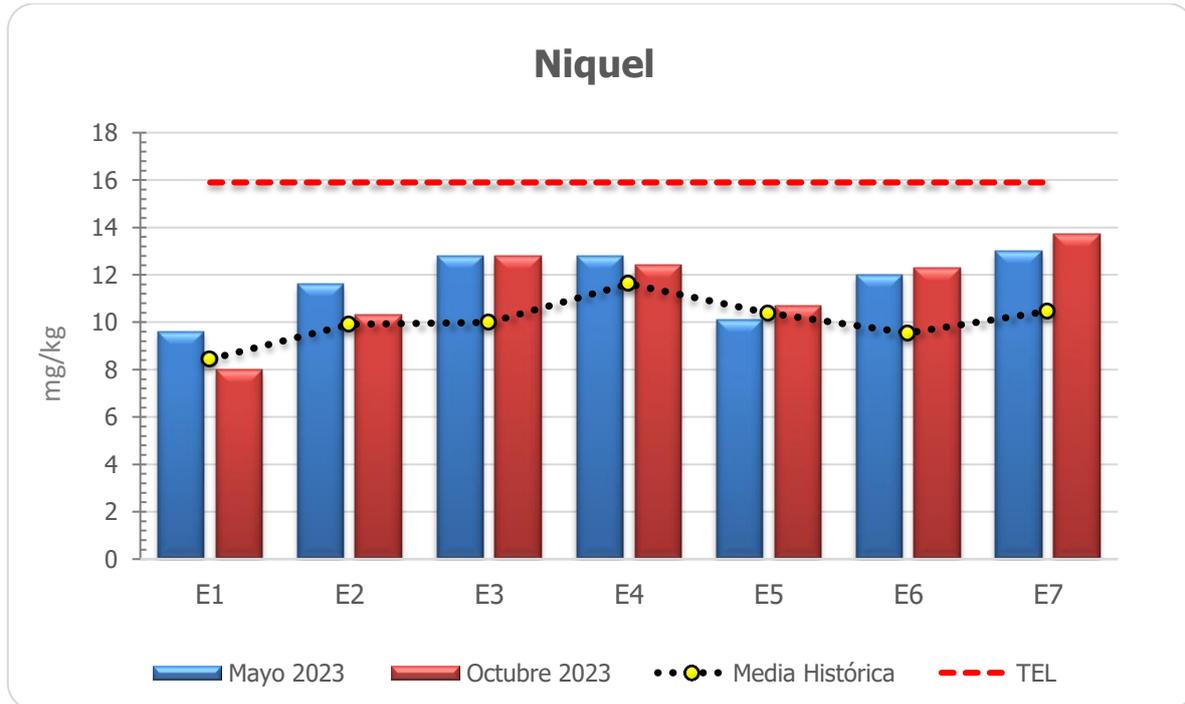
Respecto de los niveles de referencia de la NOAA, en ninguna oportunidad las mediciones superaron ni los valores más exigentes de protección (**TEL**= 52,3 mg/kg).

La línea de valores medios históricos para la concentración de cromo en sedimento, oscila entre 7,1 y 10,3 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 9,5 mg/kg, con un máximo de 22,4 mg/kg registrado en agosto de 2013 en la E5.

### Níquel

Se detectó níquel en los sedimentos, con concentraciones que oscilaron entre 8,0 y 13,7 mg/kg. La distribución de valores de níquel en sedimento fue bastante homogénea entre muestreos y similar a la media histórica como se gráfica a continuación:



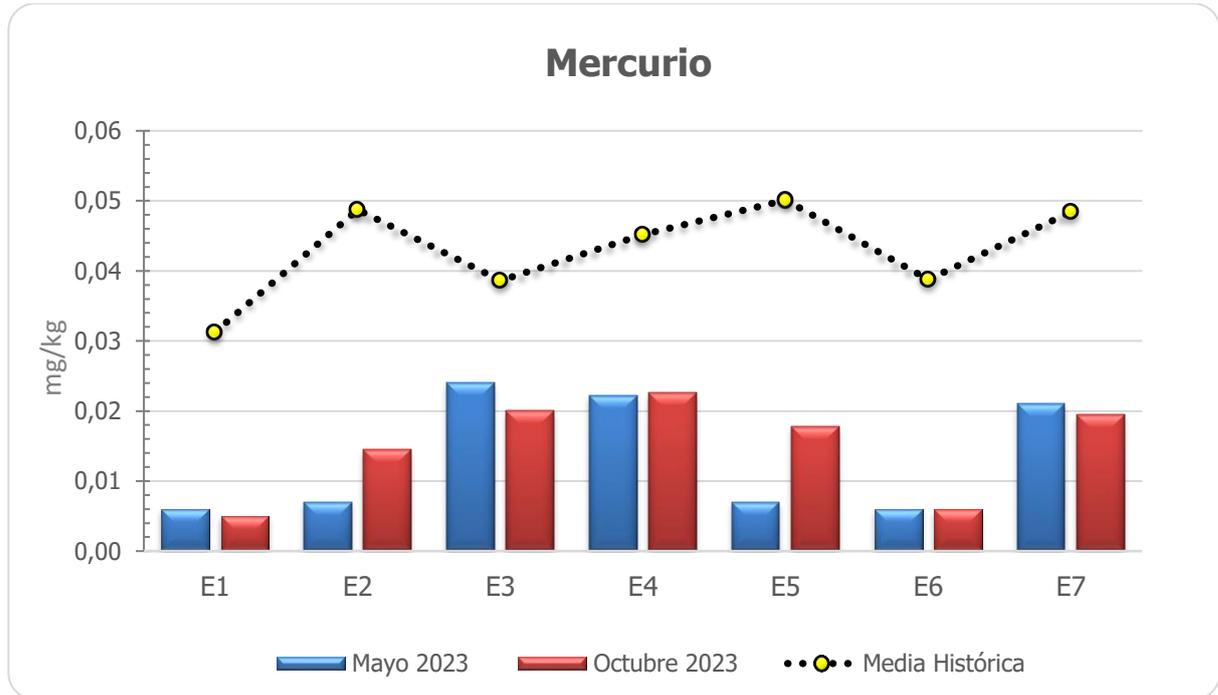
Con respecto a los valores de referencia de la NOAA, ningún valor supera los niveles propuestos de protección para los organismos acuáticos.

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

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2005 es de 10,0 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 0,024 mg/kg, que resultaron inferiores a la media histórica registrada para este ambiente. La distribución de concentraciones de mercurio en sedimento en las muestras y su distribución 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 a que en la estación E1 se encuentren los menores valores.

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.

## 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. 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 muelles y cloacas. 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.

### C. Sustancias potencialmente contaminantes

#### Metales disueltos en agua

Se detectó cadmio, cobre, cromo, níquel, zinc y plomo disueltos en agua de mar durante todas las campañas y estaciones de monitoreo. Por otra parte, no se detectó mercurio disuelto en ninguna campaña.

Las concentraciones de níquel se mostraron similares a las medias históricas registradas. Mientras que las concentraciones de cadmio, plomo y cromo fueron menores a las medias históricas de cada estación de muestreo.

Por otro lado, en la campaña de mayo las concentraciones de zinc y cobre, superaron 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 (CMC) de la USEPA<sup>7</sup>, tendencia que viene observándose en las últimas campañas. 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.

En líneas generales, las concentraciones de los metales evaluados estuvieron en el mismo orden que los históricos registrados para este ambiente, solo el cromo presentó valores claramente mayores. Los metales determinados en sedimentos no superaron los niveles de referencia de la NOAA, a excepción del cobre que superó, en algunas muestras, levemente el nivel umbral TEL con concentraciones por debajo de las cuales los efectos biológicos son adversos.

En relación con las concentraciones de metales determinadas en el estuario, el CTE continúa con el monitoreo de fuentes probables de diferentes orígenes que aporten metales disueltos al estuario: industriales, subterráneas, cloacales, ríos, arroyos, y atmosféricas asociadas al material particulado, 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.

---

<sup>7</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 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>8</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. 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>9</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 2023 se continuó 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 muestrea 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>8</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>9</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. Período 1992-1996. Frente Marítimo, 18: 53-58.

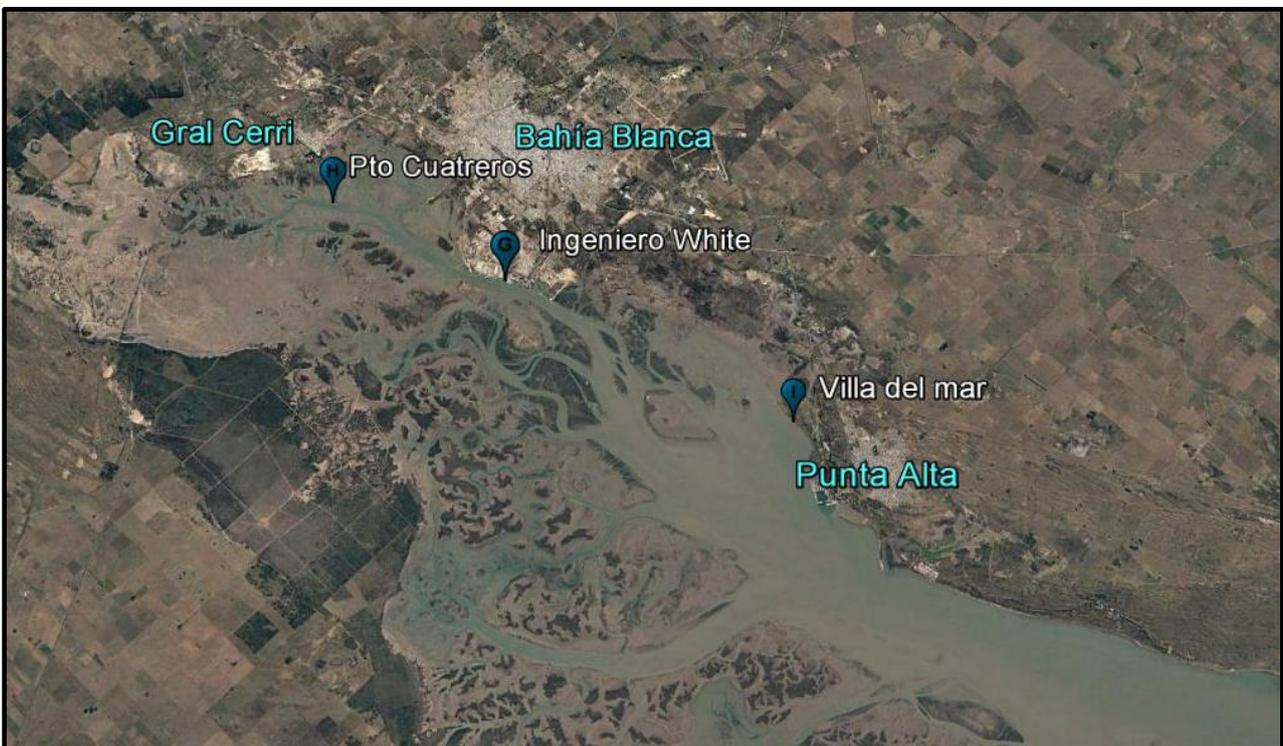
por lo tanto, es controlada por el SENASA, al contrario de lo que sucede en el estuario de Bahía Blanca que no está clasificado.

### 2.1.1 Estaciones de Muestreo

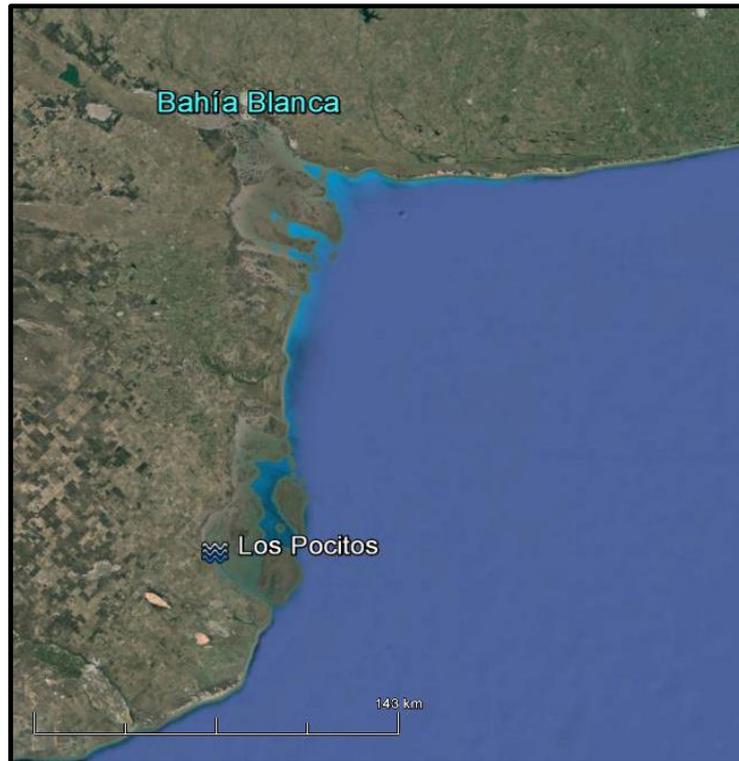
Se muestreó en tres muelles del estuario de Bahía Blanca y en una bahía aledaña al mismo. Las estaciones de muestreo se ubican en:

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, largo y espesor), se separó el material blando de las valvas, se formaron pooles de ostras los que se pesaron y acondicionaron junto al agua y sedimento hasta su derivación.

## 2.2 Determinaciones

### 2.2.1 Biometría

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

### 2.2.2 Metales

Las muestras de ostras, agua de mar y sedimento, fueron derivadas al Laboratorio de Análisis Químico (LANAQUI)–CERZOS/UNS para la determinación de metales pesados en las tres matrices 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 disueltos, 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 el CTE con equipo HDMU, USEPA-7473). 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>10</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) 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>10</sup> Food and Drugs Administration (FDA). 1997. HACCP Guidelines. US Department of Health and Human Services, Public Health Service.

*Salmonella* spp. en 25 grs. 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>11</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	8,1	22,5	58,4	59,5
	Villa del Mar	7,9	19,3	62	176
	Ing. White	7,9	18,9	158,3	291
	Cuatreros	8,0	19,7	35,2	215
Invierno	Villa del Mar	8,1	8,4	63,5	95
	Ing. White	8,2	9,7	56,4	59
	Cuatreros	8,3	10,1	54,5	42
Primavera	Villa del Mar	7,8	20,6	61,9	260
	Ing. White	7,9	21,6	65	66
	Cuatreros	7,8	25,8	54,7	saturado

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.

<sup>11</sup>U.S. EPA 2012. Water Quality Standards Handbook. Second edition. EPA-823-B-12-002.

### 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	10,7	1,36	0,14
	Ing. White	22	9,3	3,50	0,16
	Cuatreros	22	8,5	1,69	0,13
Invierno	Villa del Mar	20	12,8	1,34	0,18
	Ing. White	20	11,9	3,00	0,20
	Cuatreros	21	10,6	2,08	0,20
Primavera	Villa del Mar	20	11,8	1,48	0,17
	Ing. White	22	8,7	2,11	0,19
	Cuatreros	21	12,8	1,86	0,23
Promedio histórico	Los Pocitos	218 (*)	11,27	1,52	0,16

\*Número total de individuos en que están basados los promedios en los pocitos

### 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 todas 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	0,07	1,00	8,1	< LD	0,9	2,00	7,1
H (Cuatrerros)	verano	0,05	0,49	5,6	0,90	0,8	0,88	5,9
	invierno	0,07	1,40	7,2	< LD	2,2	0,65	4,0
	primavera	0,07	0,54	4,4	< LD	1,0	0,59	2,7
G (Ing. White)	verano	0,05	0,54	5,4	< LD	0,9	0,78	3,7
	invierno	0,15	1,39	7,8	< LD	1,5	0,42	7,6
	primavera	0,06	0,66	3,6	< LD	0,8	0,24	2,2
I (Villa del Mar)	verano	0,05	0,58	6,4	< LD	1,0	0,55	4,3
	invierno	0,16	1,40	6,9	< LD	1,5	0,29	3,4
	primavera	0,06	0,55	3,5	0,03	0,8	0,37	5,0
<b>Promedio 2013/2023</b>		0,15	0,57	5,1	0,31	1,1	0,70	2,9
<b>Background (LP)</b>		0,07	0,40	4,1	0,17	0,5	0,74	1,8

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 la mayoría de las muestras.

