



**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 2024 a diciembre de 2024

## 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.....
2.	Bioindicadores Costeros: Ostras.....
<b>MONITOREOS DE APORTES NO INDUSTRIALES</b>	
1.	Monitoreo de Arroyos.....
2.	Monitoreo de la Descarga Cloacal 3 <sup>ra</sup> Cuenca.....
3.	Evaluación del Impacto Bacteriológico de la Descarga Cloacal de la 3 <sup>ra</sup> Cuenca en la Zona Interna del Estuario .....
4.	Monitoreo de la Descarga Cloacal 1 <sup>ra</sup> Cuenca.....
ANEXO .....	67



## 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.

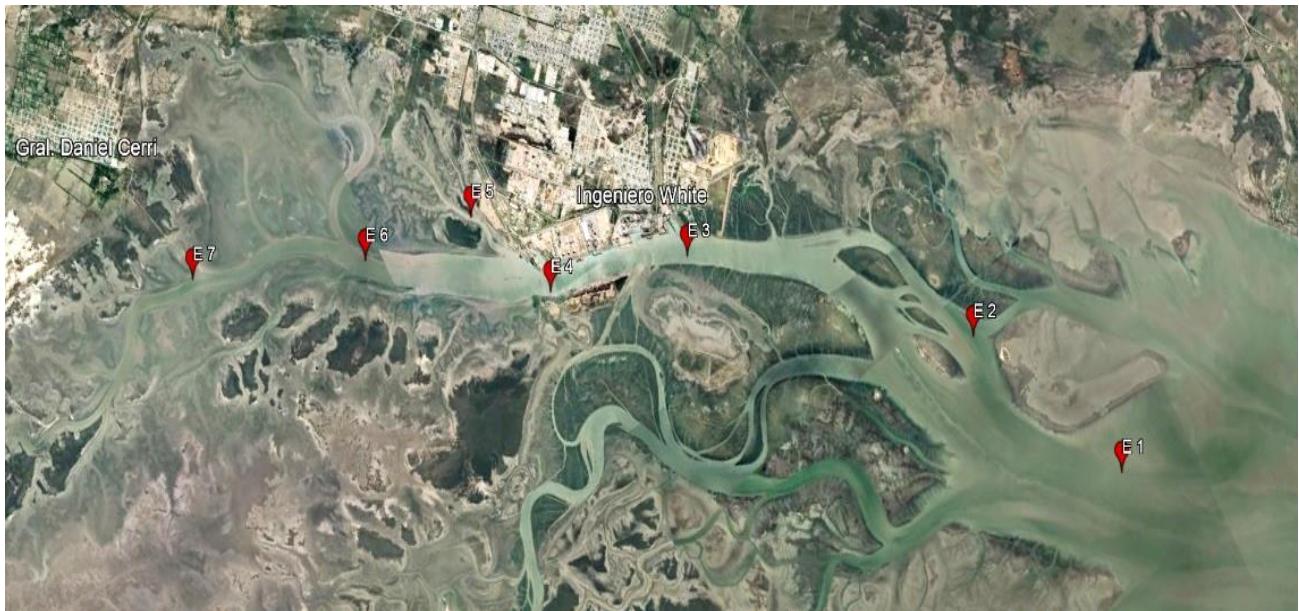
**Laboratorio de Química Analítica Ambiental, Departamento de Química-UNS:** para la determinación de nutrientes inorgánicos disueltos (nitrato, nitrito, amonio, fosfato y silicatos) en agua de mar.

**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

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



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 julio y noviembre.

## 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 disueltos: 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>) y pigmentos: clorofila-a y feopigmentos.

### 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 (invierno y final primavera). Las temperaturas oscilaron entre los 7,6 y 21,4°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 2024, se observa en el gráfico 1 del ANEXO I- Monitoreo del Estuario página 68.

#### 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 2024 variaron entre 8,2 y 8,4 upH, con un promedio anual de 8,3 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 2024, se observa en el gráfico 2 del ANEXO I- Monitoreo del Estuario página 69. 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

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

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 13 a 102 NTU, siendo el promedio histórico de 83,9 NTU.

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 refulido por efecto de tormentas, el dragado, la descarga de efluentes o aguas continentales, así como alteraciones en la circulación de las aguas. Como ha pasado en otras oportunidades, la estación que mostró mayor variación de turbidez es E2, cercana a la descarga de la cloaca para la 1<sup>ra</sup> cuenca.

Los valores del 2024 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 58,6 a 64 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 7,9 a 8,4 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 2024 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 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 oscuridad. Al desembarcar, fueron derivadas al laboratorio de Química Analítica Ambiental de la UNS donde fueron procesadas y analizadas. 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 1 de julio y la segunda el 19 de noviembre de 2024. En la Tabla 1a y 1b se presentan los resultados obtenidos como promedio de tres réplicas. Las réplicas no difieren en ningún caso en más del 2,5%.

Tabla 1a) concentración promedio (n=3) obtenidas para el muestreo de julio de 2024

julio-2024					
Estación de Monitoreo	Nitrato (µM)	Nitrito (µM)	Amonio (µM)	Fosfato (µM)	Silicatos (µM)
<b>E1</b>	9,39	0,34	4,21	2,01	32,81
<b>E2</b>	11,97	0,25	6,79	2,29	33,06
<b>E3</b>	9,82	0,25	6,75	1,66	36,03
<b>E4</b>	12,47	0,33	8,64	8,12	52,86
<b>E5</b>	16,92	1,16	4,79	2,59	74,14
<b>E6</b>	18,1	0,48	5,68	2,25	79,63
<b>E7</b>	12,12	0,22	3,86	1,38	38,22

Tabla 1b) concentración promedio (n=3) obtenidas para el muestreo de noviembre de 2024

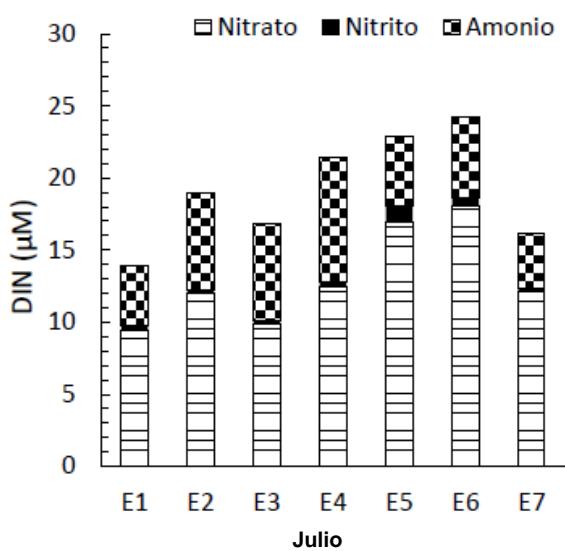
noviembre-2024					
Estación de Monitoreo	Nitrato (µM)	Nitrito (µM)	Amonio (µM)	Fosfato (µM)	Silicatos (µM)
<b>E1</b>	10,12	0,05	2,89	1,02	52,2
<b>E2</b>	10,66	0,09	4,2	1,11	35,27
<b>E3</b>	8,94	0,11	5,5	0,98	38,74
<b>E4</b>	10,68	0,28	5,84	2,5	49,96
<b>E5</b>	12,47	0,3	5,01	1,89	70,52

<b>E6</b>	12,51	0,18	3,29	1,23	78,12
<b>E7</b>	10,88	0,06	3,66	1,05	40,87

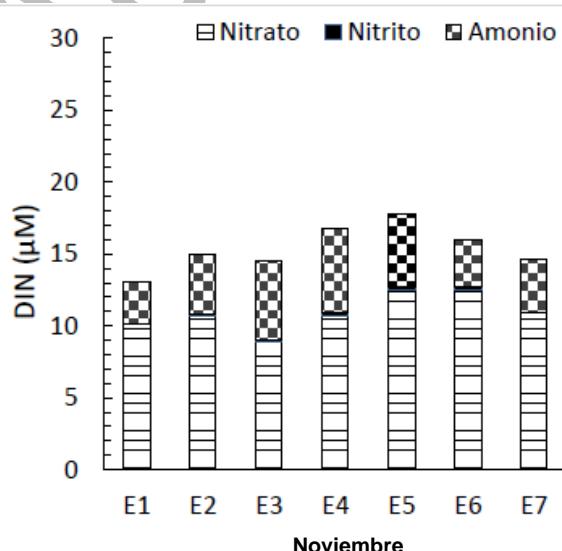
Para el análisis de la biodisponibilidad de nutrientes inorgánicos se suele analizar nitrógeno como la suma las especies Nitrato, Nitrito y Amonio, denominándose DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen). Se continúa observando, como tendencia que, los menores DIN están en E1 y E7.

En este monitoreo, el nitrato es la especie mayoritaria en todos los casos representando alrededor del 70% del DIN. En todos los sitios, las concentraciones detectadas en el muestreo de invierno (Fig. 1A) son levemente mayores que en primavera (Fig. 1B), aunque inferiores a las del año pasado. Siendo principalmente el amonio la especie que marca dicha diferencia, destacándose el máximo en E4. La concentración de nitrito presenta valores bajos, de  $0,43 \pm 0,33$  en el primer muestreo y  $0,15 \pm 0,10$  en el segundo, estos resultados son consistentes con un ambiente con buena oxigenación.

**Fig. 1 a)**



**Fig. 1 b)**



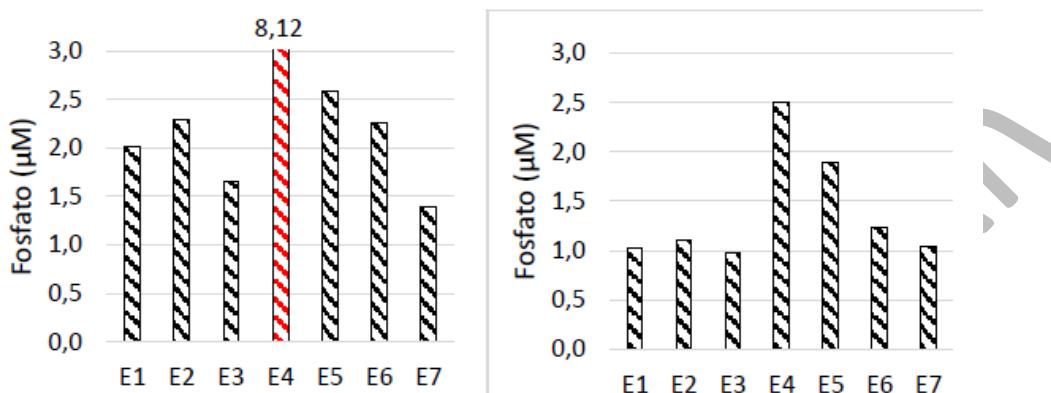
**Fig. 1:** concentración de nitrato, nitrito y amonio obtenidas para los 7 sitios de muestreo en a) julio y b) noviembre. El valor total de las barras apiladas representa el Nitrógeno Inorgánico Disuelto (DIN) que es la sumatoria de la concentración de las especies de nitrógeno.

Por otro lado, la concentración de fosfato fue superior en julio en todos los sitios, destacándose un pico en E4 (Fig. 2a).

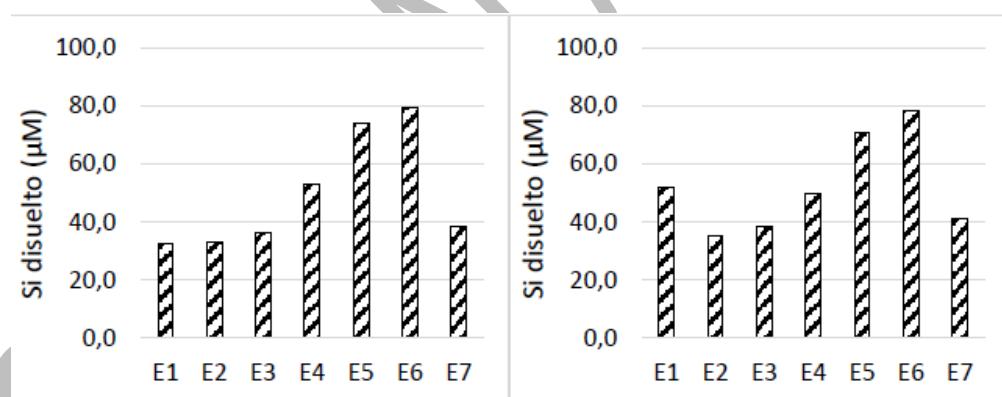
Por su parte la concentración de silicatos disueltos presenta valores intermedios, en el rango de concentraciones históricas. La distribución de concentraciones a lo largo del estuario entre

estaciones de muestreo fue similar entre ambos muestreos (Fig. 2B). 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 fitoplanctónicos en el estuario.

**Fig. 2 a)** Fosfatos



**Fig. 2 b)** Silicatos



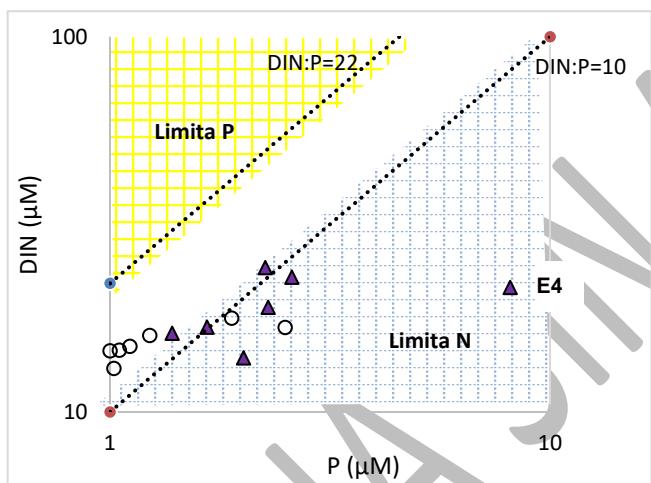
**Fig. 2:** concentración de a) fosfato y b) silicatos disueltos en los 7 sitios de muestreo en julio y noviembre de 2024 expresados en  $\mu\text{M}$ . El valor de las barras indica el desvío estándar de las réplicas.

En el ambiente acuático, el fósforo disuelto ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) es consumido durante el crecimiento del fitoplancton y luego es regenerado durante la descomposición de la materia orgánica. La relación entre la disponibilidad de  $\text{PO}_4^{3-}$  y de las especies de nitrógeno (DIN) es evaluada habitualmente para establecer potenciales riesgos de eutrofificación. 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 eutrofificación.

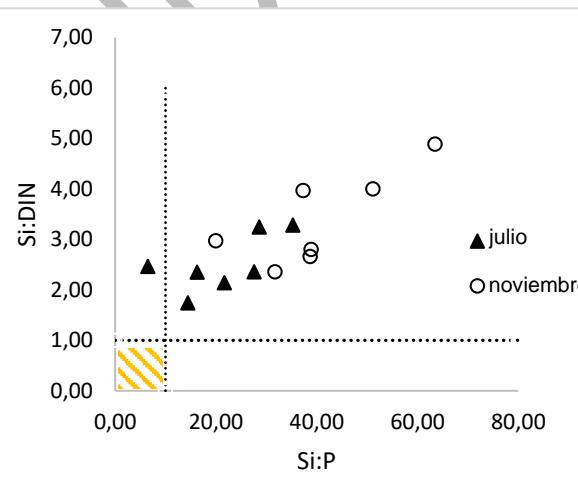
Por otra parte, una potencial limitación por N se considera si  $\text{DIN:P} < 10$  y  $\text{Si:DIN} > 1$ , mientras que en caso que  $\text{Si:P} > 20$  y  $\text{DIN:P} > 22$  se asume una potencial limitación por P. Puede observarse que ninguna muestra presenta limitación de P (Fig. 3a) y únicamente en la muestra de E4 de julio, presenta un desbalance muy marcado en la relación debido a que la concentración de P es puntualmente elevada, así como también es puntualmente elevada la concentración de  $\text{NH}_4^+$  en el mismo sitio.

Analizando todos los resultados obtenidos, puede considerarse que no se detecta deficiencia de silicato disuelto dado que la mayoría las muestras presentan valores de las relaciones  $\text{Si:P} > 10$  y  $\text{Si:DIN} > 1$  (Fig. 3b).

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



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



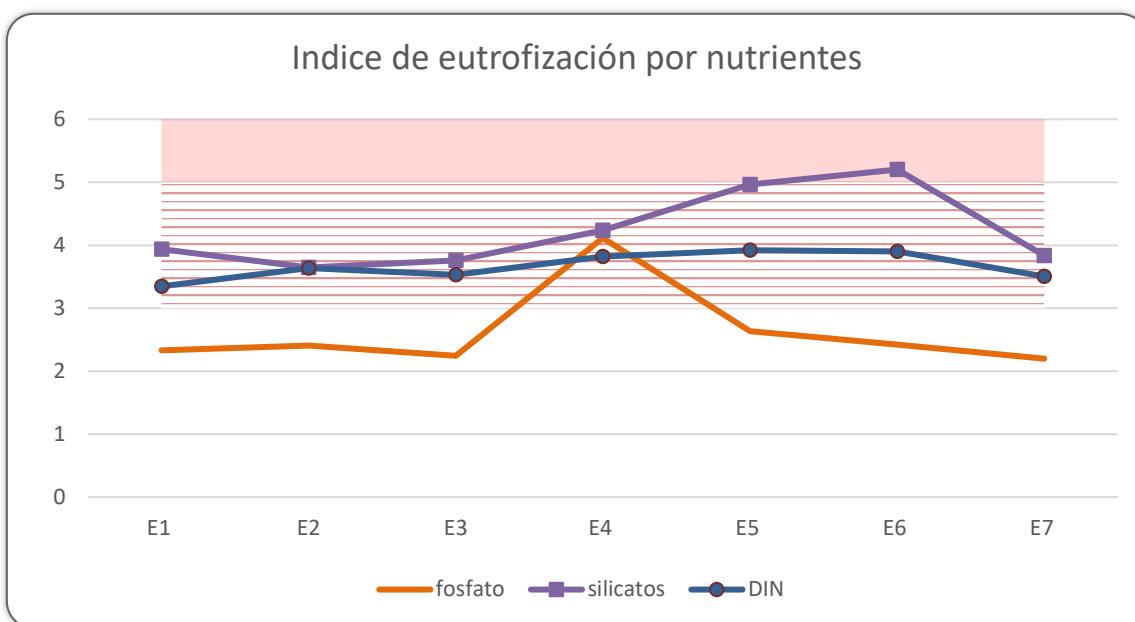
**Fig. 3:** Relación de nutrientes indicativa de limitación del crecimiento del fitoplancton a) relación sin limitación de N:P entre líneas, por encima trama amarilla indica limitación en fósforo y por debajo trama azul indica limitación en N. b) La zona coloreada es la región de relaciones de concentraciones que sugieren limitación de silicatos.

Existe un índice propuesto por Karydis (1982). asociado a la eutrofización por nutrientes en medio marino, que se utiliza para determinar en forma objetiva la sensibilidad y el estrés que la variación de concentración de cada nutriente afecte el sistema. Los valores obtenidos (TI) clasifican un sitio según su estado trófico en

- $\text{TI} < 3$  oligotrófico (bajos niveles de nutrientes y baja productividad),
- $\text{TI}$  entre 3 y 5 mesotrófico (niveles moderados de nutrientes y productividad),

- $TI > 5$  eutrófico (elevados niveles de nutrientes y alta productividad).

Los valores del índice, obtenidos para cada nutriente durante 2024 se observan en el gráfico de la Fig. 4. Los mismos muestran niveles moderados sostenidos para silicatos y nutrientes nitrogenados mientras que para fosfatos los valores son mayormente bajos.



**Fig. 4:** Índice trófico de Karydis (1983) calculado para los 7 sitios durante 2024. La zona de trama naranja corresponde a niveles moderados de nutrientes y productividad, una clasificación mesotrófica.

En el sitio E4 frente a puerto Galván, se observa un abrupto incremento del índice en cuanto al fosfato, diferenciándolo de los demás sitios de muestreo.

Las relaciones estequiométricas 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 desde fuentes continentales. 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 70) 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* representa la actividad de los organismos fotosintéticos, por lo tanto, se usa como indicador de biomasa fitoplactónica y sirve para clasificar el estado trófico de un ambiente. Mientras que los feopigmentos son productos de degradación relacionada con la senescencia del fitoplancton.

Por otro lado, 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 2:** concentración promedio (n=3) de pigmentos y valores de los índices obtenidos

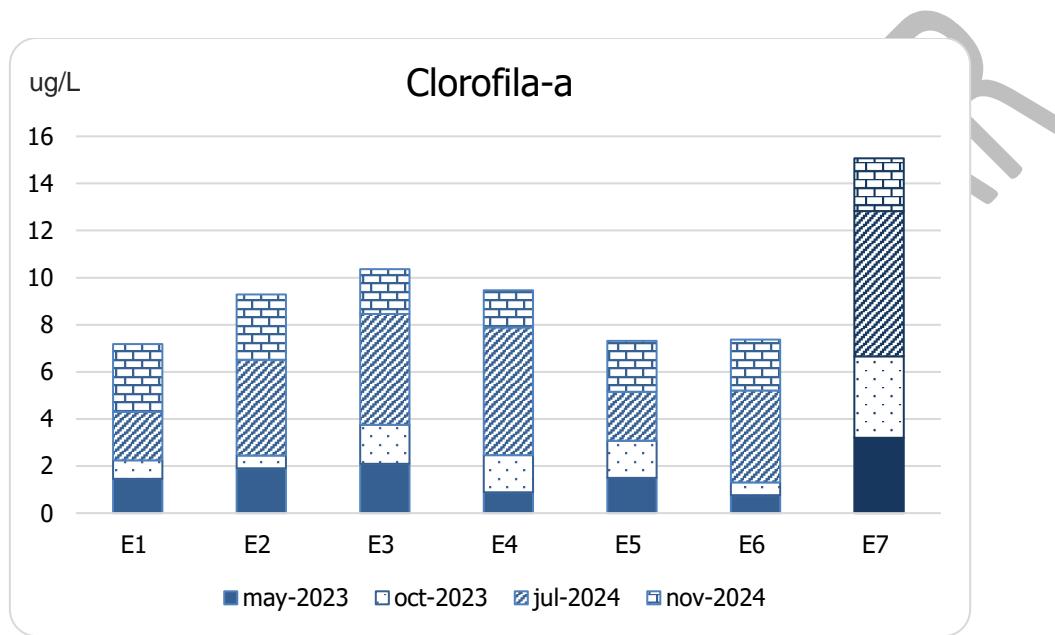
**Tabla 2a)** muestreo de julio de 2024

Julio 2024				
Estación de Monitoreo	Clorofila- <i>a</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Feopigmentos ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Índice de Actividad Biológica (BIX)	Índice de Humificación (HIX)
<b>E1</b>	2,047	0,274	0,71	1,8
<b>E2</b>	4,058	0,489	0,68	1,28
<b>E3</b>	4,699	0,681	0,73	1,14
<b>E4</b>	5,42	1,402	0,86	1,07
<b>E5</b>	2,083	2,683	0,9	0,51
<b>E6</b>	3,898	0,999	0,78	0,85
<b>E7</b>	6,168	2,00	0,84	1,15

**Tabla 2b)** muestreo de noviembre de 2024

noviembre 2024				
Estación de Monitoreo	Clorofila- <i>a</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Feopigmentos ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Índice de Actividad Biológica (BIX)	Índice de Humificación (HIX)
<b>E1</b>	2,88	2,2	0,89	2,9
<b>E2</b>	2,78	1,93	1,3	2,5
<b>E3</b>	1,9	0,07	0,6	5,2
<b>E4</b>	1,58	0,54	0,75	2,9
<b>E5</b>	2,16	0,47	0,55	5,6
<b>E6</b>	2,16	0,81	1,4	3,1
<b>E7</b>	2,24	0,13	0,91	1,6

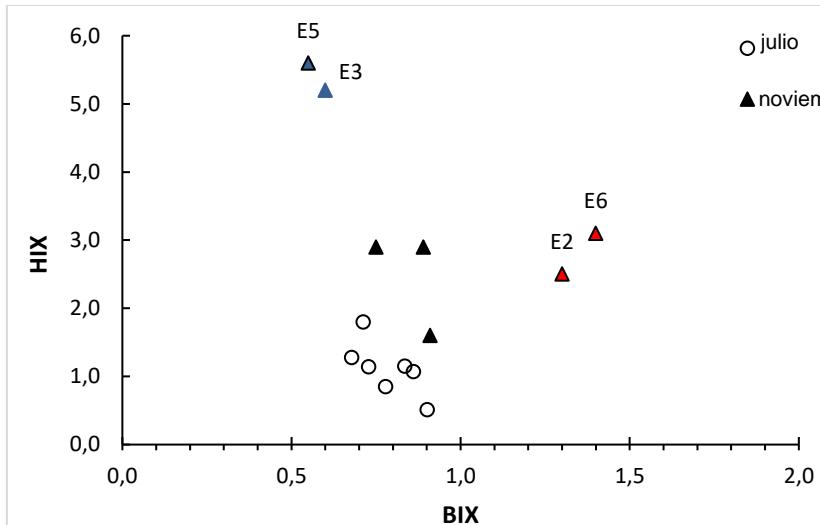
En 2024 se observan concentraciones de clorofila que clasificarían al ambiente como mesotrófico. En el muestreo de julio se presentaron los mayores valores, siendo la concentración de clorofila-a máxima en E7 como ha sido anteriormente observadas y se puede considerar que es característica de este sitio que es el más interno del estuario de Bahía Blanca y ha sido identificado como el más productivo (Fig. 5).



**Fig. 5:** concentración de Clorofila-a (Cla-a) en los 7 sitios de muestreo en los últimos años expresados en  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

El índice biológico BIX es un indicador de la actividad microbiológica siendo los valores próximos a 1 considerados elevados, representativos de ambientes de alta actividad microbiana. En este periodo se destacan los valores mayores a 1 en los sitios E2 y E6 para el muestreo de noviembre, que se corresponden con ingresos de aguas residuales desde el continente con elevada carga orgánica y bacteriológica.

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 se obtuvieron valores medios (entre 2 y 10) a bajos ( $<2$ ) característicos de estuarios con escaso ingreso de agua continental. Estos valores son ligeramente menores a los informados en el monitoreo del año 2023. Se destaca que se mantienen los valores destacados de los sitios E2 y E6 observado a continuación en la Fig.6:



**Fig. 6:** Índices de actividad biológica (BIX) y de humificación (HIX) de todos los sitios. Los triángulos rojos corresponden a los valores extremos obtenidos en noviembre para los sitios E6 y E2.

Los índices obtenidos permiten observar a priori los ingresos de aguas residuales y aguas continentales monitoreando la actividad microbiana.