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<sup>12</sup> (SQuiRTs) 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	0,140	14,3	13,3	0,008	9,1	1,3	35
H (Cuatrerros)	verano	0,176	19,5	19,0	0,013	11,2	5,50	52

<sup>12</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.



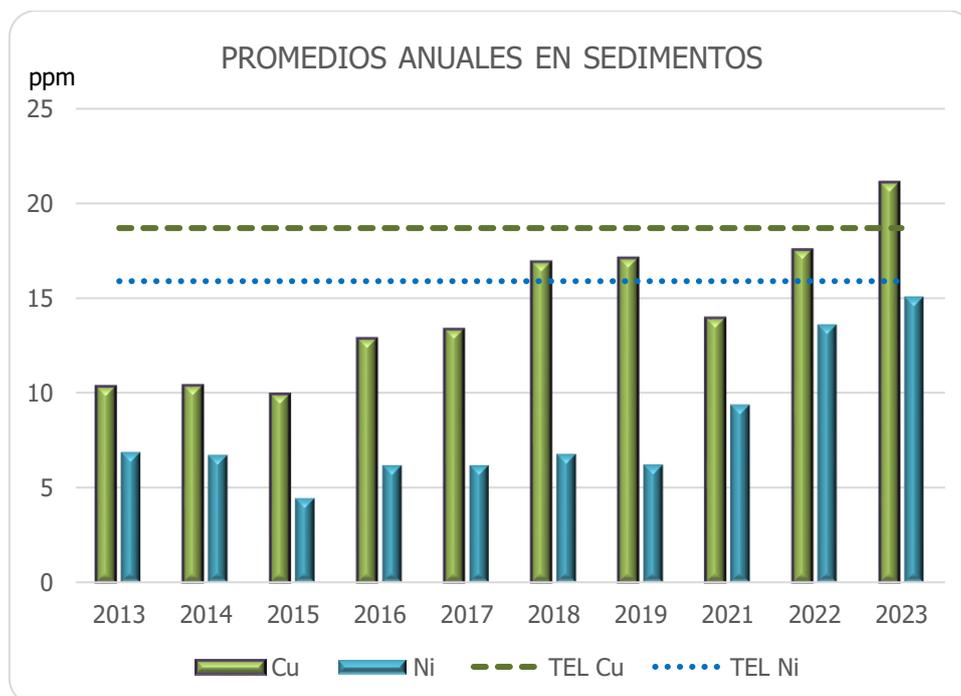
	invierno	0,148	25,0	23,4	0,015	14,5	6,30	63
	primavera	0,047	23,4	16,6	0,008	16,2	5,30	57
G (Ing. White)	verano	0,110	23,6	24,4	0,025	13,0	4,00	65
	invierno	0,203	25,9	24,9	0,029	15,3	7,10	68
	primavera	0,070	23,3	19,8	0,031	18,5	5,40	65
I (Villa del Mar)	verano	0,242	21,9	21,4	0,026	12,6	4,40	60
	invierno	0,082	28,1	21,9	0,031	16,0	7,00	69
	primavera	0,061	26,8	18,6	0,027	17,9	6,90	65
<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. En cursiva los valores máximos históricos detectados en este programa de monitoreo.

El límite de detección del cadmio bajo de 0,1 a 0,01 ppm, por lo tanto, este año pudimos determinar concentraciones del mismo en las muestras estuario.

Comparando las concentraciones con los niveles guía propuestos por la NOAA, para cobre y níquel las muestras superaron el nivel más exigente de protección de la vida acuática “*threshold effects level*” (TEL) que es el umbral de efecto no adverso. El siguiente nivel ERL no fue alcanzado en ninguna oportunidad. En el siguiente grafico se observa la evolución en el estuario de ambos metales a lo largo de este programa de muestreo:



El valor de cobre de 24,9 ppm detectado en la estación de muestreo de Ing. White en invierno, fue el máximo desde el inicio de este monitoreo en 2015. Algunos valores puntuales de níquel superaron el nivel TEL en algunas muestras, pero el promedio anual de dicho parámetro se mantuvo por debajo. También detectamos un máximo histórico de níquel de 18,5 ppm de este programa.

Otro máximo histórico se detectó en Villa del Mar en invierno para el cromo, con una concentración de 28,1 ppm, la cual esta muy lejos del nivel guía TEL de la NOAA, como el resto de los metales analizados.

### • 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	0,470	0,17	<b>41</b>	0,07	0,16	0,02	81
H (Cuatros)	verano	0,310	0,06	<b>27</b>	0,035	0,11	0,04	79
	invierno	0,320	0,05	<b>23</b>	< LD	0,11	0,18	67
	primavera	0,260	0,09	<b>19</b>	< LD	0,07	0,09	68
G (Ing. White)	verano	0,360	0,10	<b>58</b>	0,060	0,14	0,05	<b>199</b>
	invierno	0,380	0,08	<b>39</b>	< LD	0,15	0,14	<b>110</b>
	primavera	0,310	0,10	<b>30</b>	< LD	0,06	0,11	<b>104</b>
I (Villa del Mar)	verano	0,500	0,08	<b>74</b>	0,067	0,12	0,04	<b>114</b>
	invierno	0,470	0,05	<b>69</b>	< LD	0,12	0,13	98
	primavera	0,470	0,18	<b>57</b>	< LD	0,06	0,11	<b>104</b>
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 programa de 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. Las estaciones de muestreo con más alta concentración en ostras de estos dos metales fueron Ing. White y Villa del Mar: el Zn presentó mayores valores en White y el Cu en 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 que en algunas muestras no se detectó.

En el ANEXO I-Estuario de Bahía Blanca, páginas 69–73 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>13</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.

---

<sup>13</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.

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:

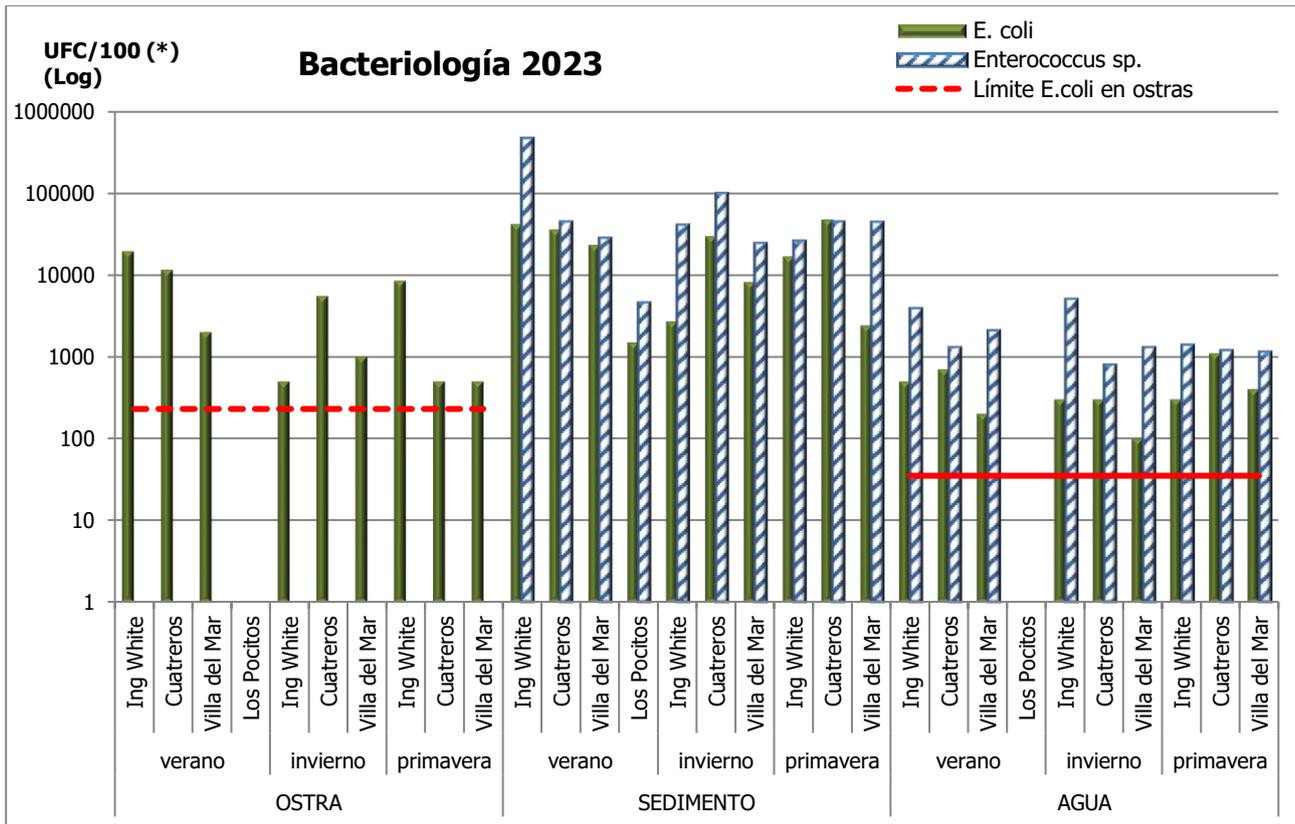
- Las concentraciones de los metales detectados en las ostras del estuario de Bahía Blanca no superan los umbrales de contaminación propuestos por Cantillo para la NOAA (ver valores resaltados en negrita de la tabla 1 del ANEXO I -Estuario de Bahía Blanca, página 74).
- La concentración de Cd y Ni en 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.

### 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 sitios del estuario de Bahía Blanca y en una bahía prístina cercana (Los Pocitos). En esta estación utilizada como referencia, los recuentos bacterianos en sedimentos presentaron los menores valores, mientras que, en agua y ostras, no se encontraron ninguno de los indicadores microbiológicos. La presencia abundante de *E. coli* en el sedimento de Los Pocitos siendo que no se encontró en el agua ni ostras, evidencia que el sedimento protege a las *E. coli* en el medio marino poco apto para su supervivencia.

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 todos los pulles de muestra de ostra del estuario de Bahía Blanca 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, con una media aritmética anual de 11000 UFC /100 grs.

Si analizamos los recuentos de *E. coli* en cada matriz particular, surge que continua la tendencia a la acumulación de bacterias indicadoras de contaminación fecal en los sedimentos (indicando contaminación fecal crónica). En las ostras estos son hasta un orden de magnitud superiores respecto al agua circundante.

Por su lado, se detectó la presencia de *Enterococcus* sp. en todos los sedimentos y aguas del estuario, superando a los recuentos de *E.coli*. Esto es lo esperable, dada la mayor resistencia de los enterococos a las condiciones impuestas por el ambiente estuarino, como salinidad, variaciones de

temperatura, etc. Los recuentos en agua de enterococos estuvieron por encima del límite para uso recreativo y contacto primario (35 colonias/100ml).

- ***Salmonella sp.***

Durante 2023 no se detectó la presencia de *Salmonella* spp. en 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 los cuidados en la recolección y consumo de moluscos<sup>14</sup> y 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<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup><https://www.argentina.gob.ar/noticias/marea-roja-recomendaciones-para-prevenir-intoxicaciones-por-consumo-de-moluscos>

<sup>15</sup><https://www.argentina.gob.ar/senasa/programas-sanitarios/cadenaanimal/animales-acuaticos-produccion-primaria/marea-roja>

## 2.4 Conclusiones

- Las concentraciones de metales pesados en el agua de mar muestreada durante 2023, estuvieron dentro de los valores característicos del estuario.
- Las concentraciones de metales pesados en el sedimento muestreado durante 2023, se encontraron dentro del mismo orden de magnitud que años anteriores, pero se observa un leve aumento de algunos metales como el cromo, cobre y níquel.
- Las concentraciones de metales pesados en el sedimento muestreado durante 2023, no superaron el nivel ERL pero si el nivel TEL, más exigente de protección de la vida acuática, de los niveles guía propuestos por la NOAA para los metales cobre y níquel. En los rangos de concentraciones definidos por ambos niveles guía de cada uno de dichos metales, es raro que se produzcan efectos biológicos adversos, según lo define la NOAA.
- Dado que los recuentos de *E. coli* realizados en el 2023 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, 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 programa de 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 2023 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 derivando a laboratorios externos. Los análisis de metales en agua y sedimentos realizados por personal de Lanaqui (CERZOS-UNS) y los bacteriológicos 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*, y 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 75-78), se resumen todos los resultados de los análisis realizados para cada cauce, durante 2023 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 canal Maldonado y en uno del Saladillo.
- turbidez: superó el límite de 100 NTU en 1 oportunidad en 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 79).

Se calculó la media geométrica de *E. coli* del año 2023 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:

<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	Media geométrica histórica	Media geométrica periodo informado	El Límite de Confianza Superior (LCS)
Napostá	4506	1491	531
Maldonado	3259	2353	986
Sauce Chico	524	909	395
Saladillo de García	884	5576	1089

Las medias geométricas anuales de *E. coli* en Napostá y Maldonado fueron menores a las medias geométricas históricas respectivas, como en periodos anteriores; no así en los demás cursos de agua, particularmente en el Saladillo de García donde fueron encontrados los mayores recuentos. 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%) fueron menores que el recuento en cada curso de agua.

Las altas concentraciones de *E. coli* en Napostá y Maldonado, son reflejo del impacto que reciben a lo largo de sus recorridos y luego de atravesar la ciudad de Bahía Blanca. Las altas concentraciones en el Saladillo de García a la altura donde se toma la muestra en el acceso a Cerri, es el resultante de su paso por zonas agrarias y quintas, industriales y actualmente también un frigorífico.

Por otro lado, se calculó la media geométrica de heterótrofas terrestres del año 2023 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/ml:

<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>.

Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	media geométrica histórica	media geométrica periodo informado
Napostá	11480	44967
Maldonado	15748	50151
Sauce Chico	6564	6870
Saladillo de García	13226	163271

Los recuentos de bacterias heterótrofas de origen terrestre en las desembocaduras de los afluentes muestreados durante 2023 fueron en promedio mucho mayores en el Saladillo seguidos por los del canal Maldonado y Napostá. Mientras que en el Sauce estos estuvieron en el mismo orden de los valores históricos. En el gráfico 2 del ANEXO II- Estuario de Bahía Blanca, página 80 se visualizan los datos históricos.

## 1.5. Conclusiones

Los muestreos realizados entre 2023 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 5 desvíos de parámetros fisicoquímicos a la resolución del 42/2006, la del arroyo Napostá presentó 3 desvíos, el Sauce Chico 6 y el Saladillo de García 5 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, son un aporte constante al estuario con su consecuente impacto bacteriológico. Particularmente este año, los valores en aumento en el Saladillo de García evidencian una nueva fuente de aporte microbiológico al estuario.

<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 2023 se muestreo bimensualmente, intercalando entre la 1<sup>ra</sup> (desarrollado más adelante en el apartado n°4) 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 81, 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 5 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.
- Dentro de los parámetros fisicoquímicos legislados todos siempre presentaron valores dentro de los límites admisibles, con valores normales para este efluente a excepción del fósforo total que, en todas las determinaciones, arrojaron valores superiores a lo permitido.
- Se detectó ocasionalmente zinc, níquel, cobre y mercurio en muy bajas concentraciones por debajo de los límites admisibles. El cromo, plomo y cadmio no fueron detectados durante este periodo.
- En cuanto a los parámetros bacteriológicos, solo en la muestra de diciembre las coliformes fecales sí superaron el límite máximo admisible para descarga a agua superficial de la resolución 336/3 de la ADA. Por otro lado, los recuentos de *Enterococcus* spp, acompañaron la variación de las coliformes fecales cuando éstas estaban elevadas, presentando valores máximos en diciembre 97600 UFC/100ml y mínimos en julio de 600 UFC/100ml.

En el gráfico 1 del ANEXO III-Estuario de Bahía Blanca, página 82, 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.

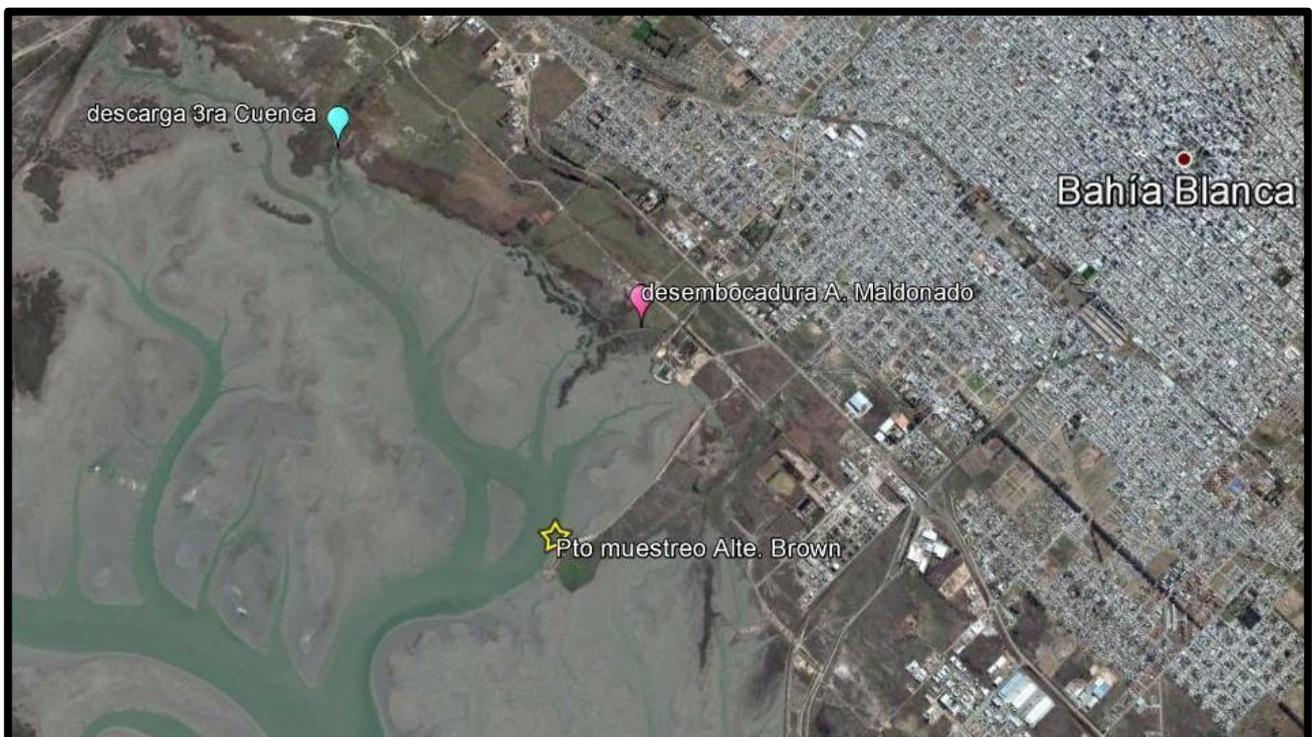
#### 3.1 Marco Legal

A falta de legislación específica, se usa como guía la Resolución 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

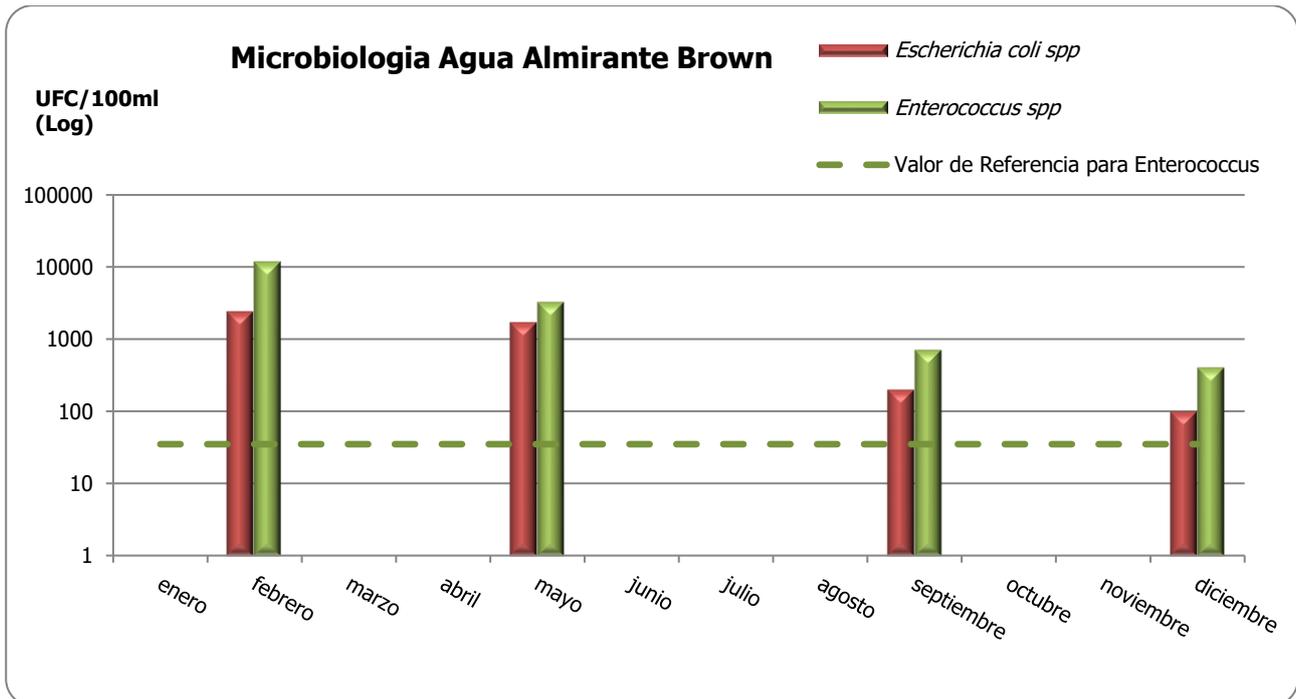
En la tabla 1 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 83, se presentan todos los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras de agua y sedimento de la zona del ex-club Almirante Brown. Se realizaron 5 muestreos de agua y sedimento en el periodo muestreado.

- **En Agua**

Adoptando como guía la Res. ADA N° 42/2006, el límite de 100 NTU de turbidez y de 0,025 (mg/l) de fósforo total fueron superados en algunas oportunidades.

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

En cuanto a la microbiología, los recuentos de *Escherichia coli* en agua variaron entre 100 hasta 2400 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 400 y 11600 UFC/100ml. Esto puede visualizarse en el siguiente gráfico:

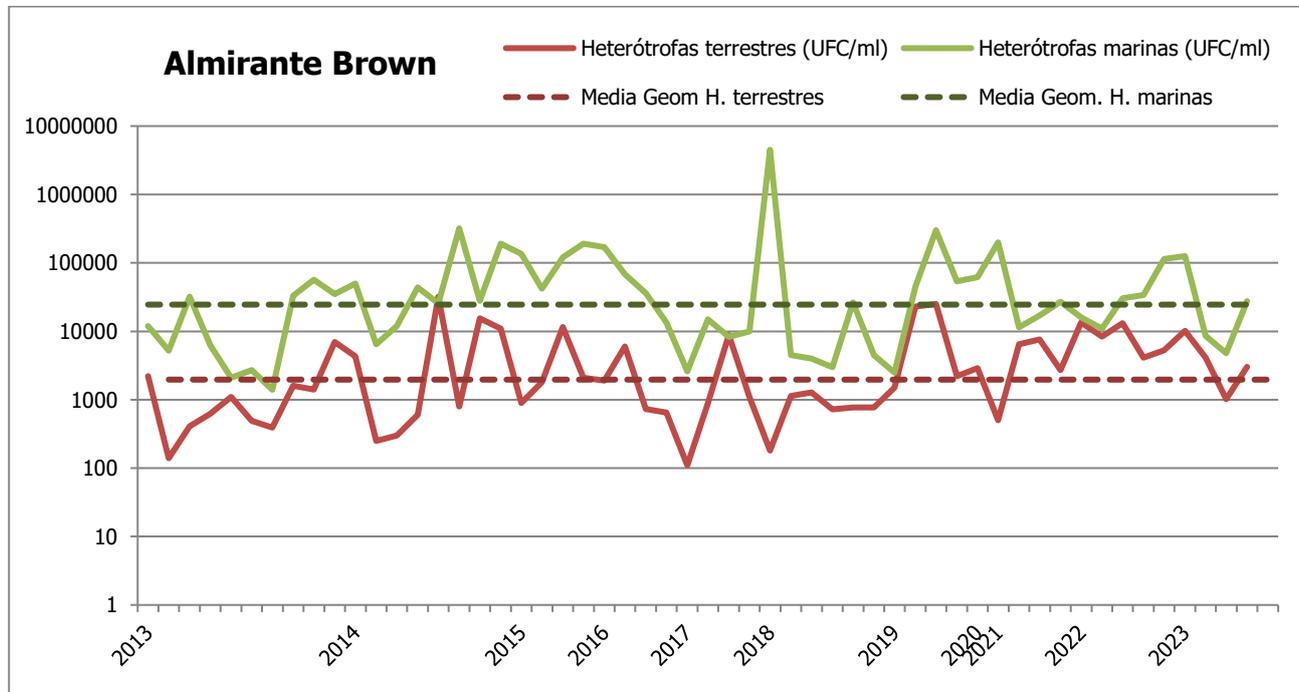


Los valores de *Enterococcus* spp. durante el periodo de muestreo son mayores a la media geométrica histórica de 1413 UFC/100ml. En general, ambos indicadores tuvieron valores levemente menores al año anterior al finalizar el año, como puede visualizarse en el siguiente gráfico 2 del ANEXO IV- Estuario de Bahía Blanca, página 84.

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 85, 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 4775 y 125800 UFC/ml, este máximo a principio de año incluso por encima de la media geométrica histórica, al igual que los indicadores fecales. Estas bacterias 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 1025 y 10200 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.

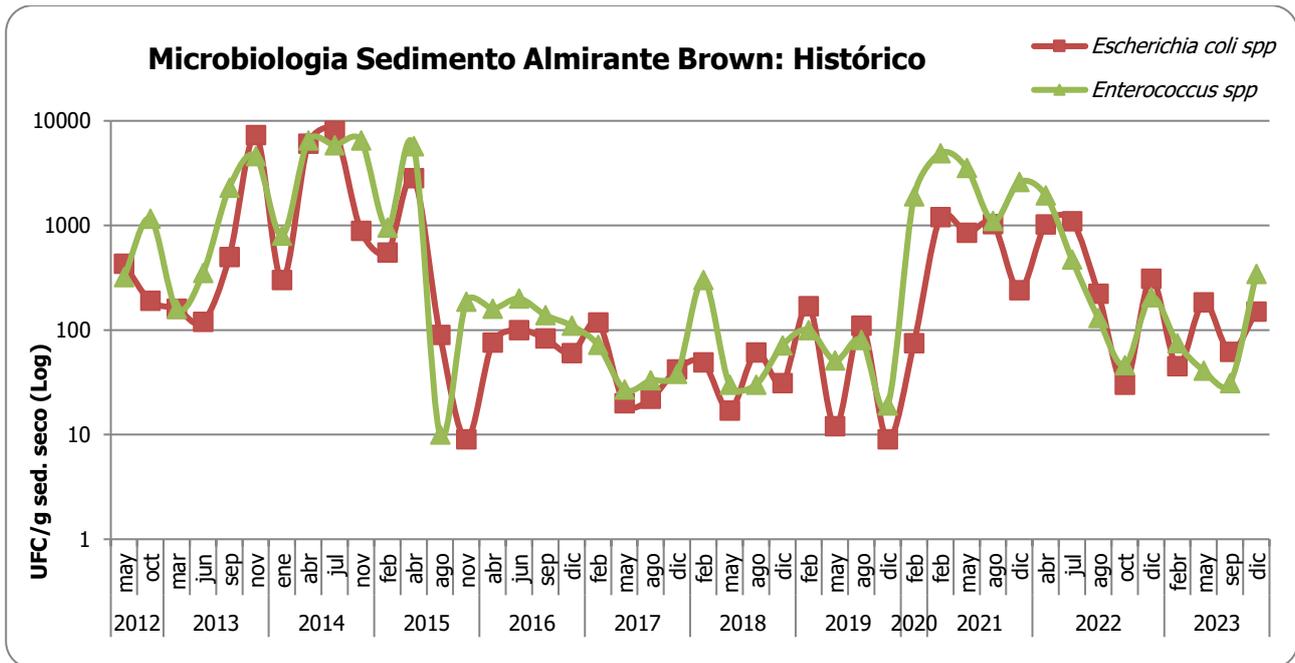


Estos recuentos observados son típicos de ambientes costeros.

### ● 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 67) para la protección de la vida acuática en sedimentos marinos. Solo se registraron 3 valores que los superen, en una oportunidad el níquel y en 2 análisis de cobre, siendo estos valores en sedimento levemente superiores al de dichos niveles guía, sin alcanzar el siguiente nivel, es decir dentro del rango donde los efectos biológicos adversos ocurren raramente

Los recuentos de *Escherichia coli* en sedimento oscilaron entre 45 y 184 UFC/grs y los de *Enterococcus* spp. lo hicieron entre 31 y 344 UFC/grs de peso seco, ambos menores al año anterior.



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 fueron decayendo de modo oscilante hasta la actualidad.

### **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 se fueron mucho de régimen en los meses calurosos.

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 y los que ya traen el arroyo Saladillo de García; potenciando el impacto sobre el estuario de la planta de tratamiento para la tercera cuenca.