## B. Microbiología

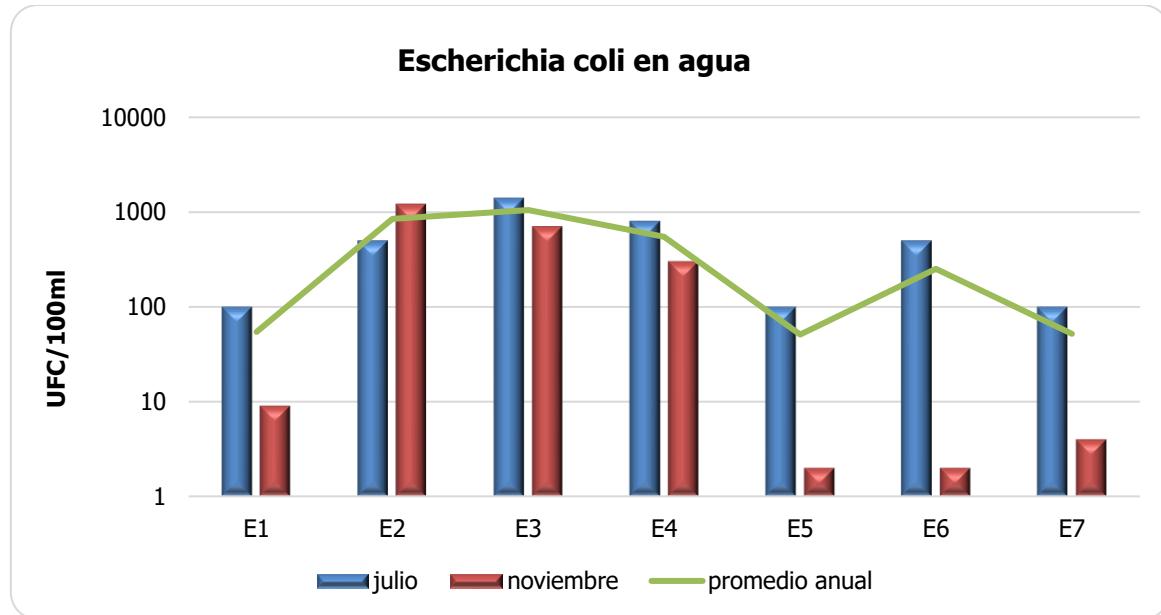
La presente sección tiene por objetivo determinar la distribución espacial de distintos grupos de bacterias utilizadas como indicadoras de contaminación antrópica, en aguas y sedimentos de siete sitios del estuario de Bahía Blanca.

### 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. El estuario no es el hábitat natural de *Escherichia coli* la continua presencia de las mismas y en altas concentraciones, es indicio de aporte continuo al estuario.

A continuación, se grafica los recuentos de *E. coli*, en agua en ambos muestreros.

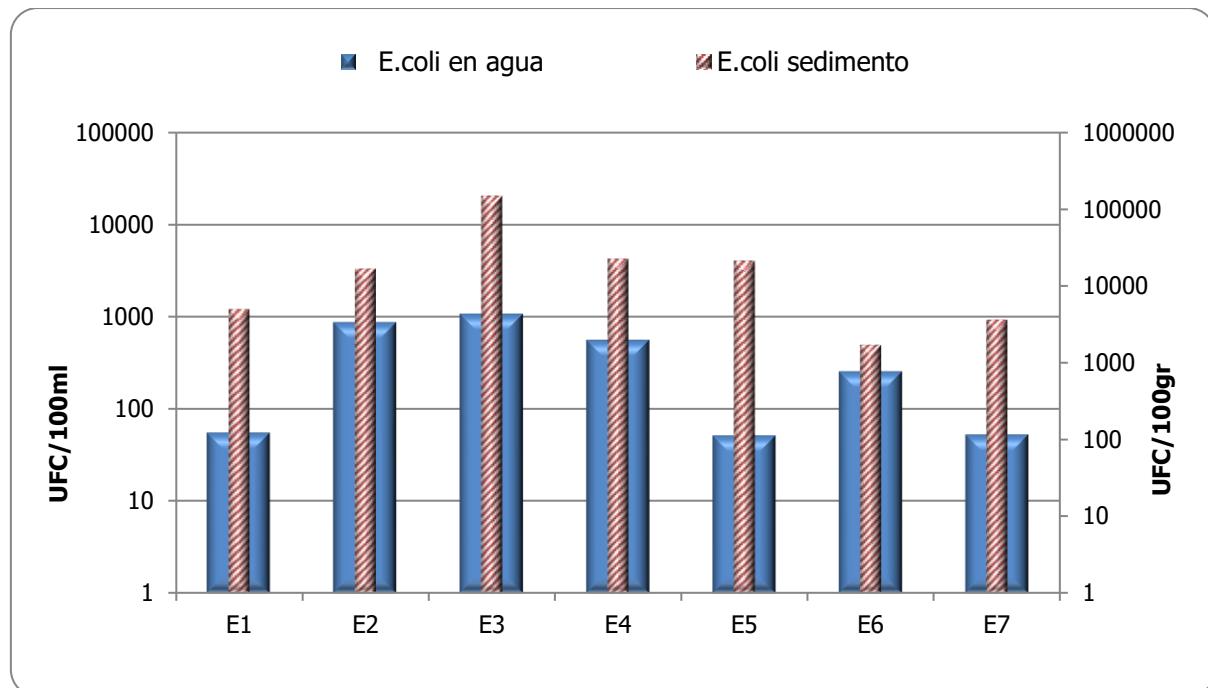


Recuentos de *E.coli* en aguas del estuario de Bahía Blanca, representados en unidades formadoras de colonia (UFC) por 100ml en escala logarítmica.

En general los recuentos fueron menores al año anterior, particularmente en noviembre en las estaciones E1, E5, E6 y E7.

Por otro lado, nos encontramos con la misma distribución de años anteriores, presentándose los mayores recuentos de *E. coli* en agua 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, E3 a la altura del puerto de ingeniero White, y E4 frente a puerto Galván que, en ambos muestreos.

Los sedimentos de grano fino, predominantes en la zona estudiada, tienen mayor potencial para albergar bacterias, ya que moderan las fluctuaciones de temperatura y otras condiciones ambientales que podrían resultar hostiles para estos microorganismos.

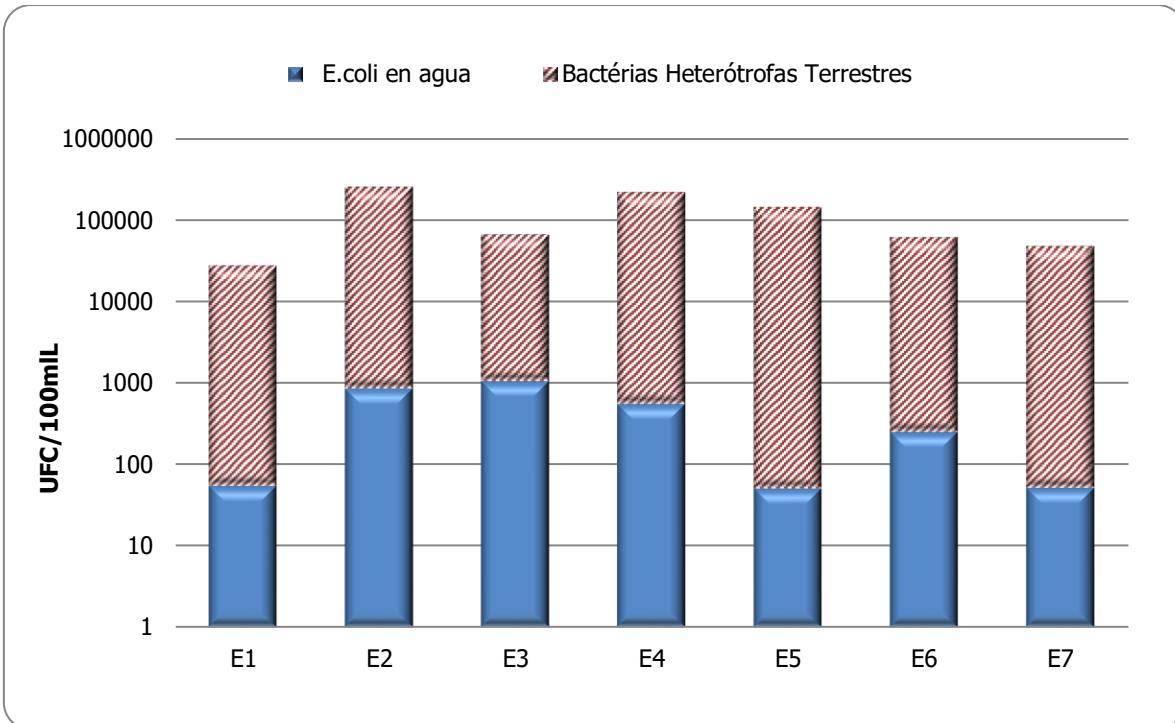


Comparación de los promedios anuales de los recuentos de *E.coli* en aguas y sedimento de las estaciones de muestreo. Los recuentos (UFC) en escala logarítmica se presentan en sedimentos por 100 g de sedimento seco y en agua por 100ml.

Como se ve en el gráfico anterior, en los sedimentos, se ve una mayor carga bacteriana en todo el estuario, ya que las bacterias son más viables en el sedimento, donde persisten más tiempo como reservorios más estables.

Por su lado, 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. Esto las transforma en un buen indicador de la cantidad de materia orgánica disuelta disponible.

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.



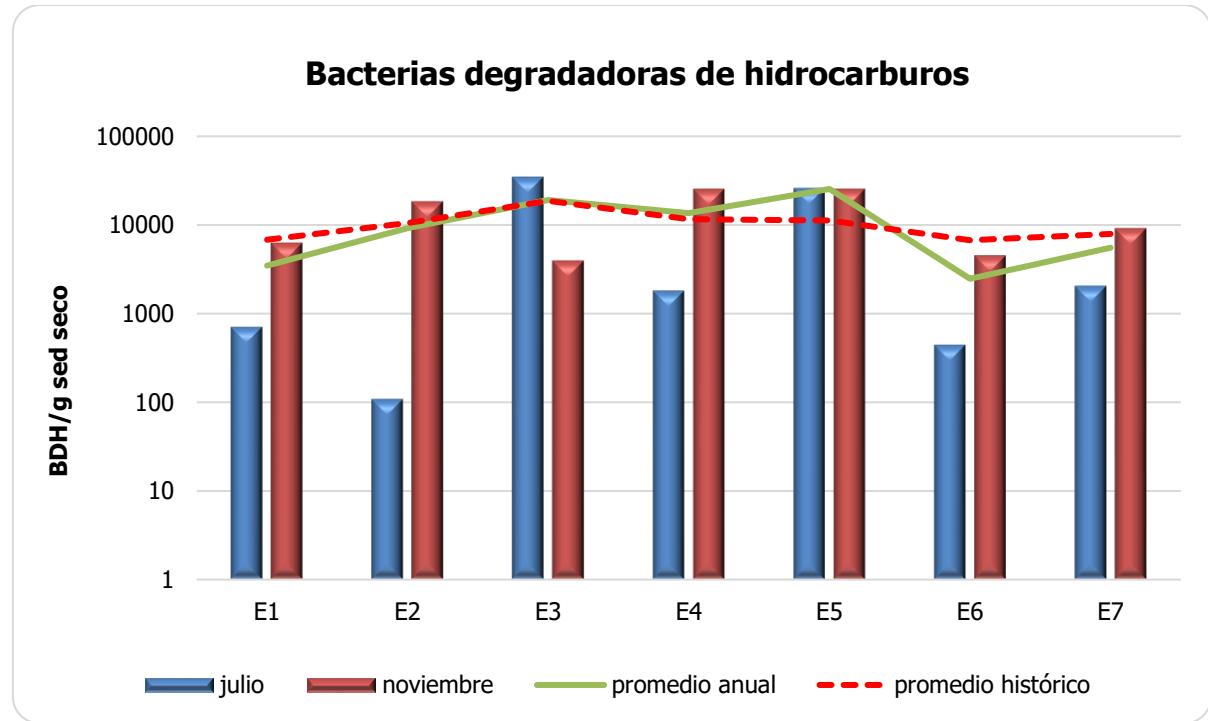
Distribución espacial de las poblaciones de bacterias heterótrofas terrestres y *E. coli* en agua. Valores promedios anuales de UFC para cada estación de muestreo en escala logarítmica.

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

Las bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH) son un grupo de microorganismos heterótroficos con capacidad de utilizar hidrocarburos de distinta complejidad como única fuente de carbono y energía. Su aumento en el ambiente, son un indicador de entrada de hidrocarburos al sistema, ya que están más adaptados que el resto de la microbiota.

Las muestras del año 2024, presentaron recuentos de bacterias degradadoras de hidrocarburos variables, como puede observarse en el siguiente gráfico:



Recuentos 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.

El mayor recuento de este año fue en E3 en el muestreo de julio; siendo coincidentemente este punto de muestreo el que tiene mayor promedio histórico. Sucede lo mismo con el lugar con menores recuentos históricos que es E6, que en promedio también fueron menores este año.

En la estación E5 se observó menor diferencia entre los muestreos, lo cual indicaría presencia continua de hidrocarburos en ese sitio.

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>:

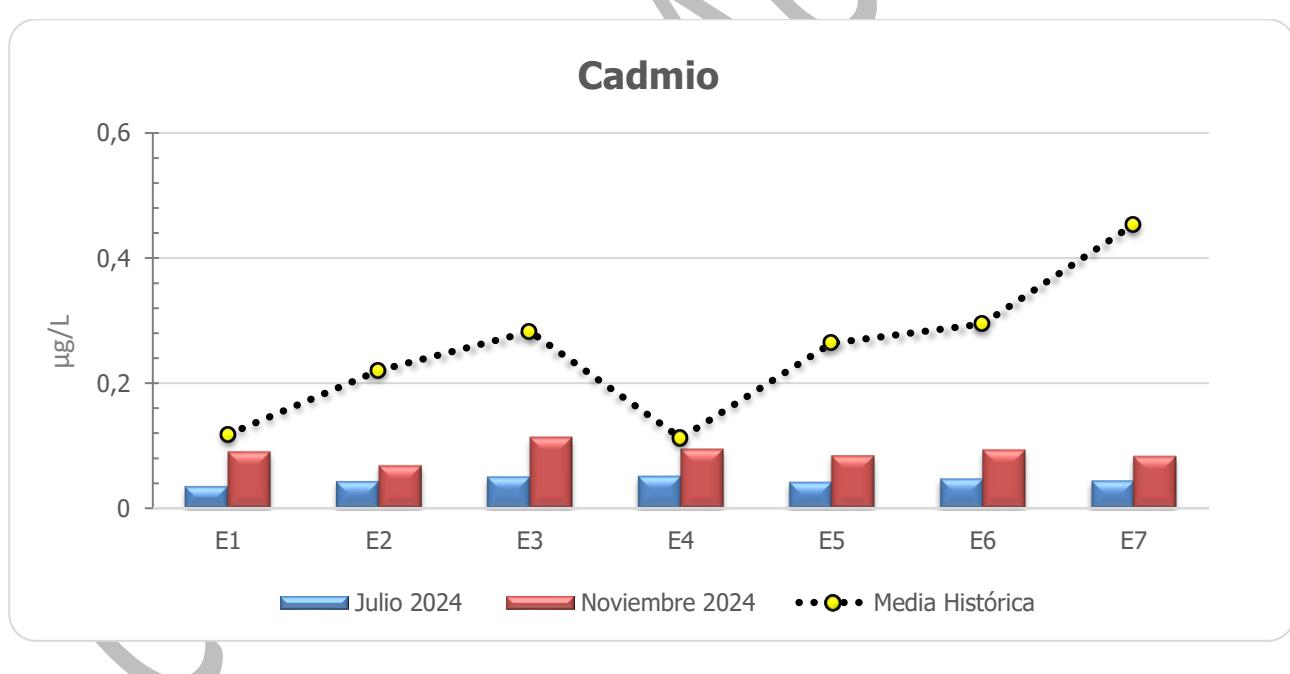
- **CMC** o criterio de exposición aguda: hace referencia a la concentración máxima de un metal para exposición de los organismos durante cortos períodos de tiempo.
- **CCC** o criterio de exposición crónica: hace referencia a la concentración promedio de un metal para la exposición de los organismos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

En la Tabla B, del ANEXO I – Estuario de Bahía Blanca (página 70) 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 0,034 y 0,113 µg/L.

Los valores fueron todos menores en el primer muestreo.



Se puede observar que la curva promedio histórica para la concentración de este metal disuelto en agua, oscila entre 0,11 y 0,45 µg/L. La muestra en E3 de noviembre está en el límite inferior de dicho rango, el resto las concentraciones 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>.

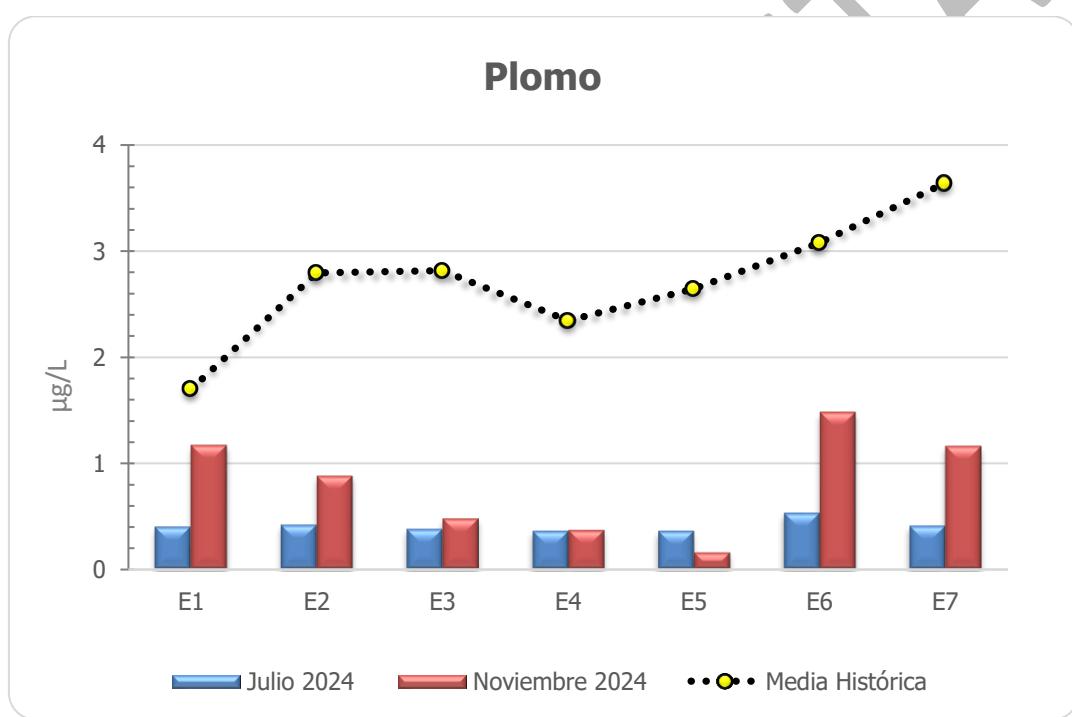
<sup>3</sup>U.S.EPA National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

Ninguno de los valores de cadmio, superaron los niveles guía de referencia de la EPA, para la exposición aguda (CMC= 33  $\mu\text{g/L}$ ) ni crónica (CCC= 7,9  $\mu\text{g/L}$ ).

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 0,27  $\mu\text{g/l}$ , con un máximo de 6,77  $\mu\text{g/l}$  registrado en el año 2014 en la E7.

### Plomo

Se detectó plomo disuelto en el agua en las campañas realizadas, según se observa en el siguiente gráfico. Los valores registrados entre 0,16 y 1,48  $\mu\text{g/L}$  fueron en general mayores en la segunda campaña, todos por debajo de la curva media histórica.



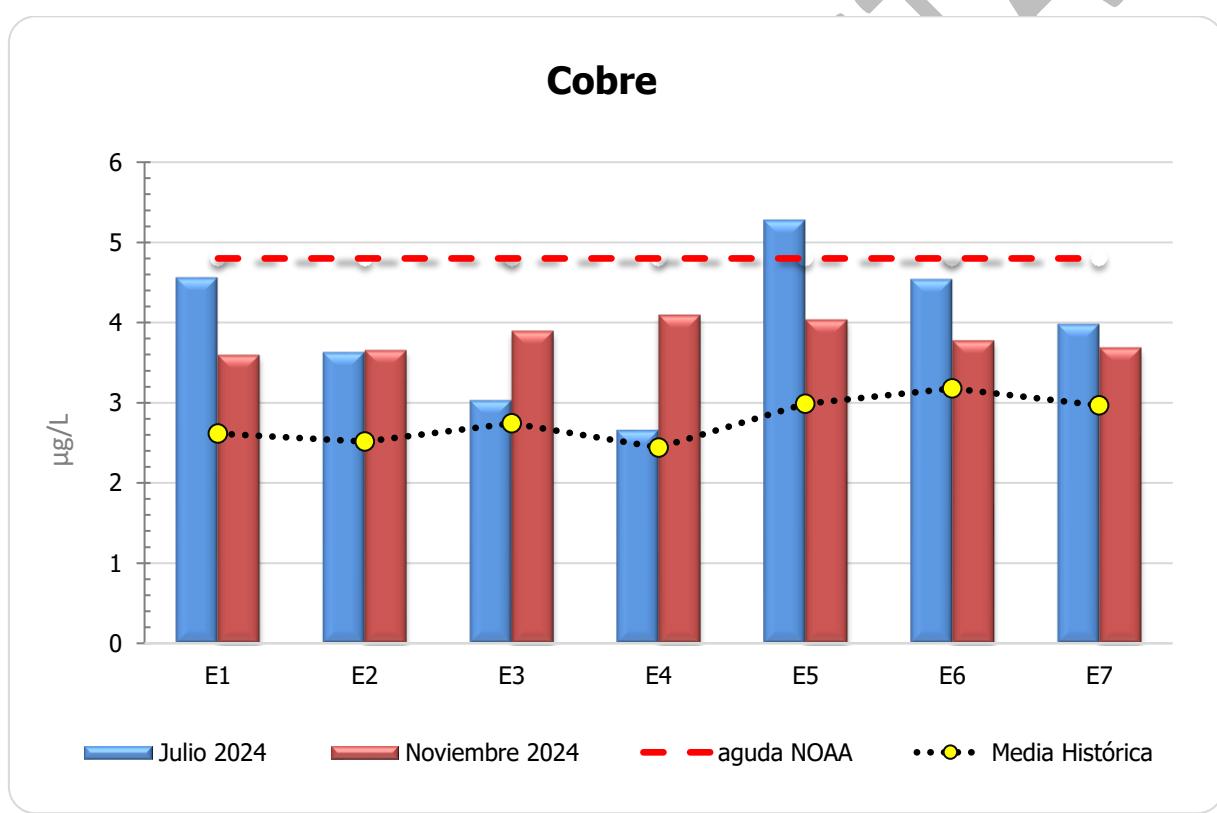
Se sigue observando que la curva punteada del promedio histórico para la concentración de este metal disuelto en agua, tiene una pendiente positiva desde afuera hacia adentro del estuario y oscila entre 1,70 en E1 y 3,64  $\mu\text{g/L}$  en E7.

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

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 2,80  $\mu\text{g/l}$ , con un máximo de 54,06  $\mu\text{g/l}$  registrado en el año 2018 en la E6.

## Cobre

Se detectaron concentraciones de cobre en agua en todas las campañas del 2024. Los valores registrados variaron entre 2,66 y 5,28 µg/L. Las determinaciones superaron los valores históricos para cada punto de muestreo. Cuatro muestras estuvieron por encima del límite de 4 µg/L recomendado por el decreto reglamentario 831/93 de la Ley Nacional 24.051, para protección de la vida acuática en aguas saladas superficiales. Incluso una muestra de E5 fue superior al nivel guía de referencia de la EPA más exigente que es el de exposición aguda (CCA=4,8 µg/L), esto puede verse en el siguiente gráfico:



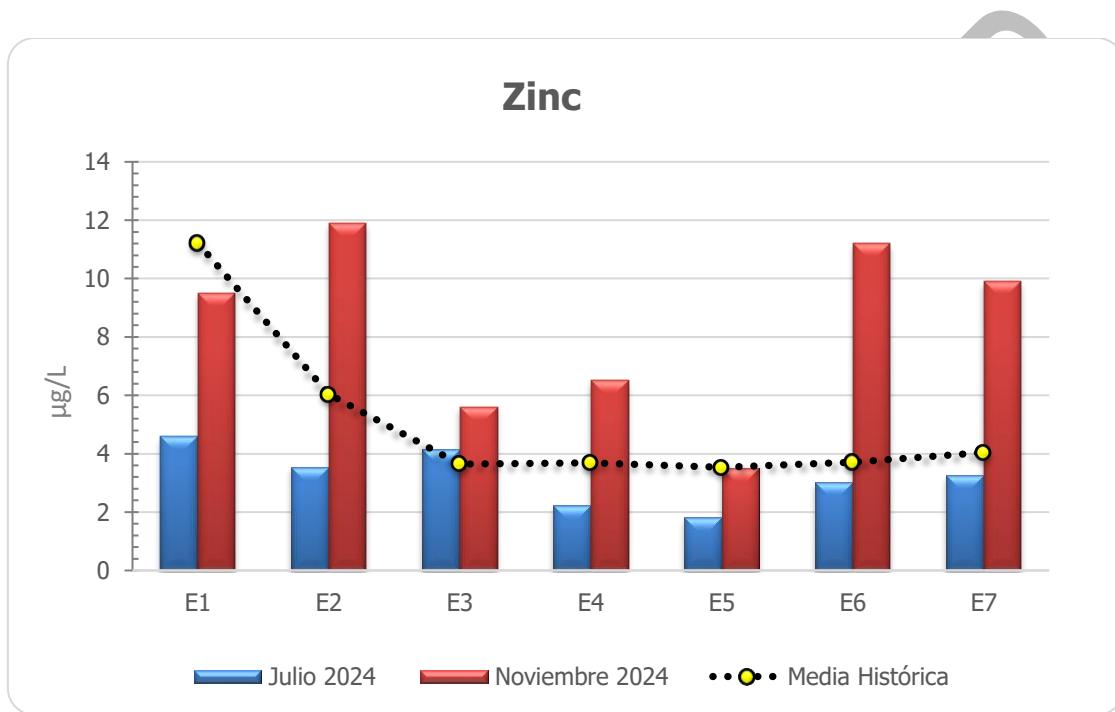
Como se viene informando, se observa que desde 2019 hay una tendencia a la aparición más frecuente de valores elevados de cobre disuelto en el estuario. En toda el área de estudio, el valor medio histórico determinado con registros (dejando fuera del mismo los 5 atípicos) desde el año 2002 es de 2,81 µg/L.

## Zinc

Los valores registrados durante este año variaron entre 1,8 y 11,9 µg/L.

Como se observa en el siguiente gráfico, los valores analizados en el segundo muestreo del 2024 resultaron superiores a la primera campaña y con muchos valores por encima de los medios históricos registrados para este ambiente.

Las mayores concentraciones se observaron en los puntos de muestreos E2 y E6, aledaños a las descargas cloacales.



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.

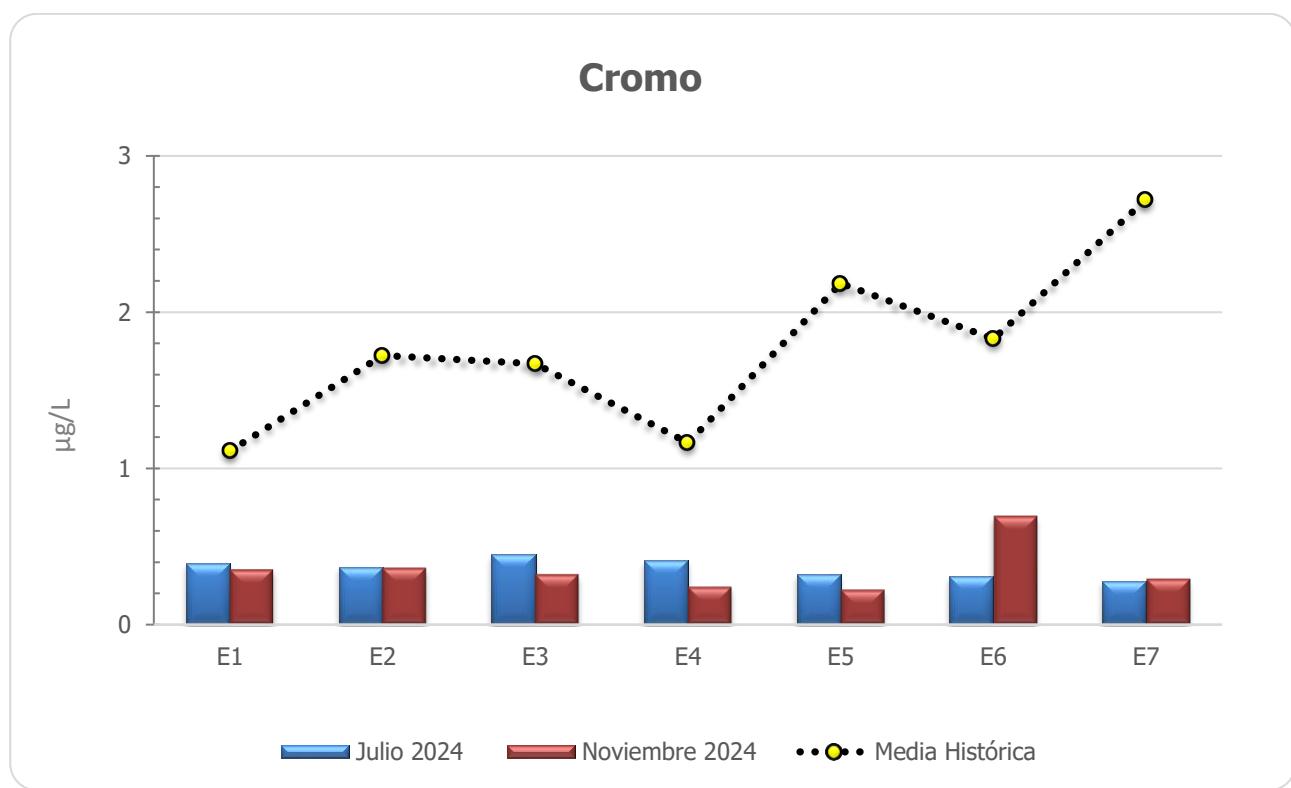
Los valores promedios anuales del 2024 varían y se distribuyen entre los sitios de muestreo de modo similar al año pasado, pero con valores inferiores, a excepción de las muestras de E2 y E6 de noviembre que fueron mayores.