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

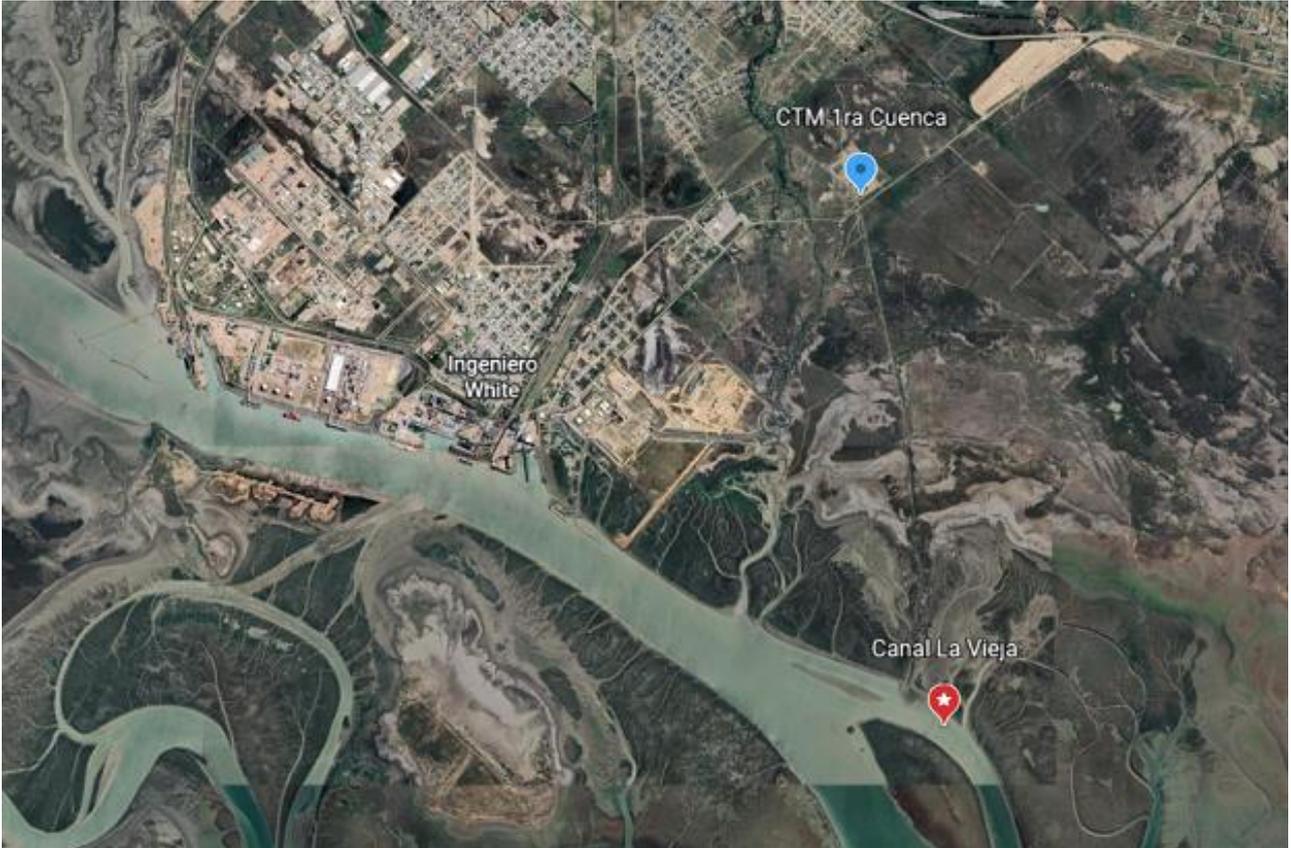
La Planta Depuradora Cloacal Primera Cuenca de ABSA, descargaba los residuos cloacales de gran parte de Bahía Blanca e Ing. White, a un canal de marea del estuario de Bahía Blanca. El CTE celebró convenios junto al Instituto Argentino de Oceanografía para realizar un estudio del impacto de la descarga cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca en 2003-2004 y 2018 y a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Bahía Blanca (UTN FRBB), Aguas Bonaerenses Sociedad Anónima (ABSA), la Asociación Industrial Química de Bahía Blanca (AIQBB) y la Asociación Ambientalista del Sur en el 2013 para analizar los datos del CTE (2010-2013) del efluente cloacal de la ciudad y evaluar su reuso con destino agrícola/industrial. 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 a realizar muestreos rutinarios del efluente final de dicha planta depuradora de ABSA. Se inspecciona y toma muestra del efluente final para tener registro de mediciones y parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, a fin de caracterizar este aporte que recibe el estuario.

### 4.1 Marco Legal

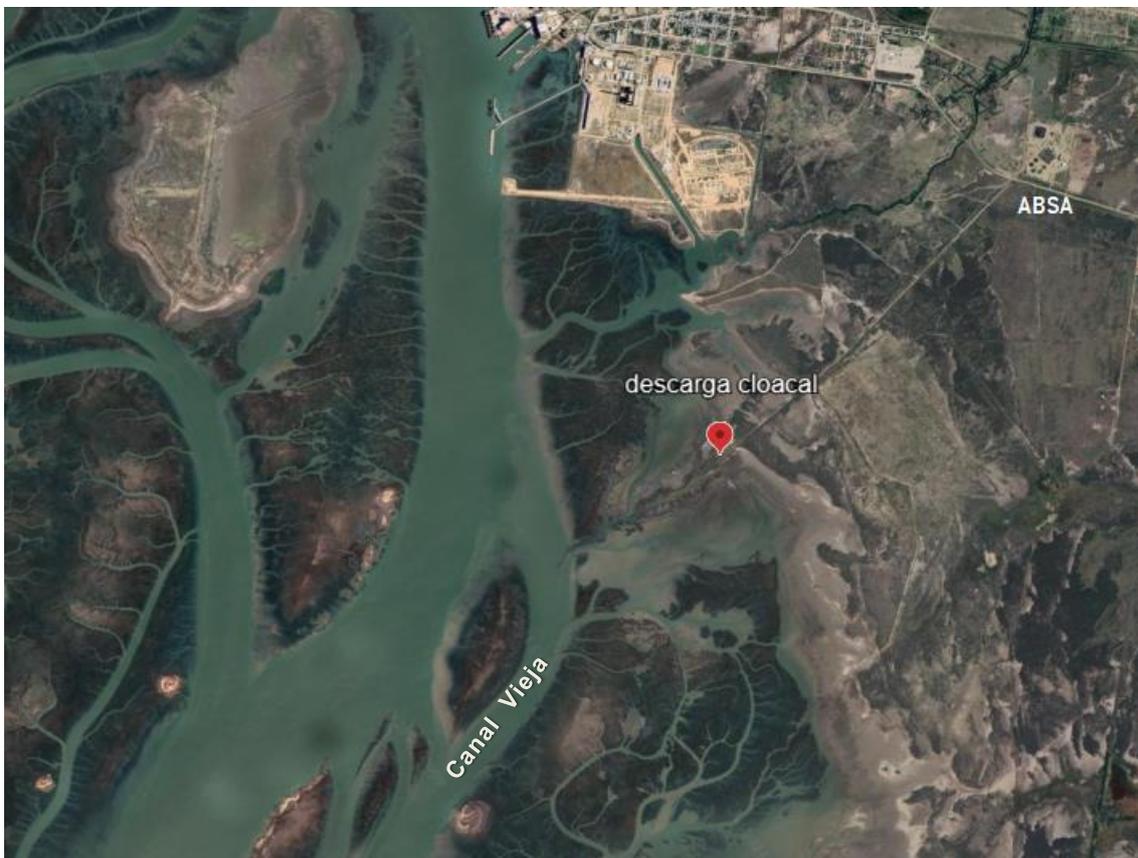
La PTLC para la 1<sup>ra</sup> Cuenca debe cumplir con los parámetros de calidad - límites admisibles para efluentes cloacales, establecidos en la Ley N° 11820 y sus modificatorias, para descargas a curso de agua, dado que el cuerpo receptor de vuelco de dicha descarga es un canal menor que se abre a un canal de marea “La Vieja” el cual se conecta al canal principal del estuario de Bahía Blanca. La autoridad de fiscalización del mismo es la Autoridad del Agua (ADA) quien controla se cumplan los límites fijados por dicha ley.

### 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 1ª Cuenca



Detalle de la ubicación de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales 1ª Cuenca y su descarga al estuario

El periodo de monitoreo de 2023 fue con la planta en operación normal, mencionando que a partir del muestreo realizado en julio de 2023 comenzaron a clorar el efluente final. Se realizaron 6 muestreos durante todo el año.

*In situ* se hicieron algunas mediciones (pH, T°, conductividad y turbidez), y se tomaron muestras para hacer determinaciones de parámetros de calidad de agua a realizarse en el laboratorio del CTE. Las muestras para las determinaciones de los metales fueron derivadas al laboratorio LANAQUI del Cerzos-UNS y para los análisis bacteriológicos se derivaron al laboratorio de Microbiología General de la Universidad Nacional del Sur. 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, 17º edición.

### 4.3 Resultados

En la tabla 1 del ANEXO V-Estuario de Bahía Blanca, página 86, se presentan los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos efectuados en las muestras tomadas en la descarga final de PTLC para la 1ª Cuenca. Analizando los mismos, surgen como resultados más destacables durante 2023 lo siguiente:

- La presencia de coliformes fecales por encima de los parámetros permitidos continuó como se veía desde el año anterior, hasta que comenzaron a clorar el efluente final. A partir de julio dicho parámetro se regularizó. Con respecto a los enterococos, puede observarse que tienen mayor resistencia a la cloración.
- 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 el marco de convenios realizados en conjunto, años anteriores.
- El resto de los parámetros se encontraron dentro de los valores esperables para este tipo de efluente.

## **4.4 Conclusiones**

La Planta Depuradora Cloacal para la 1<sup>ra</sup> Cuenca, comenzó a tratar efluente a finales del 2020, desde entonces hasta la actualidad, la operación se ha visto interrumpida muchas veces, incluso 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. Durante el 2023 se logró mayor continuidad de operación normal de la planta, con la consiguiente estabilidad del efluente final. La puesta en marcha del sistema de cloración, viró de forma positiva las condiciones del efluente final. La desinfección de aguas residuales es sumamente importante para evitar el aporte de microorganismos patógenos al sistema.

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



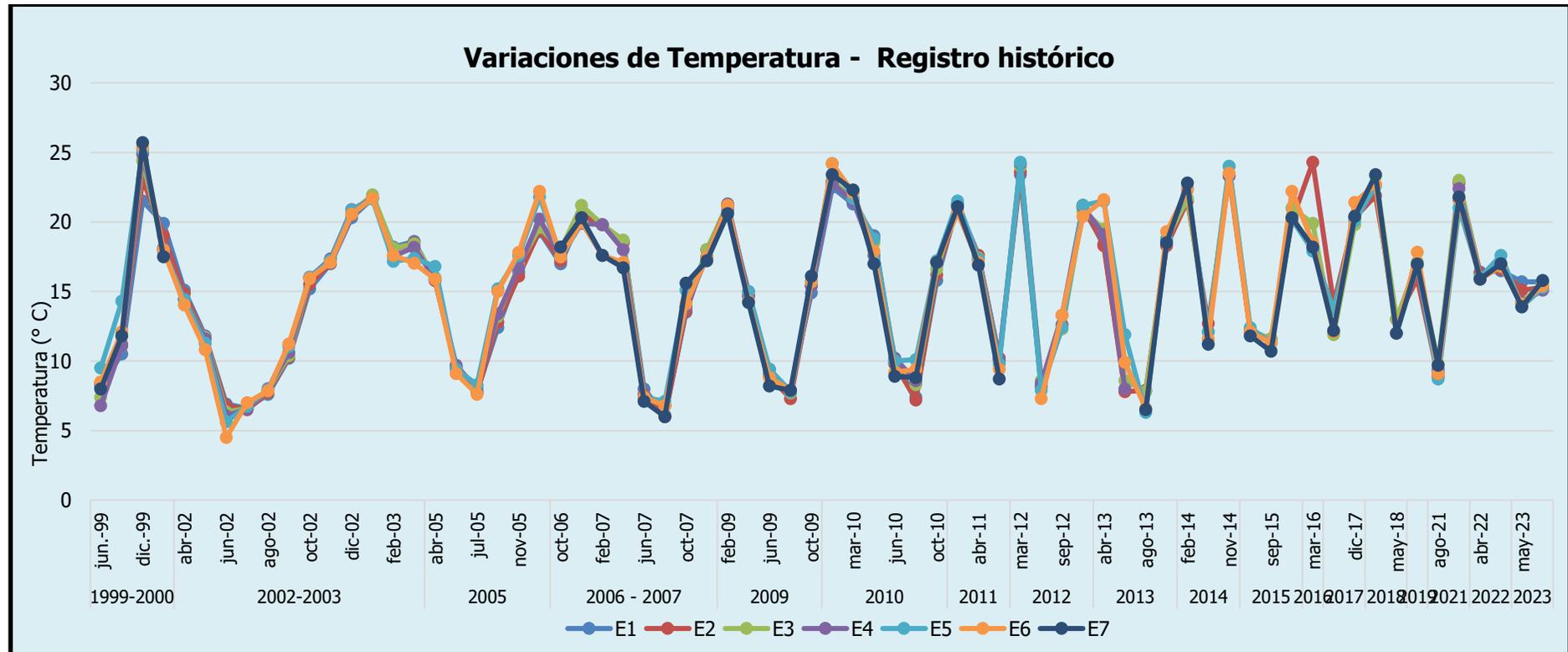
# ANEXOS

**Programa:** Monitoreo de Cuerpos Receptores

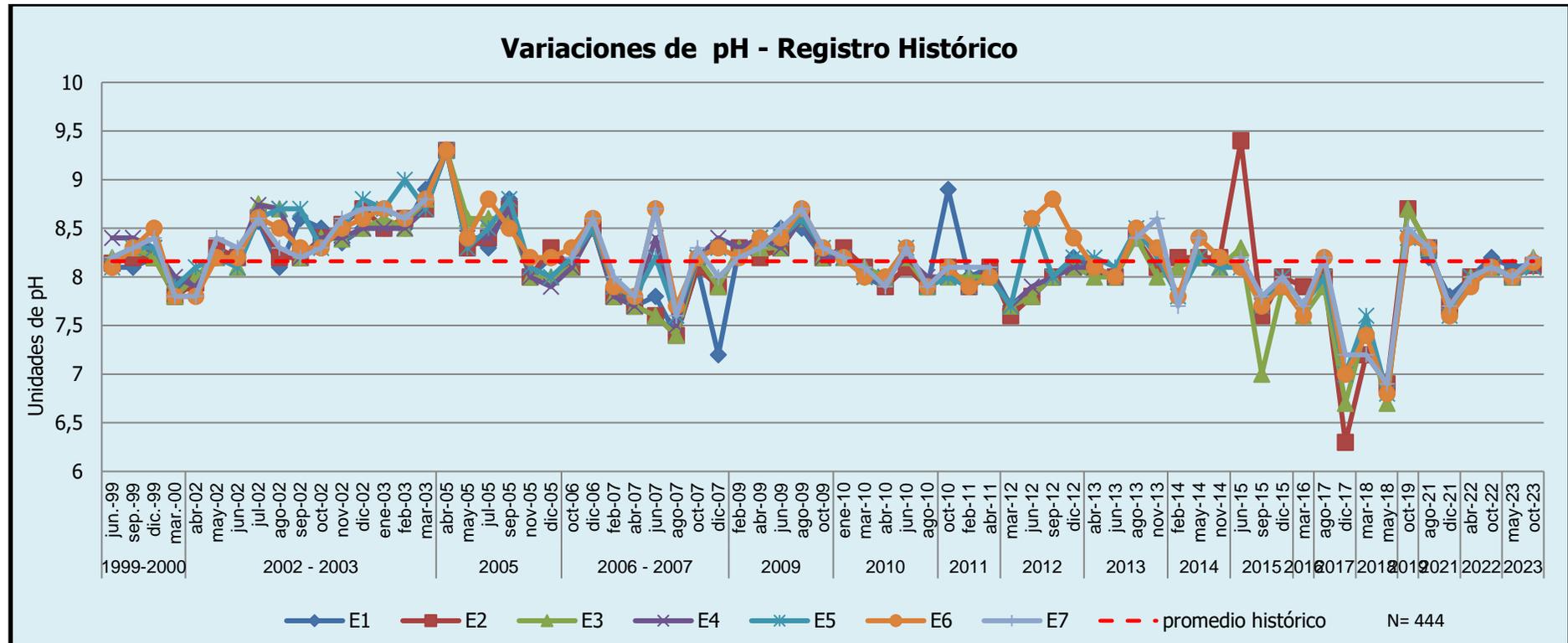
**Subprograma:** Estuario de Bahía Blanca

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
	2023	12,3 - 45,3	0,43 - 4,40	1,97 - 23,50	2,30 - 6,61	20,42 - 145,16

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
<b>Cadmio</b>	40	8,8	5
<b>Zinc</b>	90	81	0,2
<b>Cromo (total)</b>	No establecido	No establecido	No establecido
<b>Cobre</b>	4,8	3,1	4
<b>Mercurio</b>	1,8	0,94	0,1
<b>Níquel</b>	74	8,2	7,1
<b>Plomo</b>	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.