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 0,69 µg/L, todos estuvieron por debajo de los registros medios históricos. Las dos campañas presentaron una tendencia homogénea, la distribución de las concentraciones a lo largo de las estaciones de muestreo se grafica a continuación:



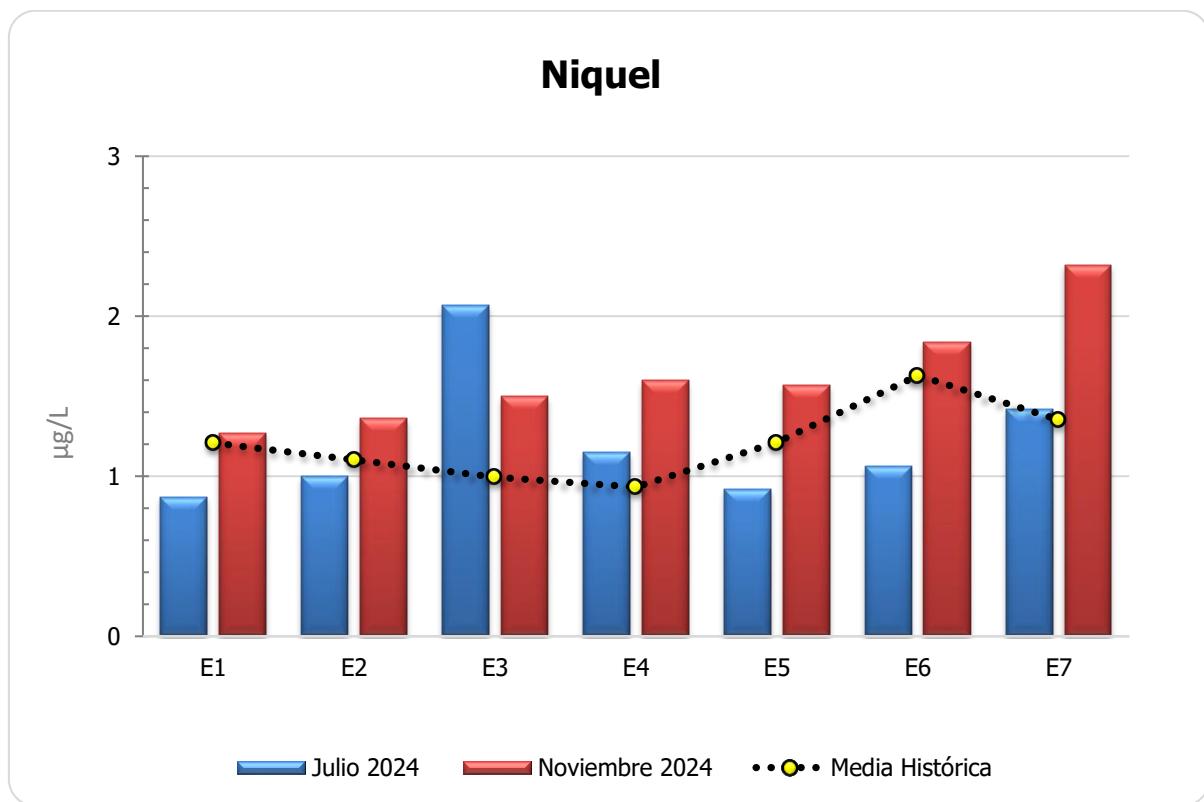
No está establecido un valor guía de referencia de la EPA para cromo total disuelto. El valor máximo que la EPA-Federal Register-1980 considera para el Cr (VI) es de 18  $\mu\text{g/L}$  y es en la cual se basa el Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley 24.051, pero no es exactamente lo medido en este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

La línea de valores promedios históricos para la concentración de este metal en agua, oscila entre 1,1 y 2,7  $\mu\text{g/L}$ . 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 2,12  $\mu\text{g/L}$ , con un máximo de 48,62  $\mu\text{g/L}$  registrado en agosto del 2013 en la E5.

## Níquel

En ambas las campañas se detectaron níquel disuelto, los valores oscilaron entre 0,87 y 2,32 µg/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.



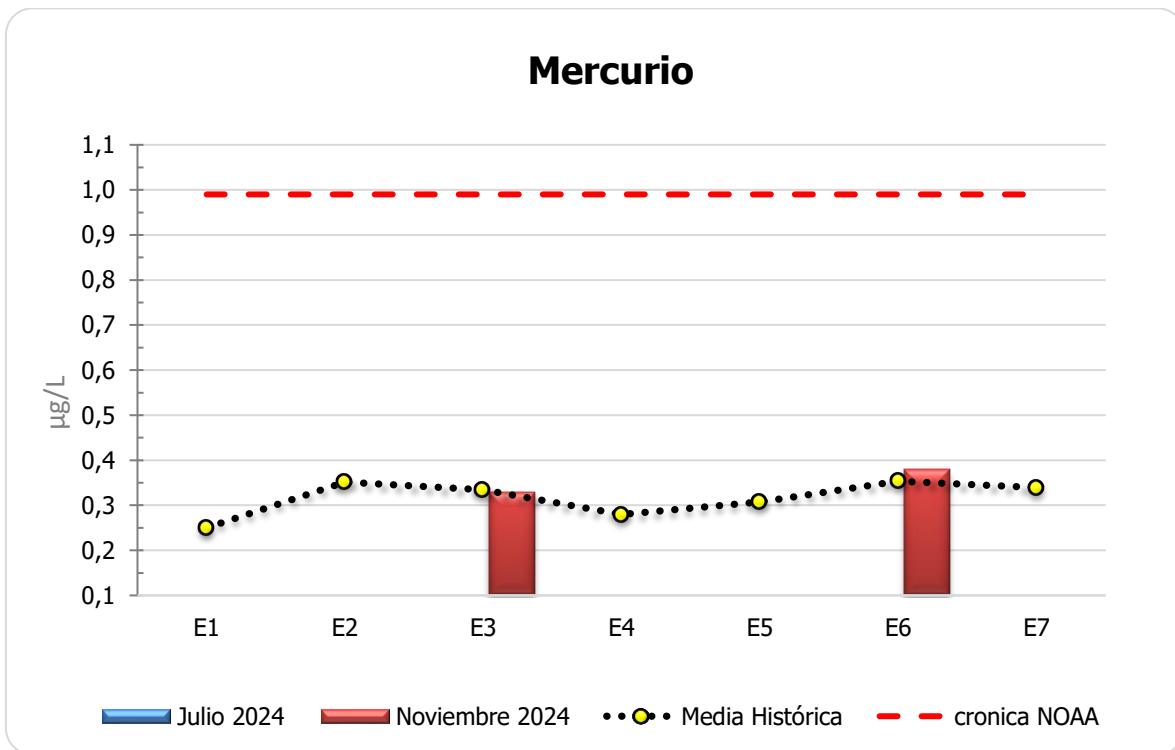
Ninguna de las concentraciones medidas superó el nivel guía de referencia de la EPA, para exposición crónica (CCC=8,2 µg/L) de este metal, ni el valor máximo que considera el Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley 24.051 (7,2 µg/L).

La curva de valores promedios históricos para la concentración de este metal disuelto en agua, oscila entre 0,93 y 1,63 µg/L. Las concentraciones registradas en julio en E3 y en noviembre en E6 y E7 estuvieron por encima de estos valores.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2005 es de 1,16 µg/L, con un máximo de 18,80 µg/L registrado en diciembre del 2012 en la E6.

## Mercurio

En los muestreos realizados durante 2024, solo se detectó mercurio disuelto en el agua de mar de las muestras tomadas en noviembre en E3 y E6.



Los valores medios históricos de la concentración de mercurio disuelto en agua de cada estación de muestreo, oscila entre 0,20 y 0,30 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 71) 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).

Los niveles **TEL**, están considerados niveles de efecto umbral o mínimo. Entre este y el nivel siguiente, **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.

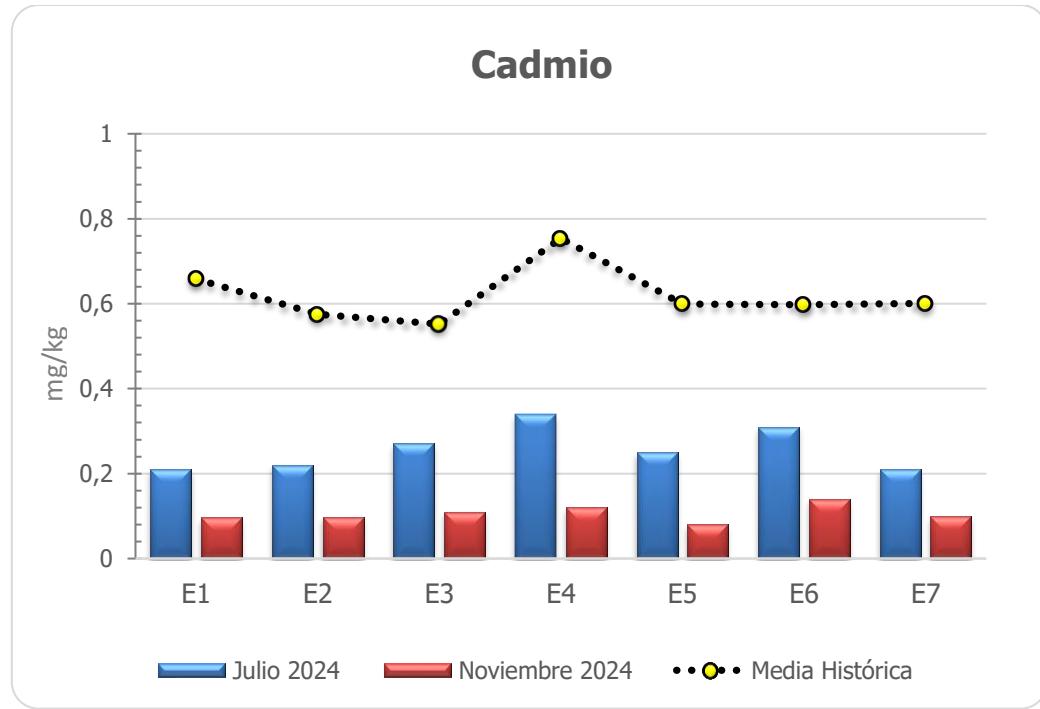
### Cadmio

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.

<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.



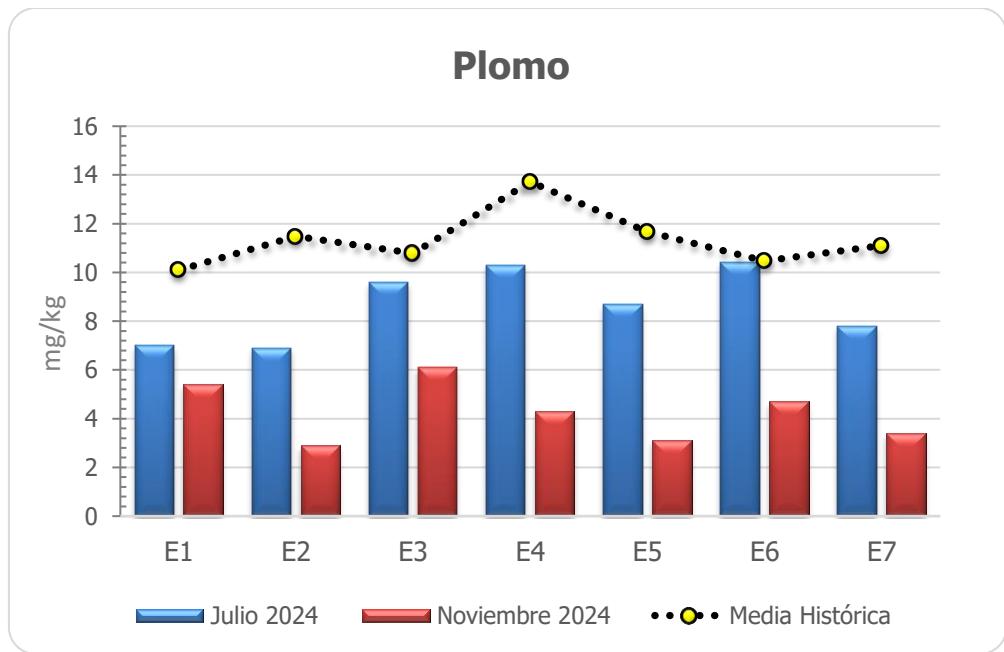
Ningún valor supera los niveles guía de referencia de la NOAA.

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 2,9 y 10,4 mg/kg, como se observa en el siguiente gráfico.



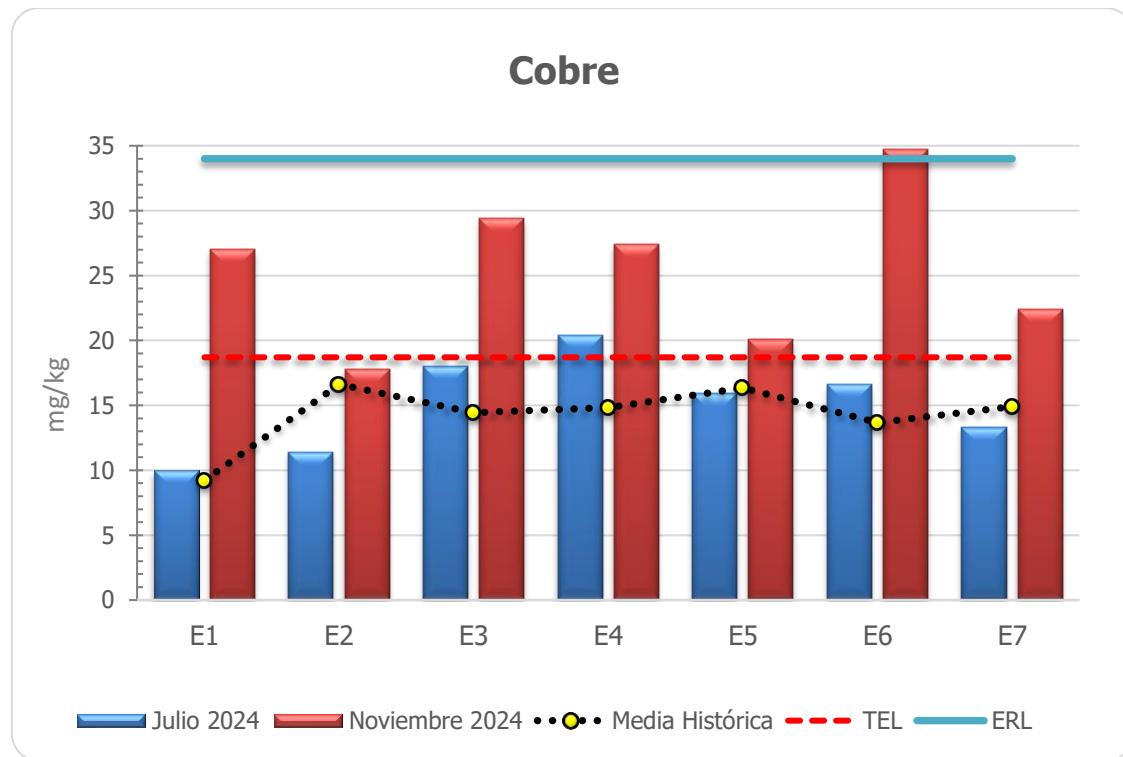
Todos los resultados obtenidos estuvieron muy por debajo de los niveles guías de referencia de la NOAA.

Las concentraciones registradas durante este período, resultaron ser mayores las de la primera campaña y están por debajo de la línea de valores medios históricos o en el límite inferior del mismo.

La línea de valores medios históricos para la concentración de plomo en sedimento, oscila entre 10,5 y 13,7 mg/kg. En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 11,2 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 10 y 34,7 mg/kg, siendo superiores al periodo anterior particularmente las muestras tomadas en noviembre. En el siguiente gráfico se observa la distribución del cobre entre las muestras y su relación con los valores históricos.

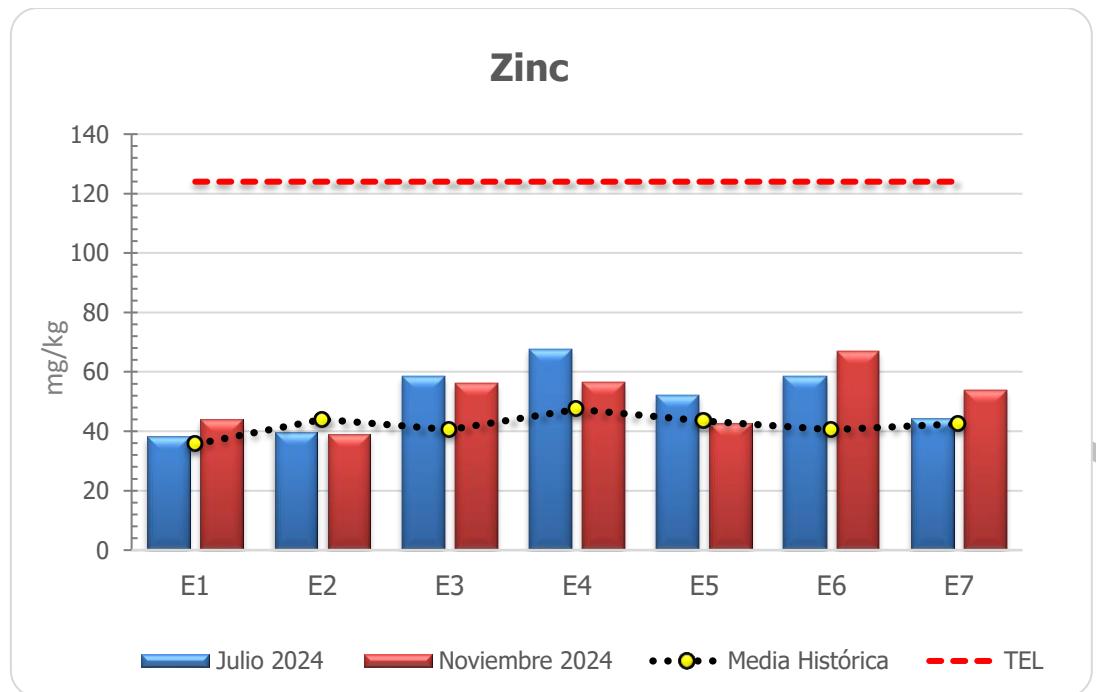


La línea de valores medios históricos para la concentración de cobre en sedimento, oscila entre 9,2 mg/kg en E1 y 16,6 mg/kg en E2. Todas las determinaciones de noviembre y un par de julio superan dicha línea. De hecho, algunos de esos resultados se encuentran dentro del rango (entre TEL y ERL) de concentraciones por debajo de las cuales los efectos biológicos adversos ocurren raramente.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 14,6 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 39 y 67,7 mg/kg. Ambas campañas mostraron poca variación y entre 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.

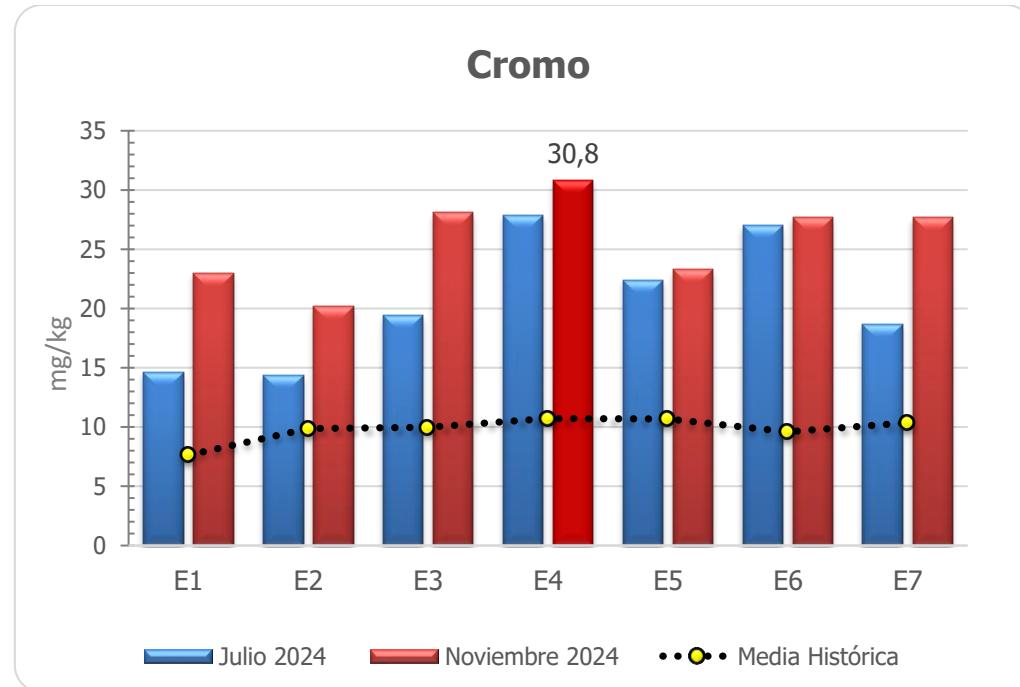
La línea de valores medios históricos del gráfico para la concentración de zinc en sedimento, oscila entre 35,6 y 47,4 mg/kg, siendo el valor más bajo en E1.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 42 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 de los últimos años.

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. En rojo se muestra el valor máximo registrado para el estuario en nuestros estudios desde 2002.



La línea de valores medios históricos para la concentración de cromo en sedimento, oscila entre 7,6 y 10,7 mg/kg, siendo el valor más bajo en E1.

En el siguiente gráfico se visualizan los promedios anuales de todos los puntos de muestreo en barras y la línea punteada el promedio histórico.



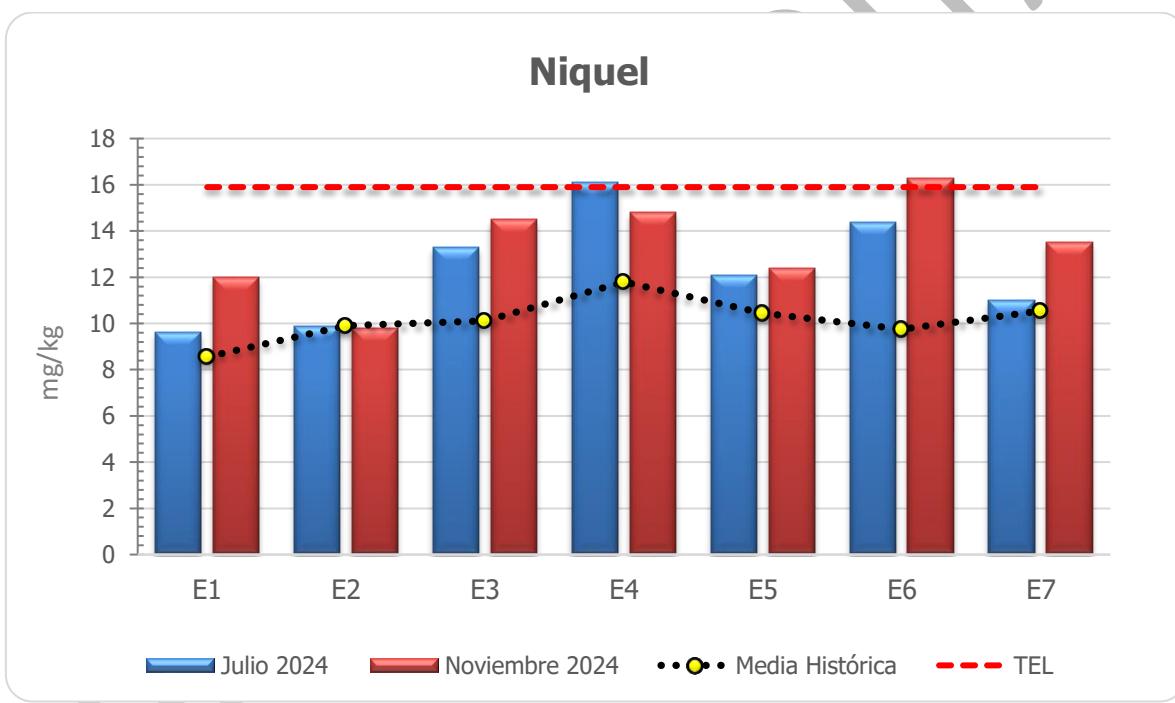
Como ya se observaba en el informe del año pasado, se presenta un incremento en la concentración de cromo en los sedimentos en los últimos años.

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).

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2002 es de 9,9 mg/kg, con un máximo de 30,7 mg/kg registrado en noviembre de 2024 en la E4.

### Níquel

Se detectó níquel en los sedimentos, con concentraciones que oscilaron entre 9,6 y 16,3 mg/kg. La distribución de valores de níquel en sedimento fue levemente superior a la media histórica, siendo menor en la estación exterior E1 como viene sucediendo y se gráfica a continuación:



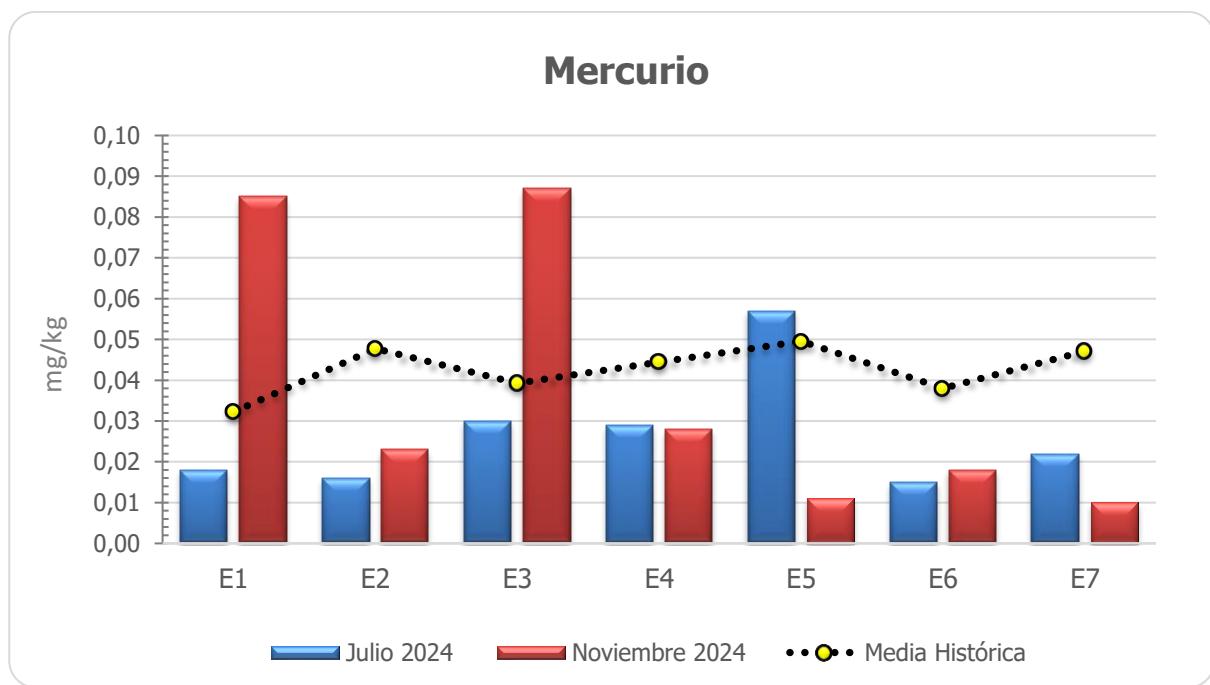
Con respecto a los valores de referencia de la NOAA, dos determinaciones llegaron al valor umbral TEL de los niveles propuestos de protección para los organismos acuáticos.