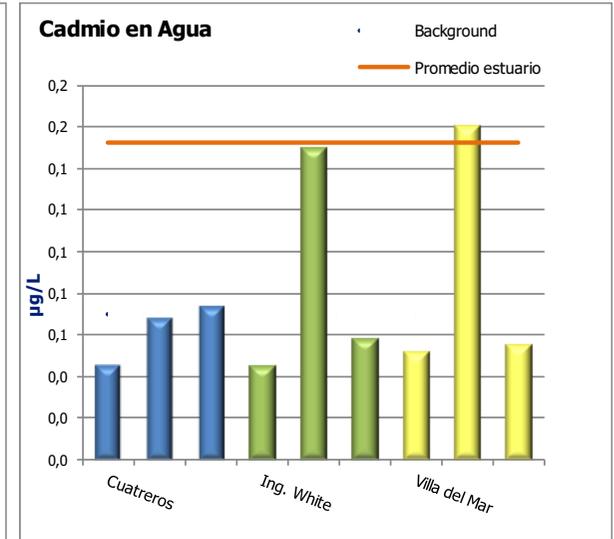
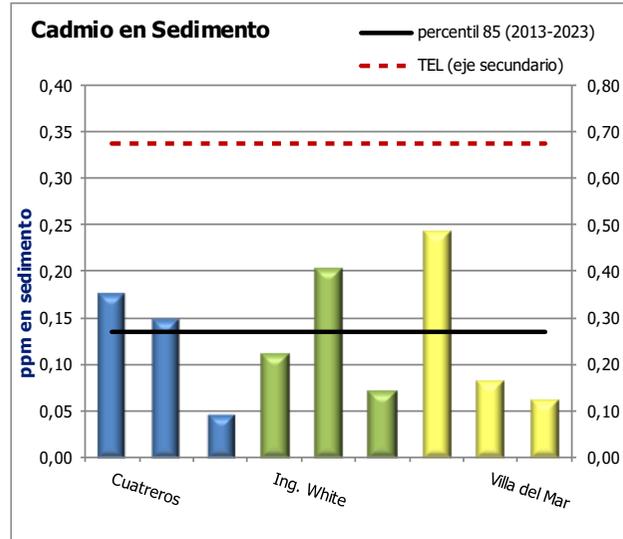
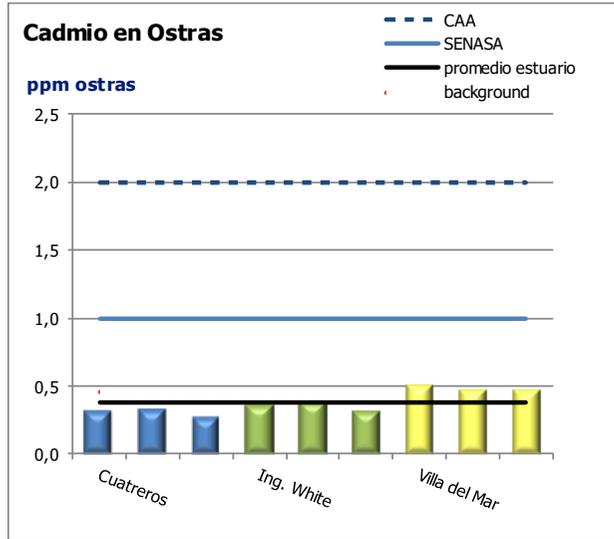
**FDA:** Food and Drugs Administration, Límite admisible para consumo.

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

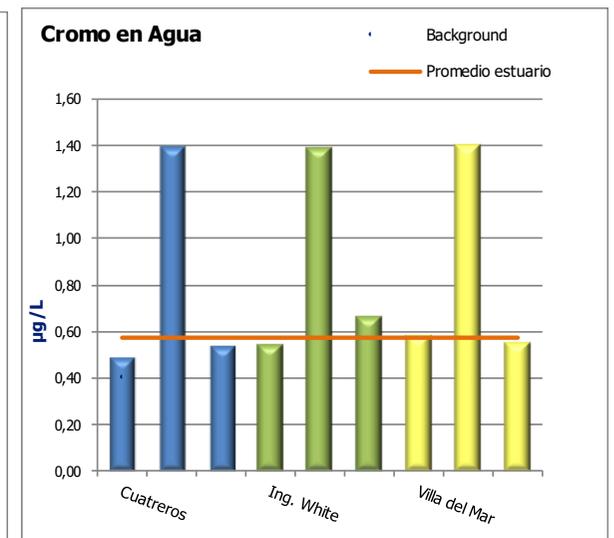
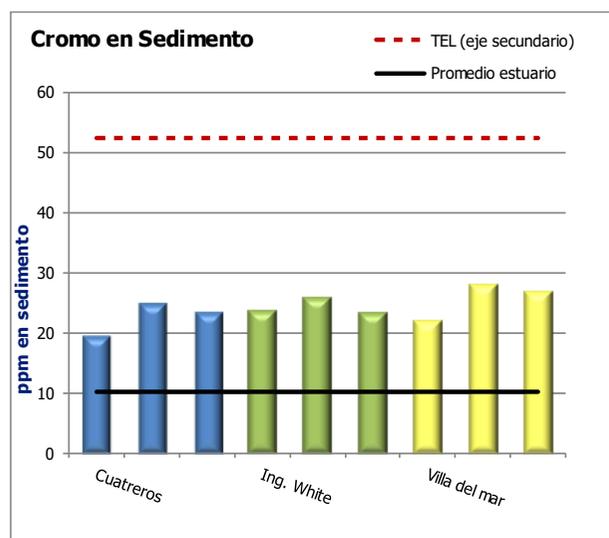
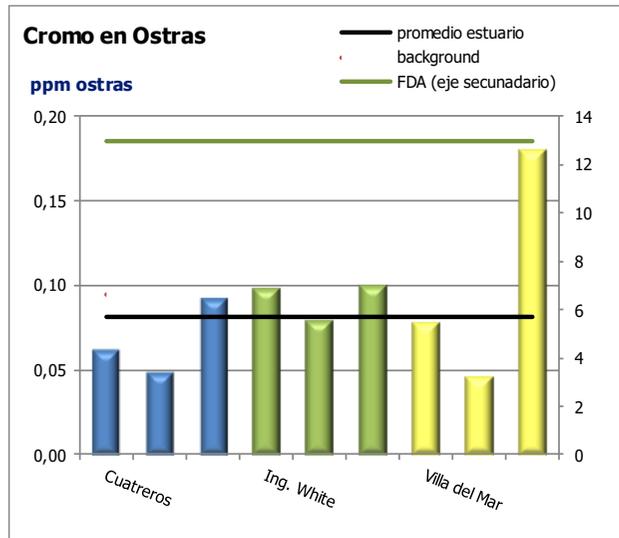
**Background:** promedio de mediciones de cada metal en cada matriz de Los Pocitos, considerado como lugar prístino.



### Gráficos de concentración de Cadmio

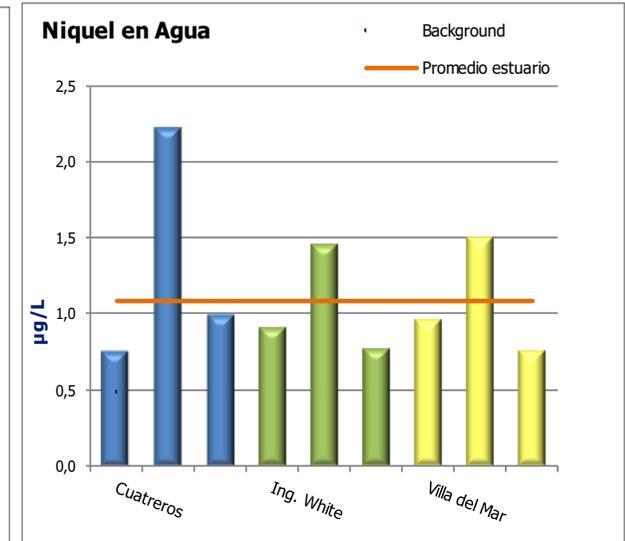
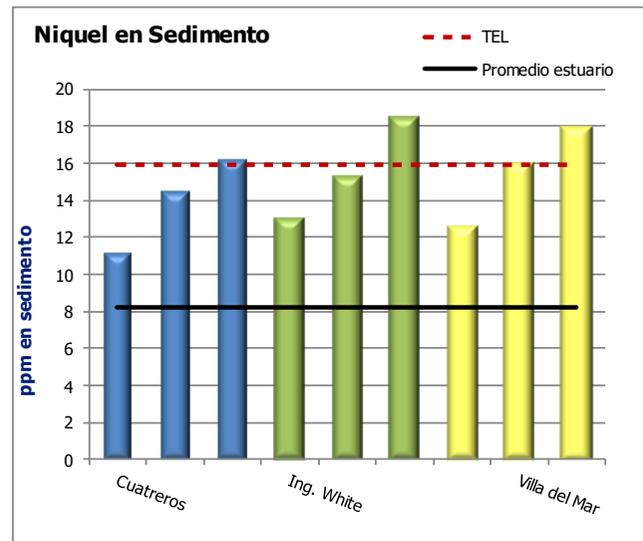
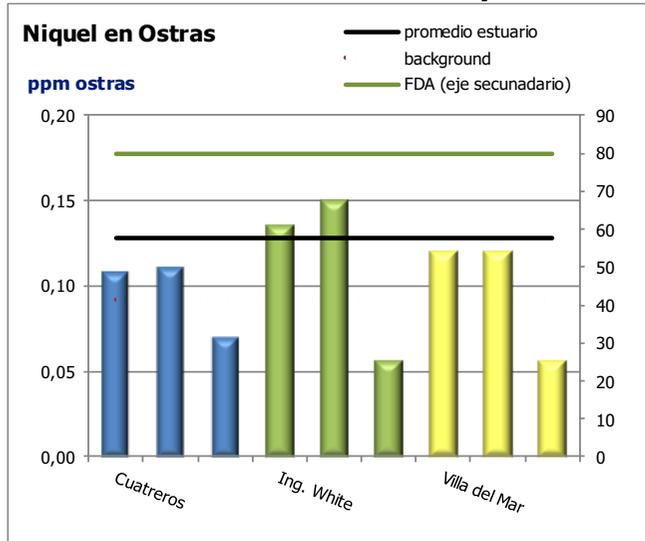


### Gráficos de concentración de Cromo

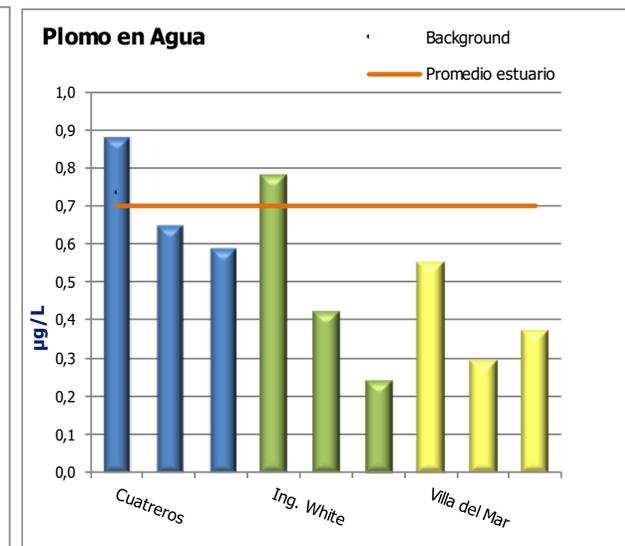
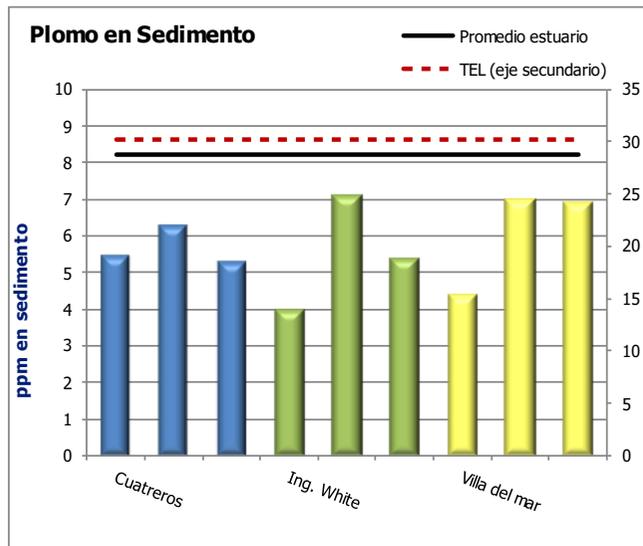
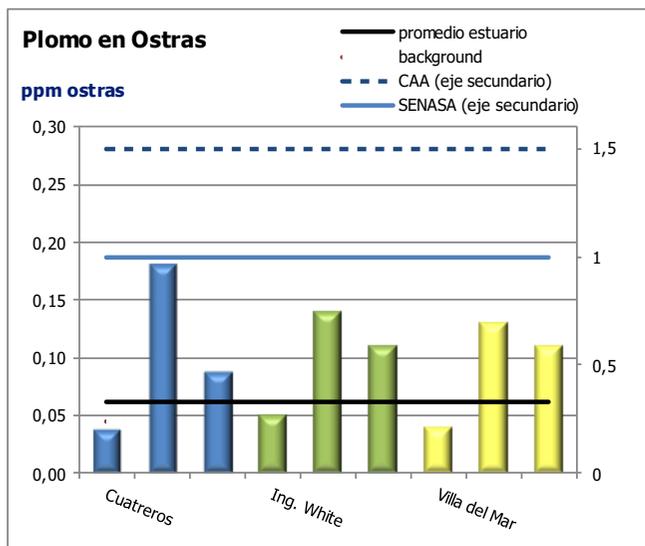