La línea de valores medios históricos varía poco entre 8,5 y 11,8 mg/kg, mostrando una tendencia bastante homogénea a lo largo del estuario.

En toda el área de estudio, el valor medio determinado con registros desde el año 2005 es de 10,1 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 0,01 y 0,087 mg/kg, de los cuales 3 resultaron superiores 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 µg/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 eutrofización 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 la materia orgánica y la disponibilidad 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 la presencia continua y en gran número de bacterias indicadoras de contaminación fecal y heterótrofas. La contaminación fecal es un potencial 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.

Los recuentos obtenidos de un grupo fisiológico especializado en la utilización de hidrocarburos como fuente de carbono y energía, indican la llegada de combustibles fósiles, en mayor o menor cantidad, en todo el sector muestreado.

### 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, solo se detectó mercurio disuelto en dos muestras de una campaña.

Las concentraciones de níquel y de zinc se mostraron oscilantes alrededor de 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, las concentraciones cobre, superaron las medias históricas para cada punto de muestreo. Particularmente, una muestra tuvo una concentración de cobre que superaron el nivel de concentración máxima para exposición de los organismos durante cortos períodos de tiempo (CMC) de la USEPA<sup>7</sup>, esta observación viene dándose con mayor frecuencia en los últimos años. La concentración de ningún otro metal disuelto superó 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, incluso presentando un valor máximo histórico en nuestros registros.

Algunas muestras presentaron concentraciones de cobre y níquel que alcanzaron o superaron, el nivel umbral TEL de referencia de la NOAA, con concentraciones por debajo de las cuales los efectos biológicos son adversos. Los demás metales determinados en sedimentos no superaron dichos niveles.

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.

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 2024 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 Malacológica del Uruguay, 9: 245 – 252.

<sup>9</sup> Costagliola M, Malaspina A, Guerrero R, Ma D, Odizzi M, Abelenda A y De Kereki C. 2000. Estudio de la presencia de *Vibrio cholerae* en la Zona Común de Pesca Argentina-Uruguaya. 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

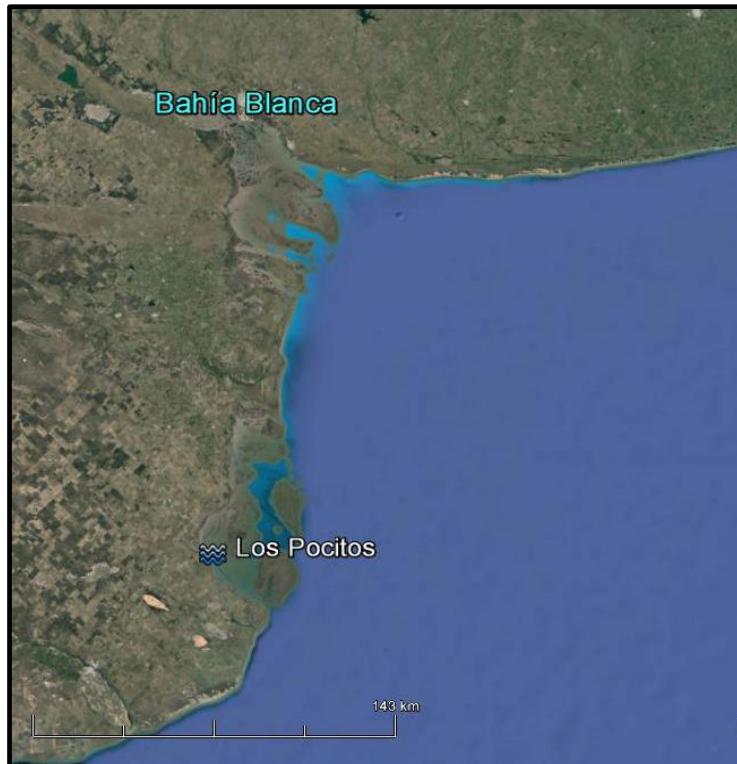
Se muestreó en tres muelles del estuario de Bahía Blanca y en una bahía aledaña al mismo. Las estaciones de muestreo se ubican en:

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 Cuatreros)	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 Muestra

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 y conductividad 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 pools de ostras los que se pesaron y acondicionaron junto al agua y sedimento hasta su derivación.

## 2.2 Determinaciones

### 2.2.1 Biometría

Se realizaron mediciones a las valvas de las ostras muestreadas con calibre milimétrado 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 o 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)	TDS (g/L)
Verano	Los Pocitos	8,1	21,4	60,1	116	n/a
	Villa del Mar	8,0	22	66,7	55	n/a
	Ing. White	8,1	22,1	67,6	32	n/a
	Cuatreros	8,0	26,4	58,1	50	n/a
Invierno	Villa del Mar	8,0	9,1	54,2	n/a	35,6
	Ing. White	8,3	10,2	59,7	n/a	35,8
	Cuatreros	8,4	10,7	56,8	n/a	34,1
Primavera	Villa del Mar	7,9	20,8	60,1	18	36,1
	Ing. White	8,0	21,5	60,6	133	36,4
	Cuatreros	8,0	22,5	53,1	138	31,9

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> )
<b>Verano</b>	Villa del Mar	9,5	1,37	0,38	22
	Ing. White	9,2	2,39	0,35	22
	Cuatreros	9,1	1,95	0,36	22
<b>Invierno</b>	Villa del Mar	10,1	1,48	0,45	21
	Ing. White	10,1	2,14	0,41	21
	Cuatreros	10,5	1,66	0,39	21
<b>Primavera</b>	Villa del Mar	10,6	1,49	0,41	21
	Ing. White	11,3	2,42	0,39	20
	Cuatreros	11,2	1,71	0,38	21
Promedio histórico	Los Pocitos	245 (*)	10,85	1,57	0,35

\*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	0,35	0,16	3,8	< LD	0,8	0,30	2,8
H (Cuatreros)	verano	0,17	0,76	6,8	< LD	2,1	0,56	7,0
	invierno	0,03	0,48	6,5	< LD	0,9	0,35	0,9
	primavera	0,06	0,54	6,0	< LD	1,5	0,33	20,9
G (Ing. White)	verano	0,35	0,60	5,6	< LD	2,0	1,08	8,4
	invierno	0,04	0,61	5,7	< LD	1,2	0,44	2,5
	primavera	0,08	0,19	5,8	< LD	1,3	0,18	6,2
I (Villa del Mar)	verano	0,09	0,42	6,0	< LD	2,5	2,74	8,5
	invierno	0,05	0,65	6,8	< LD	1,2	0,36	1,1
	primavera	0,07	0,19	5,8	< LD	1,0	0,14	14,2
<b>Promedio 2013/2024</b>		0,15	0,56	5,3	0,24	1,1	0,70	3,5
<b>Background (LP)</b>		0,10	0,37	4,1	0,15	0,5	0,69	1,9

Valores promedio correspondientes a 5 réplicas independientes (desvió estandar < 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 ninguna 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:

<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.

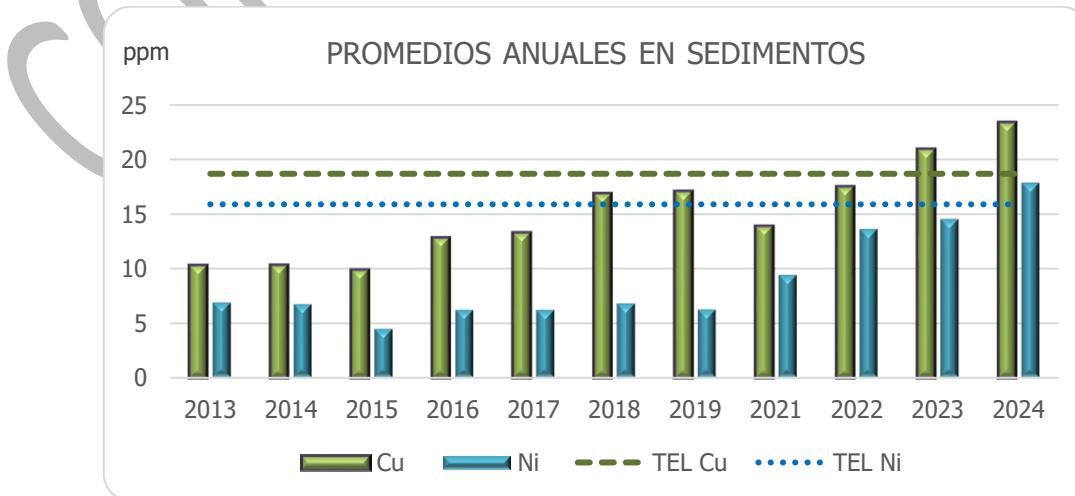
Lugar	fecha	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
LP (Los Pocitos)	verano	0,360	18,1	14,2	0,007	12,7	5,7	32
H (Cuatreros)	verano	< LD	28,9	<b>23,9</b>	0,025	<b>17,1</b>	9,70	63
	invierno	< LD	27,4	<b>22,4</b>	0,014	<b>16,6</b>	9,90	55
	primavera	< LD	28,3	<b>22,5</b>	0,022	<b>17,2</b>	10,00	58
G (Ing. White)	verano	< LD	<i>33,9</i>	<b>21,9</b>	0,030	<b>18,6</b>	10,30	81
	invierno	< LD	29,5	<b>18,8</b>	0,022	<b>16,4</b>	8,40	71
	primavera	< LD	33,4	<b>19,9</b>	0,039	<b>19,2</b>	9,40	76
I (Villa del Mar)	verano	0,160	32,3	<b>29,3</b>	0,020	<b>19,1</b>	8,40	69
	invierno	0,064	30,6	<b>26,4</b>	0,044	<b>18,0</b>	8,60	60
	primavera	0,130	29,4	<b>25,7</b>	<b>0,132</b>	<b>17,9</b>	7,10	58
<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 (desvió estándar < 3,5%)

LD: Límite de detección. En cursiva los valores máximos históricos detectados en este programa de monitoreo.

Desde el 2023 se bajó el límite de detección del cadmio de 0,1 a 0,01 ppm, por lo tanto, a partir de 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:



La tendencia del aumento en la concentración de cobre y níquel en los sedimentos del estuario, se sigue consolidando. Este año todas las determinaciones de ambos metales estuvieron por encima del nivel TEL de referencia de la NOAA, y máximas para este muestreo. Cabe aclarar que no alcanzan el nivel siguiente ERL, por lo tanto, están en el rango de concentraciones los efectos biológicos adversos ocurren raramente.

Por otro lado, el cromo que se detectó el año pasado como máximo histórico (28,1 ppm) este año ha sido superado por todas las muestras del estuario, siendo el nuevo máximo de 33,9 ppm.

#### • Otras

Se determinaron los niveles de metales en los diferentes pueblos 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	0,460	0,15	<b>16</b>	< LD	0,15	0,03	30
	verano	0,380	0,05	<b>27</b>	< LD	0,11	0,03	67
H (Cuatreros)	invierno	0,360	0,02	<b>29</b>	< LD	0,08	0,06	<b>129</b>
	primavera	0,230	0,11	<b>25</b>	0,072	0,18	0,18	64
G (Ing. White)	verano	0,450	0,08	<b>44</b>	< LD	0,14	0,03	<b>146</b>
	invierno	0,390	0,02	<b>32</b>	< LD	0,14	0,05	<b>150</b>
	primavera	0,280	0,08	<b>43</b>	0,074	0,17	0,17	<b>106</b>
I (Villa del Mar)	verano	0,520	0,07	<b>61</b>	< LD	0,09	0,12	91
	invierno	0,490	0,03	<b>63</b>	< LD	0,23	0,03	<b>148</b>
	primavera	0,380	0,09	<b>74</b>	0,096	0,17	0,17	80
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. Internationalmente, 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 se detectó solo en algunas muestras.

En el ANEXO I-Estuario de Bahía Blanca, páginas 72–76 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

<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.

contaminación en ostras, en un informe de la NOAA (1997) realizado en base de datos del programa de seguimiento mundial de mejillones, que incluye a las ostras. Debido al origen de estos valores umbrales de contaminación, su uso es útil cuando se los quieren comparar con monitoreos globales. A pesar de ello, para sondear nuestros resultados, los utilizaremos, ya que los únicos datos locales y zonales al respecto son los que, a partir de 2013, estamos generando desde el CTE.