### Gráficos de concentración de Níquel

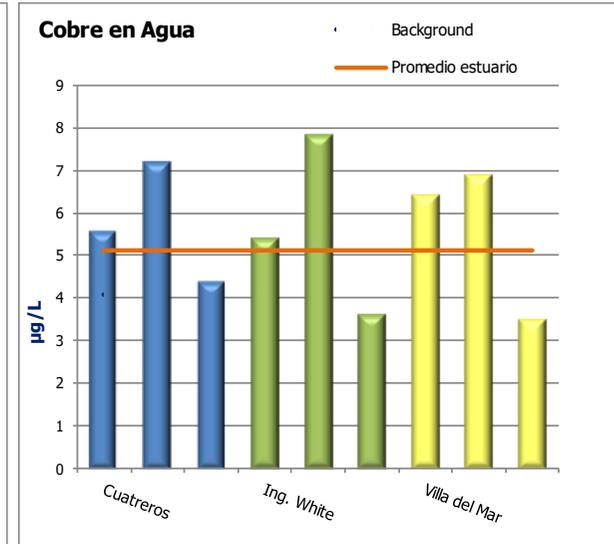
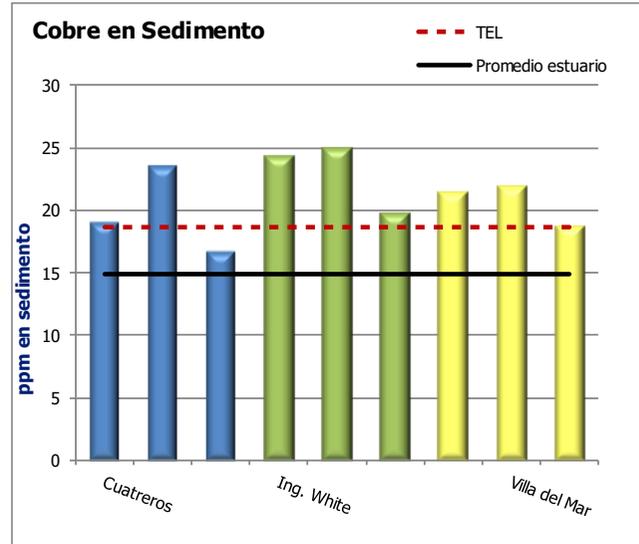
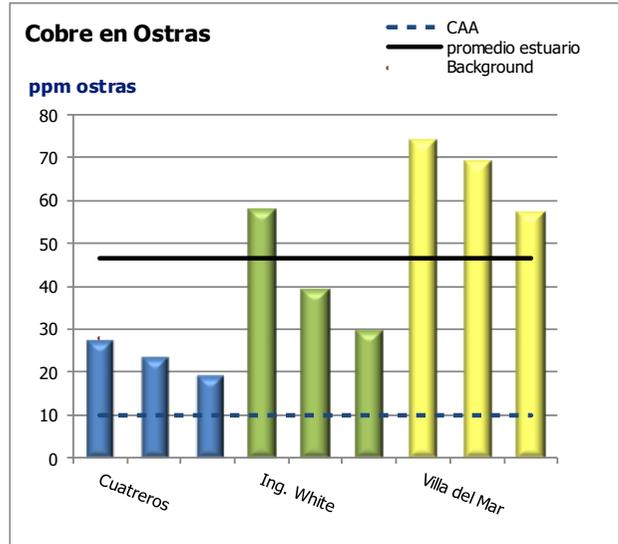


### Gráficos de concentración de Plomo

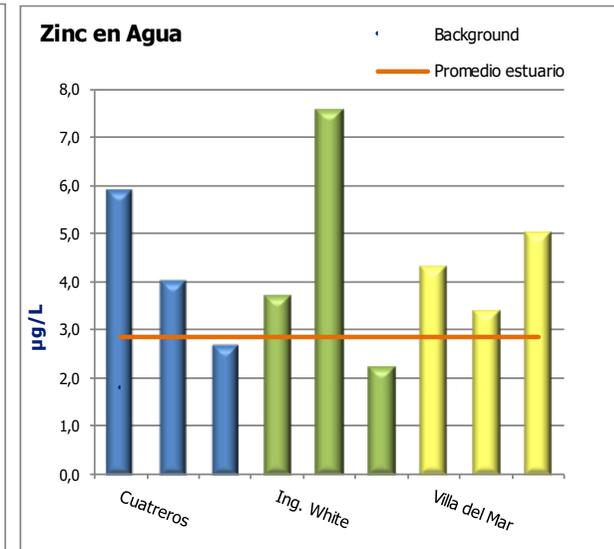
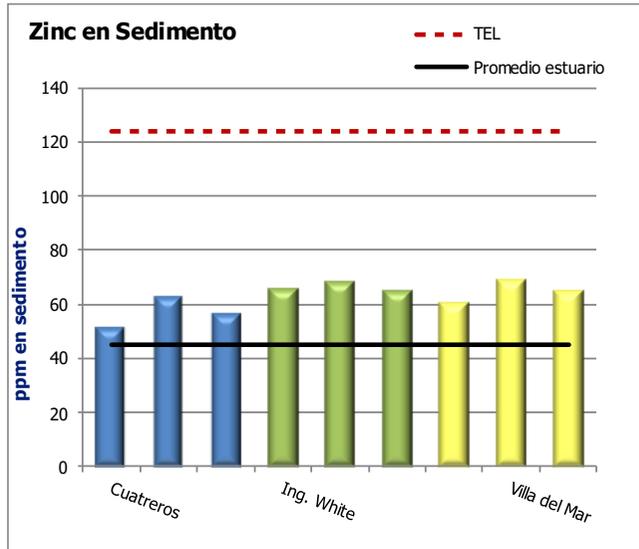
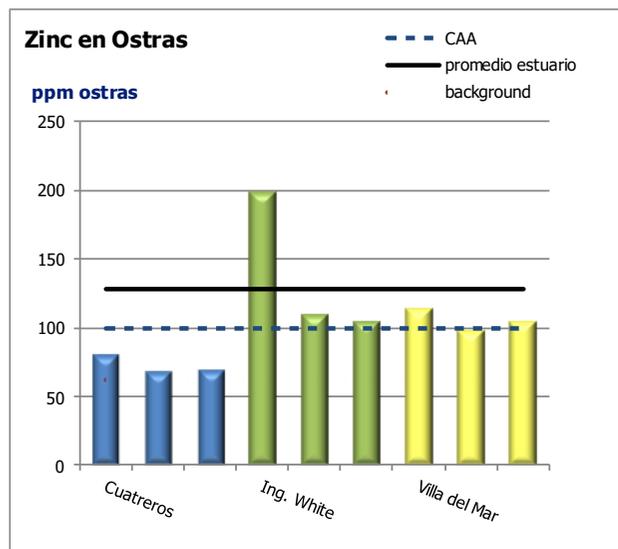




### Gráficos de concentración de Cobre

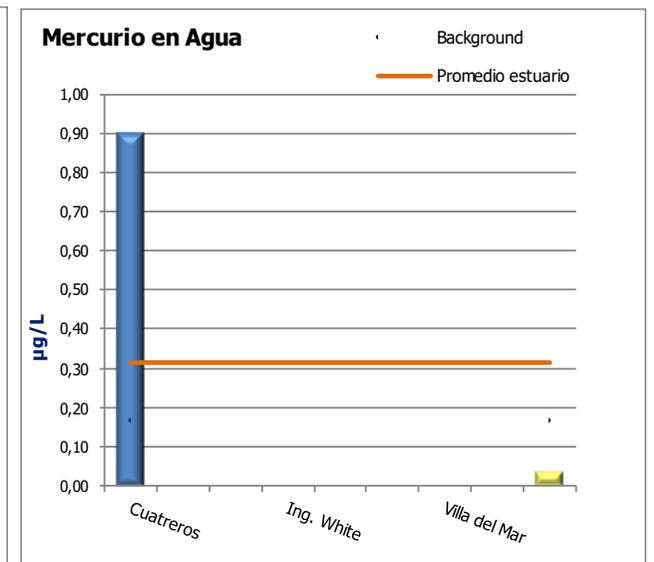
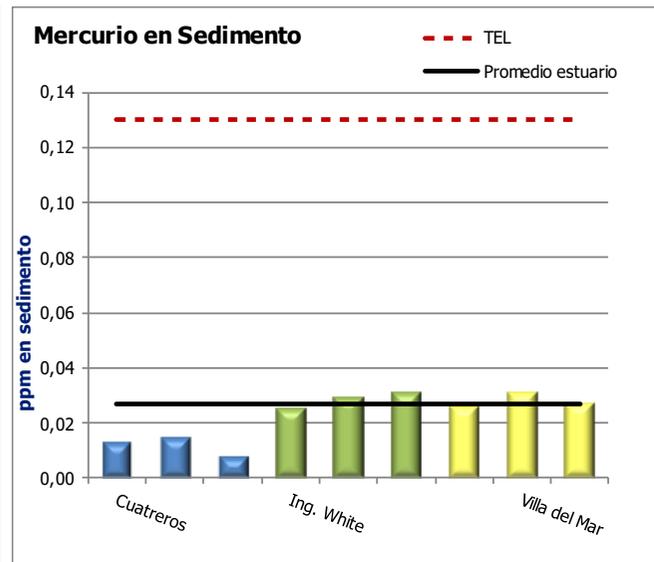
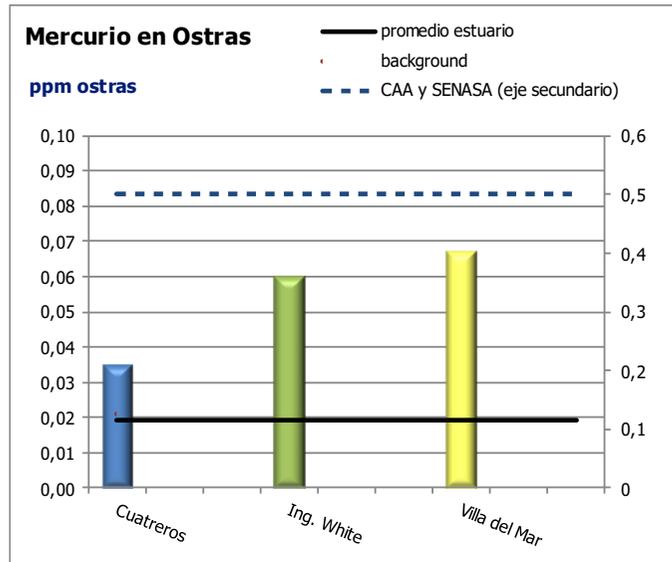


### Gráficos de concentración de Zinc





### 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	49,1	0,015	0,13	0,07	168	Promedio PIM 2013-2023
<i>Crassostrea gigas</i>	Cuatrerros. Estuario de Bahía Blanca	0,36	0,07	38,0	0,014	0,12	0,06	114	Promedio PIM 2013-2023
<i>Crassostrea gigas</i>	Villa del Mar. Estuario de Bahía Blanca	0,41	0,11	53,5	0,045	0,13	0,06	92	Promedio PIM 2013-2023
<i>Crassostrea gigas</i>	Los Pocitos. Bahía Anegada	0,46	0,09	28,0	0,021	0,09	0,04	62	Promedio PIM 2013-2023
<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>	Río Tamar (Australia)*	-	-	14,5-38,1	-	-	0-0,8	446-2984	Ayling (1974)
<i>Crassostrea gigas</i>	Knysna (Sudafrica)*	1,8	-	6,6	-	0,32	-	85	Watling y Watling (1976)
<i>Crassostrea gigas</i>	Isla Kyushu (Japón)*	3,92	-	1022	-	-	2,9	-	Szefer <i>et al.</i> (1997)
<i>Crassostrea gigas</i>	Costa Escocesa	0,32	0,5	13,8	-	0,823	0,12	231	McIntosh <i>et al.</i> (2002)
<i>Crassostrea angulata</i>	Estuario de Guadalquivir (España)*	-	-	595,8	-	-	-	1946	Cordon (1987)
<i>Crassostrea virginica</i>	Long Island Sound (EE.UU.)*	-	-	114-216	-	-	-	-	Zarogian (1979)
<i>Crassostrea virginica</i>	Bahía de St. Louis (EE.UU.)*	-	-	9,2-39,4	-	-	-	52-1026	Lytle y Lytle (1982)
<i>Crassostrea virginica</i>	Costa Atlántica (EE.UU.)	-	0,4	91,5	-	0,19	0,47	1428	Pringle <i>et al.</i> (1968)
<i>Crassostrea virginica</i>	Bahía Chesapeake (EE.UU.)	3,41	-	10,9-273	-	-	-	505-3033	Wright <i>et al.</i> (1985)
<i>Crassostrea virginica</i>	Veracruz (México)	7,32-11,77	20-33,6	202-280	-	7,62-14	21,42-11	157-3352	Lango-Reynoso <i>et al.</i> (2010), Ávila Perez <i>et al.</i> (1993), Anton (2002), Galaviz (2003) y Guzman (2005)
<i>Crassostrea virginica</i>	México*	0,82	-	65,2	-	-	1,76	126	Vázquez <i>et al.</i> (1993)
<i>Crassostrea margaritacea</i>	Costa sur de Suráfrica*	-	-	1-19,4	-	-	-	25-1303	Watling y Watling (1974)
<i>Crassostrea madrasensis</i>	Estuario Ennore (India)*	0,53	4,6	47,6	-	2,9	1,005	150,5	Joseph y Srivastava (1993)
<i>Crassostrea brasiliiana</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 brasiliiana</i>	Bahía Guanabara (Brasil)*	0,08	-	29,6	-	0,68	<0,26	260,6	Gomes <i>et al.</i> (1991)
<i>Crassostrea brasiliiana</i>	Estuario de Cananéia (Brasil)	11	-	2,6	0,02	-	0,08	393	Machado <i>et al.</i> (2002)
<i>Crassostrea iridescens</i>	El Salvador*	<0,24	3,16	124,4	-	2,12	<0,24	408	Michel y Zengel (1998)
<i>Crassostrea iridescens</i>	Mazatlan (México)*	3,6	-	20	-	1,7	-	402	Paez-Osuna y Marmolejo Rivas (1990)
<i>Crassostrea rhizophorea</i>	Estuario Río Cocó y Ceará (Brasil)*	1,07	0,35	3,7	-	-	-	236	Gonçalves <i>et al.</i> (2007)
<i>Saccostrea commercialis</i>	Puerto Jackson (Australia)	-	-	149-175	0,01-0,03	-	0,9-1,1	861-1176	Scanes y Roach (1999)
<i>Saccostrea commercialis</i>	Estuario Pittwater (Australia)	-	-	308	-	-	-	469	Birch y Hogg (2011)
Ostras	Promedio Mundial*	0,54	0,198	12,4	0,078	0,186	0,206	82	Cantillo (1998) NOAA (1997)
Ostras	Umbral de contaminación*	0,74	0,50	60	0,046	0,68	0,64	800	Cantillo (1998) NOAA (1997)

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

## ANEXO II: MONITOREO DE ARROYOS

**Tabla 1.** Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del canal Maldonado, durante el 2023 y los niveles de referencia.

Arroyo Maldonado	2023						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQiRTs)
	16/2/2023		31/5/2023		20/9/2023			
	fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	<b>8,8</b>	-	8,2	-	<b>8,9</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>	NE
Temperatura (°C)	20,2	-	15,5	-	14,7	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	1,27	-	1,84	-	1,77	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	n/a	-	n/a	-	24	-	<b>≤ 100</b>	NE
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DQO (mg/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DBO (mg/l)	< LD	-	< LD	-	n/a	-	<b>≤ 10</b>	NE
N <sub>tot</sub> (mg/l)	4,7	-	3,6	-	2,5	-	NE	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,33</b>	-	<b>0,22</b>	-	<b>0,26</b>	-	<b>≤ 0,025</b>	NE
HTP	n/a	-	n/a	-	n/a	-	<b>NE</b>	NE
BTEX	n/a	-	n/a	-	n/a	-	<b>NE</b>	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	0,122	< 0,002	0,146	< 0,002	0,19	<b>≤ 0,075</b>	<b>0,596</b>
Níquel (ppm)	< 0,002	4,9	< 0,002	4,9	< 0,0015	7,8	<b>≤ 0,05</b>	<b>18</b>
Zinc (ppm)	0,026	74,8	0,002	74,1	0,008	104	<b>≤ 7,5</b>	<b>123,1</b>
Plomo (ppm)	< 0,005	9,2	< 0,005	10,2	0,007	13,6	<b>≤ 0,025</b>	<b>35</b>
Cobre (ppm)	0,005	20,8	0,002	14,2	< 0,002	24,6	<b>≤ 5</b>	<b>35,7</b>
Cromo (ppm)	0,002	6,7	< 0,002	11	< 0,002	16,6	<b>≤ 0,125</b>	<b>37,3</b>
Mercurio (ppm)	< LD	0,018	< LD	0,013	< LD	0,021	<b>≤ 0,025</b>	<b>0,174</b>
	bacteriológico							
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	<b>2100</b>		<b>1000</b>		<b>6200</b>		<b>≤ 126 (*)</b>	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	167200		8200		92000		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 2.** Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Napostá, durante el 2023 y los niveles de referencia.

Arroyo Napostá	2023						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQiRTs)
	16/2/2023		31/5/2023		20/9/2023			
	fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,4	-	8,3	-	8,4	-	6,5 - 8,5	NE
Temperatura (°C)	18,6	-	13,2	-	12,6	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	0,53	-	1,86	-	2,17	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	n/a	-	n/a	-	10	-	≤ 100	NE
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	0,1	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DQO (mg/l)	3	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DBO (mg/l)	4,9	-	< LD	-	n/a	-	≤ 10	NE
N <sub>tot</sub> (mg/l)	1,2	-	3,6	-	3,9	-	NE	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,39</b>	-	<b>0,28</b>	-	<b>0,27</b>	-	≤ 0,025	NE
HTP	n/a	-	n/a	-	n/a	-	NE	NE
BTEX	n/a	-	n/a	-	n/a	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	0,144	< 0,002	0,2	< 0,002	0,26	≤ 0,075	<b>0,596</b>
Níquel (ppm)	< 0,002	7,5	< 0,002	10	< 0,0015	8,7	≤ 0,05	<b>18</b>
Zinc (ppm)	0,041	100,7	0,005	102,5	0,006	122	≤ 7,5	<b>123,1</b>
Plomo (ppm)	< 0,005	8,1	0,005	17,3	< 0,005	11,7	≤ 0,025	<b>35</b>
Cobre (ppm)	0,005	22,2	0,002	28,5	< 0,002	24,6	≤ 5	<b>35,7</b>
Cromo (ppm)	< 0,002	12,9	< 0,002	15,9	< 0,002	18,9	≤ 0,125	<b>37,3</b>
Mercurio (ppm)	< LD	0,019	< LD	0,017	< LD	0,025	≤ 0,025	<b>0,174</b>
	bacteriológico							
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	<b>400</b>		<b>3200</b>		<b>2900</b>		≤ 126 (*)	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	198800		8820		62400		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 3.** Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Sauce Chico, durante el 2023 y los niveles de referencia.

Arroyo Sauce Chico	2023						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQiRTs)
	16/2/2023		31/5/2023		20/9/2023			
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento		
	<b>fisicoquímico</b>							
pH (upH)	<b>8,7</b>	-	<b>8,6</b>	-	<b>8,8</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>	NE
Temperatura (°C)	18,8	-	10,8	-	12,1	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	2,27	-	1,14	-	1,28	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	n/a	-	n/a	-	13	-	<b>≤ 100</b>	NE
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DQO (mg/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DBO (mg/l)	< LD	-	< LD	-	n/a	-	<b>≤ 10</b>	NE
N <sub>tot</sub> (mg/l)	< LD	-	0,1	-	0,3	-	NE	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,17</b>	-	<b>0,18</b>	-	<b>0,13</b>	-	<b>≤ 0,025</b>	NE
HTP	n/a	-	n/a	-	n/a	-	<b>NE</b>	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	0,19	< 0,002	0,186	< 0,002	0,24	<b>≤ 0,075</b>	<b>0,596</b>
Níquel (ppm)	< 0,002	5,8	< 0,002	7,2	< 0,0015	7,9	<b>≤ 0,05</b>	<b>18</b>
Zinc (ppm)	0,002	21,9	0,002	32,1	0,012	31	<b>≤ 7,5</b>	<b>123,1</b>
Plomo (ppm)	< 0,005	1,9	< 0,005	9,7	0,006	1,1	<b>≤ 0,025</b>	<b>35</b>
Cobre (ppm)	0,002	7,3	< 0,002	10,4	< 0,002	10,3	<b>≤ 5</b>	<b>35,7</b>
Cromo (ppm)	< 0,002	8,3	< 0,002	17,3	< 0,002	15,7	<b>≤ 0,125</b>	<b>37,3</b>
Mercurio (ppm)	< LD	0,005	< LD	0,005	< LD	0,003	<b>≤ 0,025</b>	<b>0,174</b>
	<b>bacteriológico</b>							
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	<b>1500</b>		<b>1000</b>		<b>500</b>		<b>≤ 126 (*)</b>	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	15240		1630		13050		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 2023 y los niveles de referencia.

Arroyo Saladillo de García	2023						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	16/2/2023		31/5/2023		20/9/2023			
	fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,1	-	8,5	-	<b>8,8</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>	NE
Temperatura (°C)	17,8	-	11,5	-	9,2	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	30,8	-	3,6	-	3,5	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	n/a	-	n/a	-	<b>146</b>	-	<b>≤ 100</b>	NE
SS10' (ml/l)	0,1	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	0,2	-	0,1	-	0,1	-	NE	NE
DQO (mg/l)	67	-	17	-	25	-	NE	NE
DBO (mg/l)	0,5	-	< LD	-	7	-	<b>≤ 10</b>	NE
N <sub>tot</sub> (mg/l)	1,2	-	1	-	1,9	-	NE	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,47</b>	-	<b>0,48</b>	-	<b>0,57</b>	-	<b>≤ 0,025</b>	NE
HTP	n/a	-	n/a	-	n/a	-	<b>NE</b>	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	0,125	< 0,002	0,21	< 0,002	0,21	<b>≤ 0,075</b>	<b>0,596</b>
Níquel (ppm)	< 0,002	10,8	< 0,002	13,4	0,0031	13,7	<b>≤ 0,05</b>	<b>18</b>
Zinc (ppm)	0,002	46,2	0,005	70,6	0,012	79,6	<b>≤ 7,5</b>	<b>123,1</b>
Plomo (ppm)	< 0,005	3,7	< 0,005	5,8	< 0,002	7,9	<b>≤ 0,025</b>	<b>35</b>
Cobre (ppm)	0,003	21,1	< 0,002	28,5	0,006	32,2	<b>≤ 5</b>	<b>35,7</b>
Cromo (ppm)	< 0,002	14,1	< 0,002	25,5	< 0,002	24,3	<b>≤ 0,125</b>	<b>37,3</b>
Mercurio (ppm)	< LD	0,032	< LD	0,04	0,025	0,033	<b>≤ 0,025</b>	<b>0,174</b>
	bacteriológico							
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	<b>2700</b>		<b>6000</b>		<b>10700</b>		<b>≤ 126 (*)</b>	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	220800		44000		448000		NE	

n/a: no analizado

NE: no especificado

LD: Límite de detección

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

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

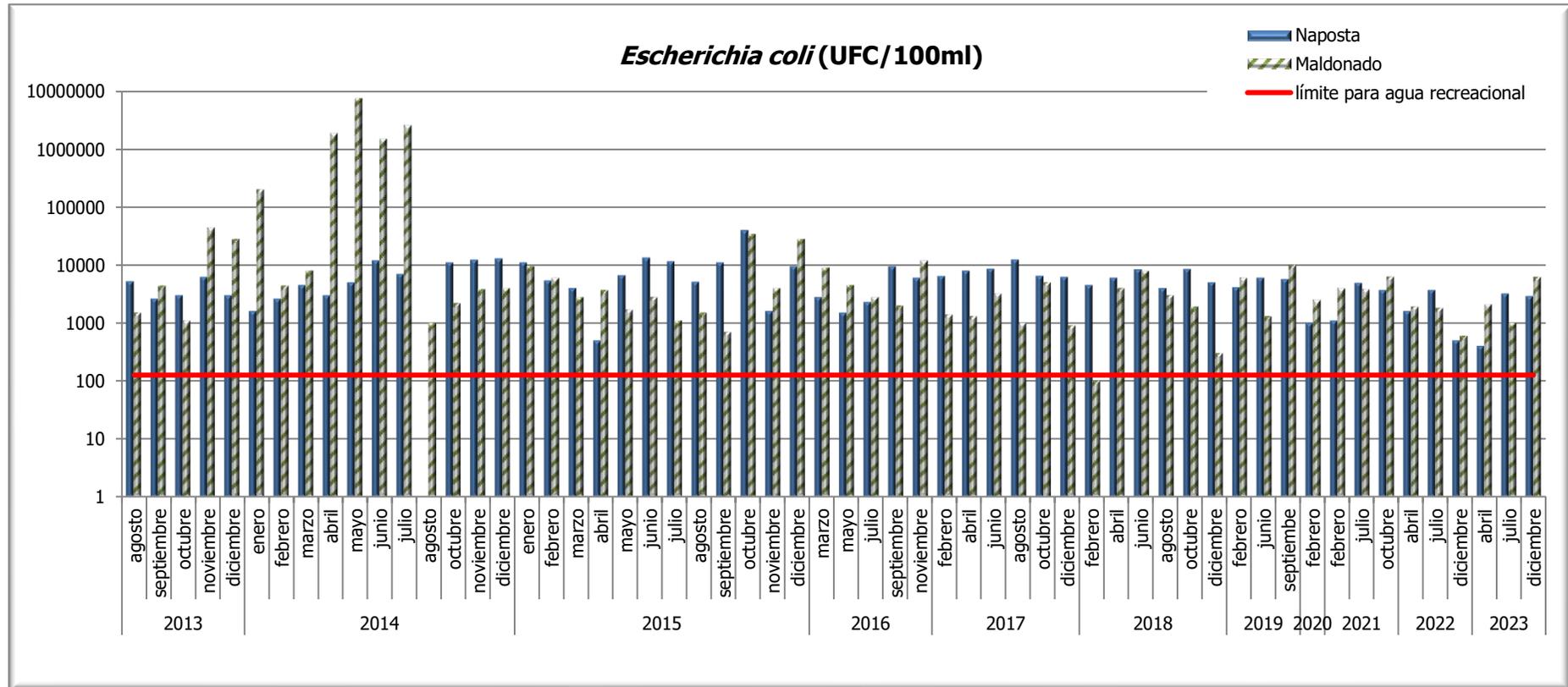
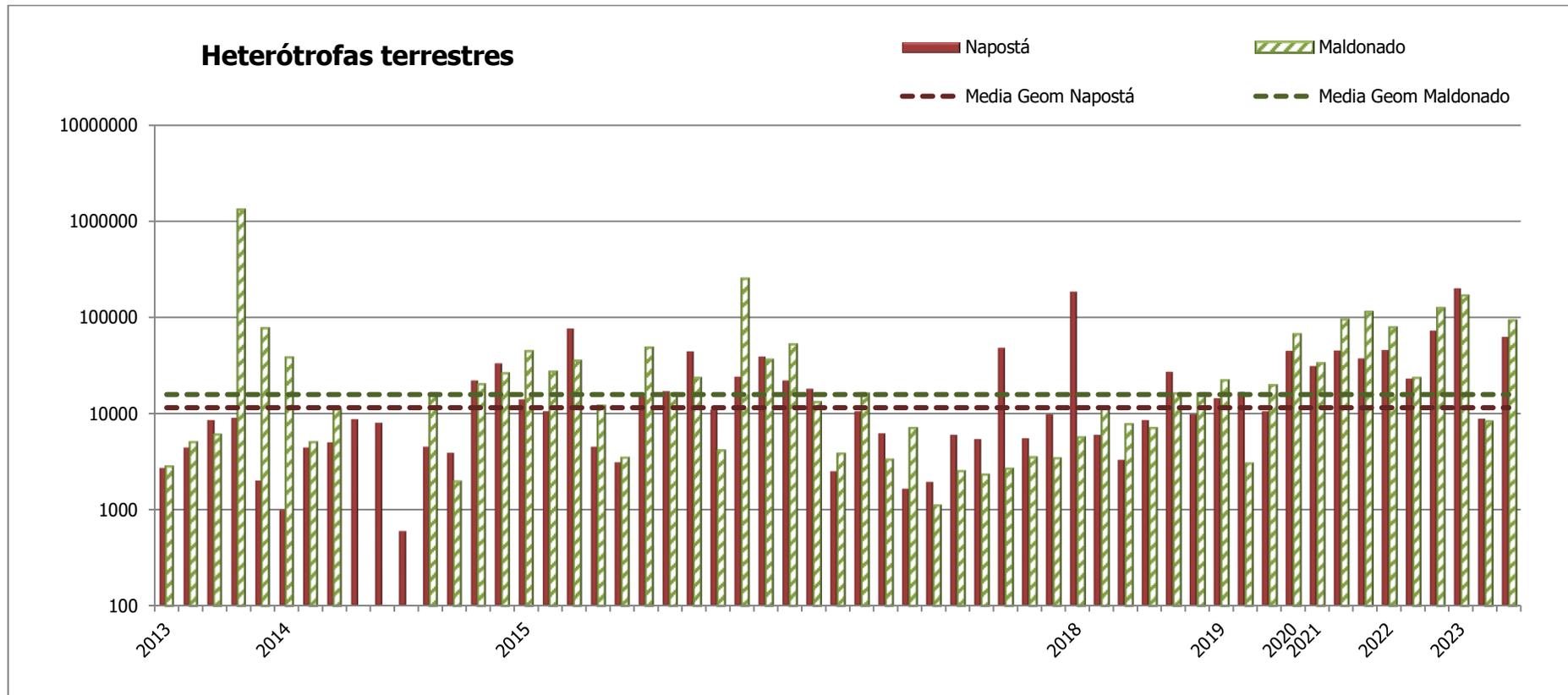


Gráfico 2: Histórico de *heterótrofas terrestres* en el arroyo Napostá Grande y canal Maldonado



**ANEXO III: MONITOREO DE LA DESCARGA CLOACAL 3<sup>RA</sup> CUENCA**

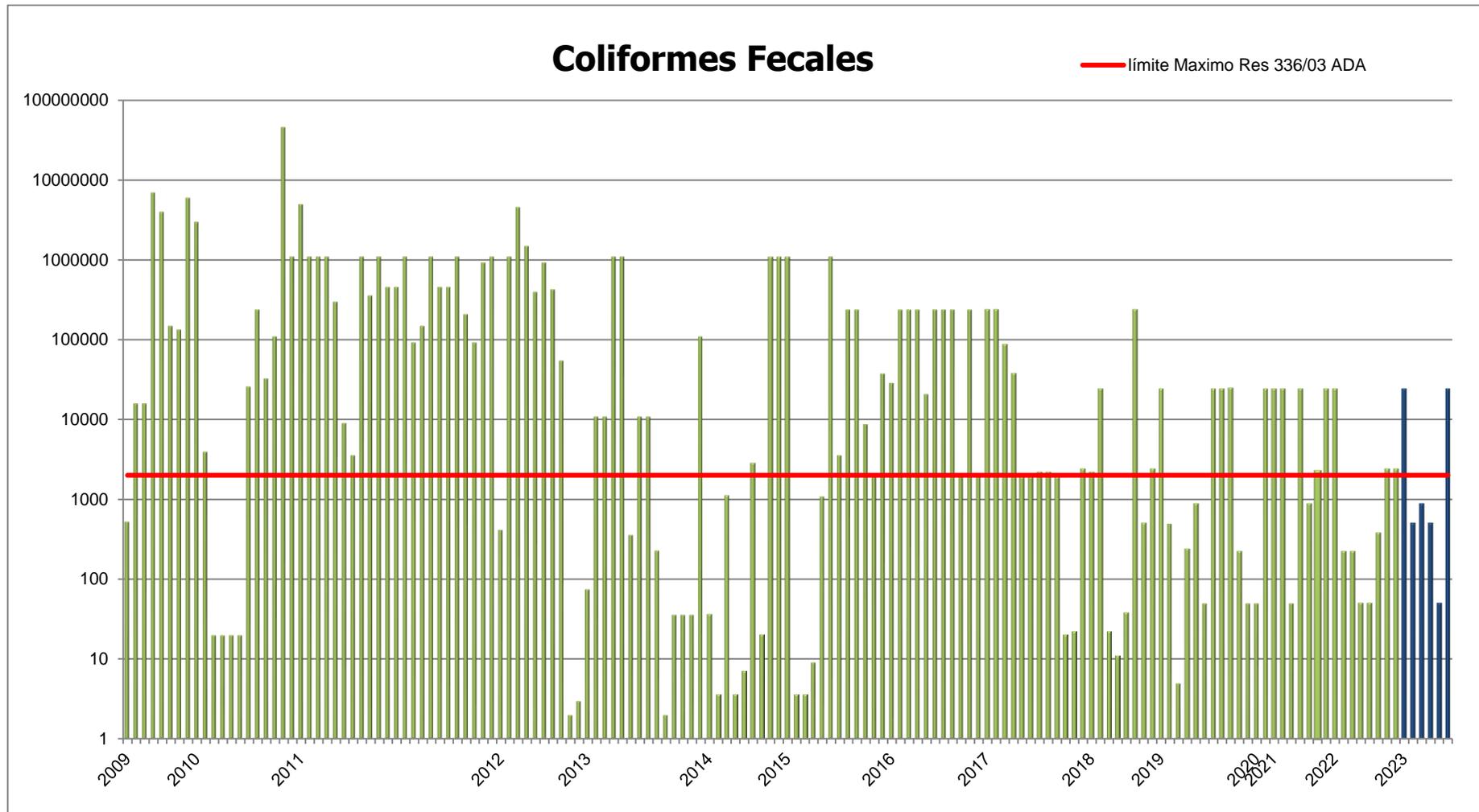
**Tabla 1:** Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la 3<sup>ra</sup> Cuenca, durante 2023.

3ra Cuenca	2023						Límite Res. 336/03
	17-ene	29-mar	31-may	6-jul	20-sep	11-dic	
<b>Fisicoquímico</b>							
pH (upH)	7,2	7,5	7,6	7,76	7,8	7,8	6,5 - 10,0
Temperatura (°C)	23,9	22	17,3	17,2	16,5	23,2	≤ 45
Conductividad (mS/cm)	1,88	1,57	1,77	1,84	1,84	2,07	NE
Turbidez (NTU)	53,8	62	n/a	n/a	14	n/a	NE
SS10' (ml/l)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	ausente
SS120' (ml/l)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	≤ 0,1
Cloro residual (mg/l)	0,06	0,06	n/a	0,18	0,32	< LD	≤ 0,5
DQO (mg/l)	31	4	38	32	28	15	≤ 250
DBO (mg/l)	21	10,4	4,5	7	12	n/a	≤ 50
N <sub>tot</sub> (mg/l)	25,8	19,8	< LD	28,3	32	13,8	≤ 35
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>2,9</b>	<b>3,4</b>	<b>3,2</b>	<b>2,7</b>	<b>2,4</b>	<b>1,8</b>	≤ 1,0
HTP (mg/l)	n/a	n/a	n/a	< 0,1	n/a	n/a	≤ 30
Cadmio (mg/l)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 0,1
Niquel (mg/l)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,0018	< 0,002	≤ 2,0
Zinc (mg/l)	0,018	0,023	0,007	0,008	0,01	0,022	≤ 2,0
Plomo (mg/l)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤ 0,1
Cobre (mg/l)	0,00300	0,003	< 0,002	0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 1,0
Cromo (mg/l)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 2,0
Mercurio (mg/l)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,0003	≤ 0,005
<b>Bacteriológico</b>							
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml)	29300	1400	61300	600	3600	97600	NE
Coliformes fecales (NMP/100ml)	<b>&gt; 24000</b>	500	880	500	< 200	<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

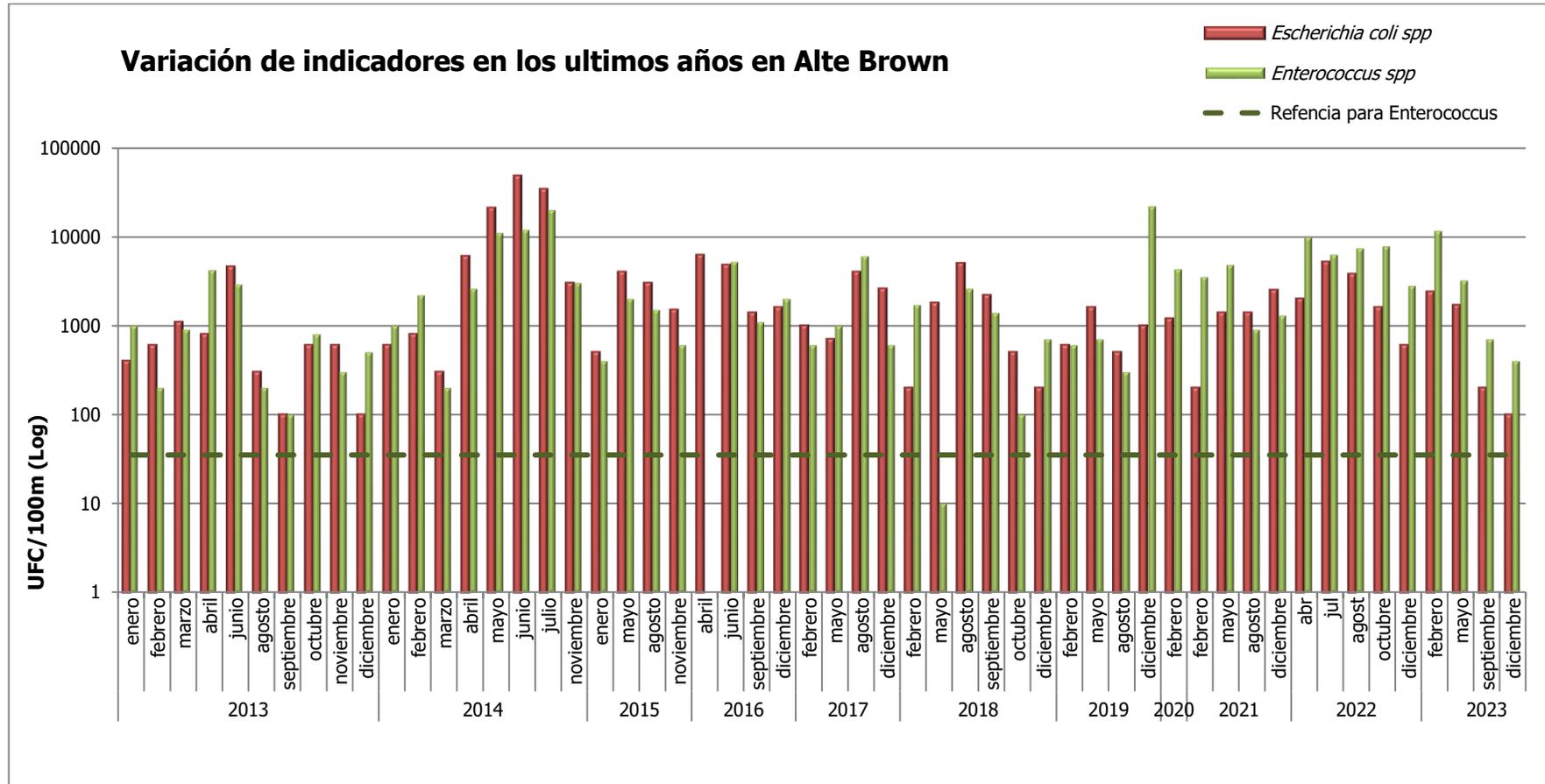
**Tabla 1:** Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la zona del ex club Almirante Brown, durante 2023.

Alte Brown	2023									
	16-feb		13-abr		31-may		20-sep		11-dic	
Fisicoquímico	Fisicoquímico									
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	7,8	-	8,0	-	8,0	-	8,25	-	8,3	-
Temperatura (°C)	19,1	-	11,7	-	14,1	-	13	-	n/a	-
Conductividad (mS/cm)	66,7	-	51,3	-	58	-	59,2	-	70	-
Turbidez (NTU)	saturado	-	280	-	n/a	-	n/a	-	n/a	-
DQO (mg/l)	314	-	n/a	-	360	-	n/a	-	n/a	-
DBO (mg/l)	< LD	-	n/a	-	< LD	-	n/a	-	n/a	-
N <sub>tot</sub> (mg/l)	< LD	-	n/a	-	< LD	-	< LD	-	1,6	-
P <sub>tot</sub> (mg/l)	0,23	-	n/a	-	0,8	-	0,04	-	< LD	-
Cadmio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,061	0,257	0,050	0,24	0,051	0,276	0,091	0,22	0,097	0,19
Niquel en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,710	8,2	0,83	12	0,97	12,8	1,35	14	2	16,6
Zinc en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	4,10	52,8	7,10	58,0	14,80	95,0	4,4	84,6	6,9	60,5
Plomo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,82	9,7	0,35	4,5	0,36	12,8	0,35	18,9	1,97	7,1
Cobre en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	2,80	14,2	4,2	16,1	3,9	22	7,01	33,2	5,1	17,1
Cromo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,34	16,4	0,38	20,4	0,22	24,3	1,29	27,1	1,78	23,8
Mercurio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	< LD	0,023	< LD	0,018	< LD	0,017	< LD	0,063	0,0002	n/a
	Bacteriológico									
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml o g peso seco)	2400	45	n/a	n/a	1700	184	200	62	100	150
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml o g peso seco)	<b>11600</b>	75	n/a	n/a	<b>3200</b>	41	<b>700</b>	31	<b>400</b>	344
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	10200	-	n/a	-	4100	-	1025	-	3010	-
Heterótrofas marinas (UFC/ml)	125800	-	n/a	-	8600	-	4775	-	27650	-

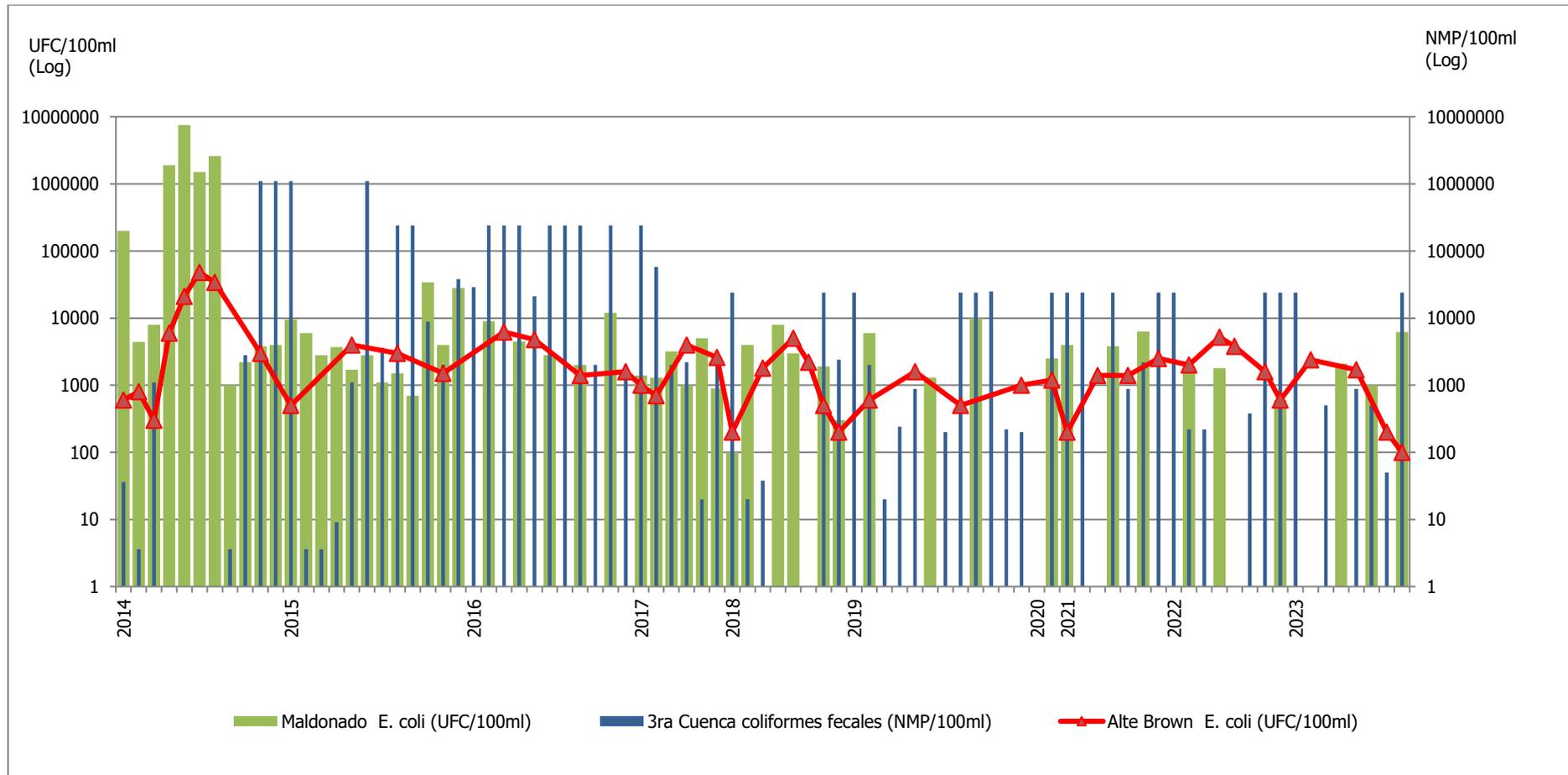
n/a: no analizado

LD: Límite de detección

**Gráfico 2:** Histórico de indicadores bacterianos en Almirante Brown.



**Gráfico 3:** Histórico de indicadores bacterianos comparativo entre canal Maldonado, 3<sup>ra</sup> 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 2023.

1ra Cuenca	2023						Límite Ley 11820
	16-feb	26-abr	6-jul	29-ago	31-oct	11-dic	
<b>Fisicoquímico</b>							
pH (upH)	7,8	7,7	8,5	7,9	8,2	7,7	6,5 - 10,0
Temperatura (°C)	21,2	21,9	19,1	17,7	18,9	23,9	≤ 45
Conductividad (mS/cm)	2,05	1,54	1,47	1,6	1,79	1,73	NE
Turbidez (NTU)	24,8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	NE
SS10' (ml/l)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	ausente
SS120' (ml/l)	< LD	< LD	0,5	< LD	0,5	0,1	≤ 0,1
Cloro residual (mg/l)	n/a	n/a	0,16	0,14	0,14	0,48	NE
DQO (mg/l)	24	32	34	75	54	50	≤ 250
DBO (mg/l)	20	< LD	<LD	< LD	8	14,2	≤ 50
N <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>21,8</b>	4,6	<b>14,4</b>	<b>25,2</b>	<b>22,2</b>	<b>20,6</b>	≤ 10 *
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>2,1</b>	<b>2,7</b>	<b>1,8</b>	<b>2,3</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	≤ 1,0 *
HTP (mg/l)	n/a	n/a	< 0,1	n/a	n/a	n/a	≤ 30
Cadmio (mg/l)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 0,1
Níquel (mg/l)	< 0,002	0,002	< 0,002	0,0019	0,0016	< 0,002	≤ 2,0
Zinc (mg/l)	0,011	0,015	0,015	0,016	0,0079	0,007	≤ 2,0
Plomo (mg/l)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤ 0,1
Cobre (mg/l)	0,0030	0,007	0,003	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 1,0
Cromo (mg/l)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 2,0
Mercurio (mg/l)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,0003	≤ 0,005
<b>Bacteriológico</b>							
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml)	23500	73200	1200	45600	19200	ausencia	NE
Coliformes fecales (NMP/100ml)	<b>&gt; 24000</b>	<b>&gt; 24000</b>	1500	1500	200	< 200	≤ 5000

n/a: no analizado

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

NE: no especificado

LD: Límite de detección