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

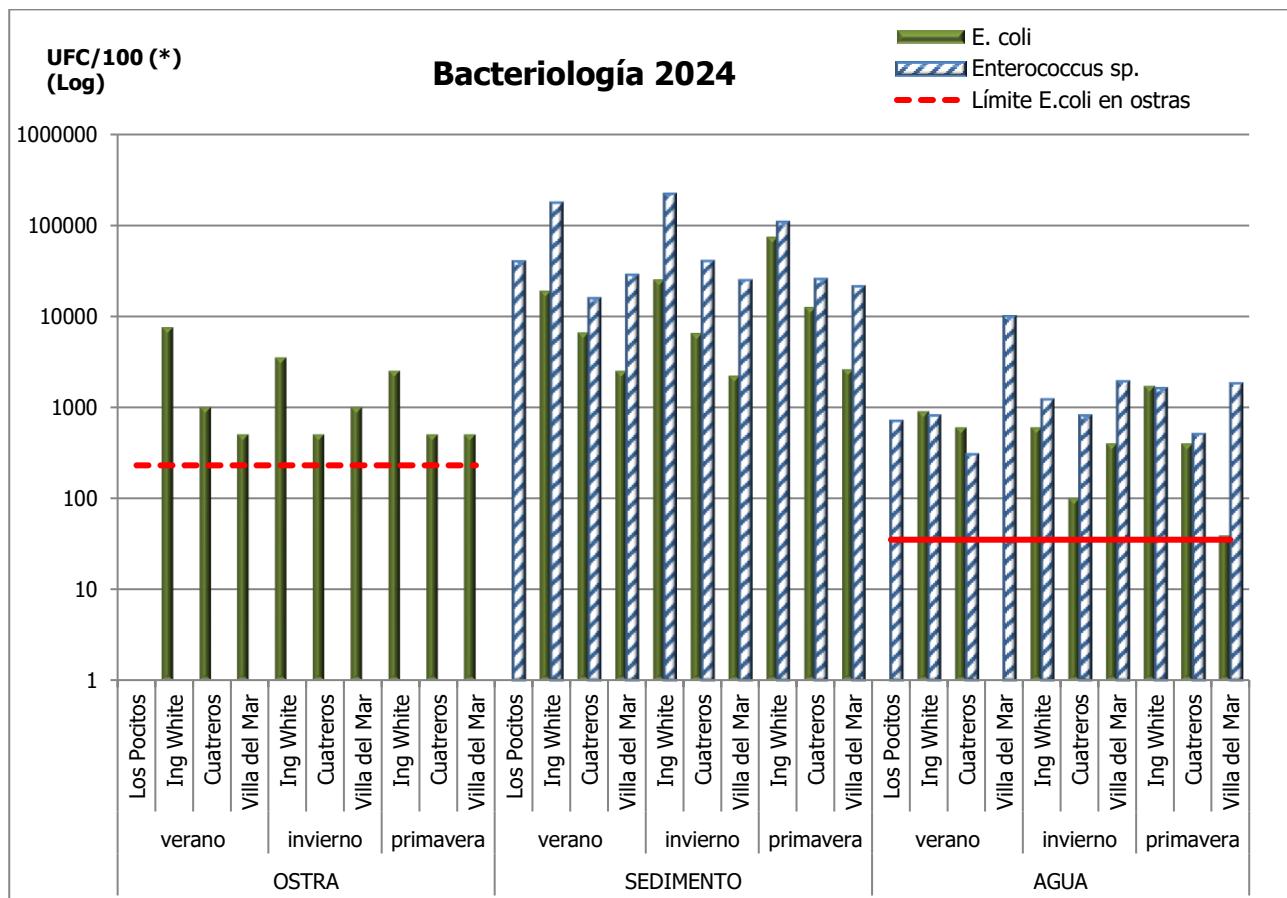
- Las concentraciones de los metales detectados en las ostras del estuario de Bahía Blanca no superan los umbrales de contaminación propuestos por Cantillo para la NOAA (ver valores resaltados en negrita de la tabla 1 del ANEXO I -Estuario de Bahía Blanca, página 77).
- La concentración de Cd y Ni en 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 de *E. coli* no se encontraron en ninguna matriz, pero si *Enterococcus* spp. en sedimentos y en agua. Los recuentos, en general, fueron algo menores que en 2023.

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 4500 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 superiores respecto al agua circundante entre 2 a 3 veces mayores. Es decir, estos moluscos también son reservorios de microorganismos.

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 2024 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 previo control del SENASA, se puso oportunamente 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>.

#### **2.3.4 Compuestos Orgánicos**

Este año comenzamos un nuevo monitoreo de screening de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX); hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) e hidrocarburos totales (HTP) en agua sedimento y ostras. Los análisis se realizaron en laboratorios tercerizados por licitación. Como resultado obtuvimos que en ninguna muestra se detectaron estos contaminantes.

Para optimizar recursos, debido a límites de detección y la volatilidad de algunos compuestos se replantea dicho monitoreo para el año que viene del siguiente modo: Determinaciones de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) en agua; hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) en sedimentos y ostras e hidrocarburos totales (HTP) en agua sedimento y ostras.

<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 2024, estuvieron dentro de los valores característicos del estuario.
- Las concentraciones de metales pesados en el sedimento muestreado durante 2024, se encontraron dentro del mismo orden de magnitud que años anteriores, pero se observa hace un par de años, un leve aumento de algunos metales como el cromo, cobre y níquel.
- Las concentraciones de metales pesados en el sedimento muestreado durante 2024, 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 2024 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 2024 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 difícil, 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 78-81), se resumen todos los resultados de los análisis realizados para cada cauce, durante 2024 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, Saladillo y Maldonado y en el último muestreo en el Napostá.

#### 1.4.2. Microbiología

La cuantificación de *Escherichia coli*, como indicador de contaminación fecal viene siendo un parámetro crítico desde los inicios de este estudio como queda visualizado en el gráfico 1 del ANEXO II -Estuario de Bahía Blanca (página 82).

Se calculó la media geométrica de *E. coli* del año 2024 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) 95%
Napostá	4601	6825	518
Maldonado	3313	4452	944
Sauce Chico	403	49	832
Saladillo de García	1019	3169	1182

Las medias geométricas anuales de *E. coli* en Napostá, Maldonado y Saladillo fueron mayores a las medias geométricas históricas respectivas, con valores importantes. El Napostá y el Maldonado presentaron recuentos mayores al año anterior. Todos 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. Incluso, los Límites de Confianza Superiores (LCS)<sup>16</sup>, para los recuentos de *E. coli* en una muestra de agua aislada de uso recreativo infrecuente (menos exigente con un nivel de confianza del 95%) fueron menores al recuento en cada curso de agua en Napostá, Maldonado y Saladillo.

El Sauce Chico presentó una media geométrica anual menor a la histórica y al nivel de referencia; y el LCS fue mayor al recuento en un par de muestras. Es decir, solamente dos de tres muestras del Sauce Chico presentaron densidades de *E. coli* aceptables para recreación humana con contacto directo.

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. Esto puede visualizarse en el gráfico 1 del ANEXO II- Estuario de Bahía Blanca, página 82 de los datos históricos.

Por otro lado, se calculó la media geométrica de heterótrofas terrestres del año 2024 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	12906	119295
Maldonado	16996	67099
Sauce Chico	7268	16408
Saladillo de García	17213	141729

Los recuentos de bacterias heterótrofas de origen terrestre en las desembocaduras de los afluentes muestreados durante 2024 fueron en promedio mucho mayores a los históricos de cada cuerpo de agua.

Particularmente el Saladillo continúa con los valores más altos como el año pasado, y el Napostá aumentó en promedio un orden de magnitud. Por otro lado, los recuentos en el Sauce Chico siguen siendo los menores, a pesar de haber aumentado respecto el 2023.

En el gráfico 2 del ANEXO II- Estuario de Bahía Blanca, página 83 se visualizan los datos históricos.

## 1.5. Conclusiones

Los muestreos realizados entre 2024 en los arroyos Napostá, Sauce Chico, Saladillo de García y el canal Maldonado, arrojaron valores de parámetros fisicoquímicos dentro los históricos. La muestra del canal Maldonado presentó 6 desvíos de parámetros fisicoquímicos a la resolución del 42/2006, la del arroyo Napostá presentó 4 desvíos, el Sauce Chico 6 y el Saladillo de García 7 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 desde 2023 se observan valores en aumento en el Saladillo de García que 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

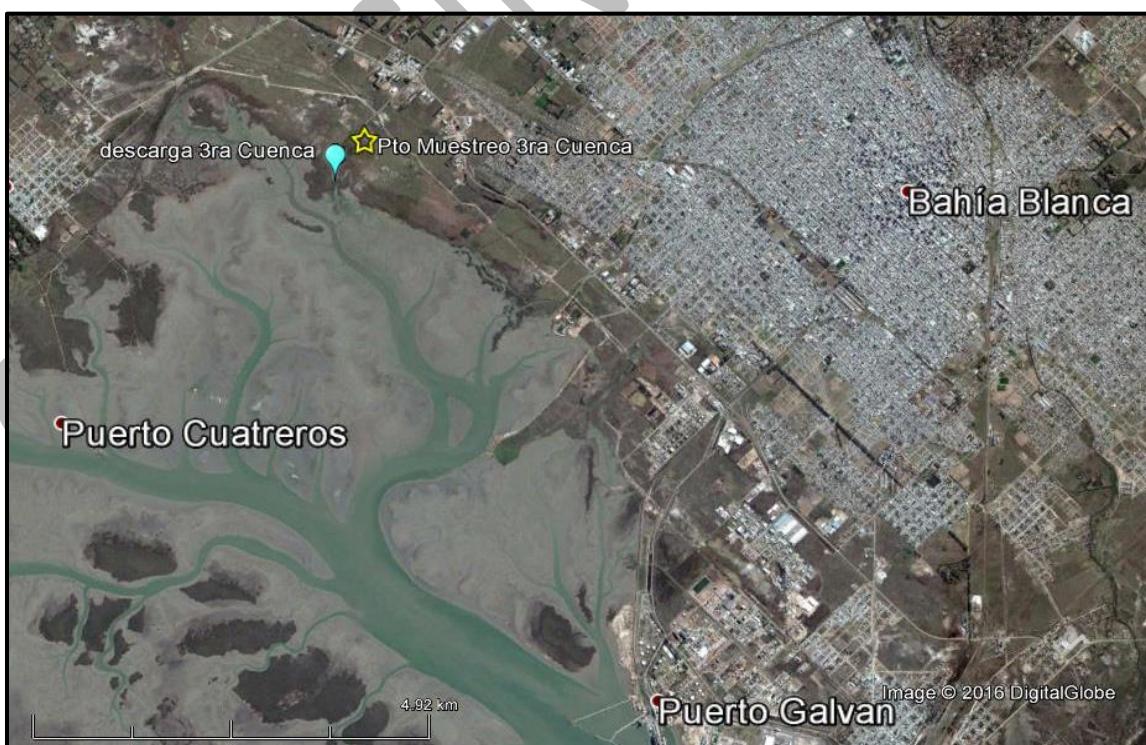
El CTE, a pedido del Honorable Concejo Deliberante de Bahía Blanca, viene realizando, el seguimiento y monitoreo de la descarga de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales 3<sup>ra</sup> Cuenca (PTLC), desde marzo de 2009. Así mismo, en conjunto con el Laboratorio de Microbiología General de la 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 2024 se realizaron 8 muestreos saliéndonos del cronograma programado de muestreo bimensual intercalando entre la 3<sup>era</sup> Cuenca y la 1<sup>ra</sup> (desarrollado más adelante en el apartado nº4), debido a problemas en el funcionamiento de esta última planta.

*In situ* se hicieron algunas mediciones (pH, T°, conductividad, turbidez y cloro libre), y se tomaron muestras para hacer determinaciones de parámetros de calidad de agua (en laboratorio del CTE), HTP, BTEX y PAH (derivado a laboratorios externos), 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 84, se presentan los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos efectuados en las muestras tomadas en la descarga final de PTLC para la 3<sup>ra</sup> cuenca.

Se realizaron 8 muestreos en el periodo informado, los resultados de los análisis se comparan con los límites de la Res. ADA N° 336/2003, del análisis de los mismos se desprende que:

- Los parámetros no legislados presentaron valores esperados, acordes al tipo de efluente.
- Dentro de los parámetros fisicoquímicos legislados la mayoría presentaron valores dentro de los límites admisibles, con valores normales para este efluente. Los desvíos que se presentaron fueron en una oportunidad los sólidos sedimentables en 10 minutos y 2 horas, en otra fecha la DBO, en otra ocasión el cloro libre, en 3 muestreos el nitrógeno amoniacial y como siempre ocurre el fósforo total que, en todas las determinaciones, arrojaron valores superiores a lo permitido.
- Este año para las determinaciones de metales derivadas se cambió el equipo para aumentar la sensibilidad y bajar los límites de detección Es así que ahora podemos determinar niveles trazas de metales que antes no llegábamos a detectar. En cuanto al mercurio, que lo hacemos en nuestro laboratorio, en una oportunidad se detectó y a niveles traza.
- En cuanto a los parámetros bacteriológicos, en cuatro muestras (intercaladas) 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 septiembre 388000 UFC/100ml y ausente en diciembre cuando el cloro estaba en exceso.

En el gráfico 1 del ANEXO III-Estuario de Bahía Blanca, página 85, podemos ver la evolución de los recuentos de coliformes fecales desde el 2009 a la fecha, los recuentos superadores de la norma, alternan con los bajos o no detectables, mostrando que no es estable el rendimiento de la planta. Seguiremos monitoreando para evaluar la estabilidad en el rendimiento del sistema de tratamiento.

COPIA SIN AUDITAR

### 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, existen niveles guía de calidad de agua ambiente nacionales<sup>18</sup>. que basándose en criterios de la USEPA establecen niveles guías para la media geométrica de *Enterococcus* y límites de confianza para valores puntuales según el uso. La misma establece como valor de referencia para *Enterococcus* en agua marina de uso recreativo un valor de la media geométrica de 35 colonias/100 ml, este límite coincide con el internacional para aguas de contacto primario dado por la USEPA<sup>19</sup>. Con respecto a los metales totales de las muestras de agua sin filtrar, usamos los mismos criterios que en el programa de biomonitoring y usamos como niveles guía los valores los establecidos por la NOAA<sup>20</sup> (SQuiRTs) para sedimentos marinos.

#### 3.2 Muestreos

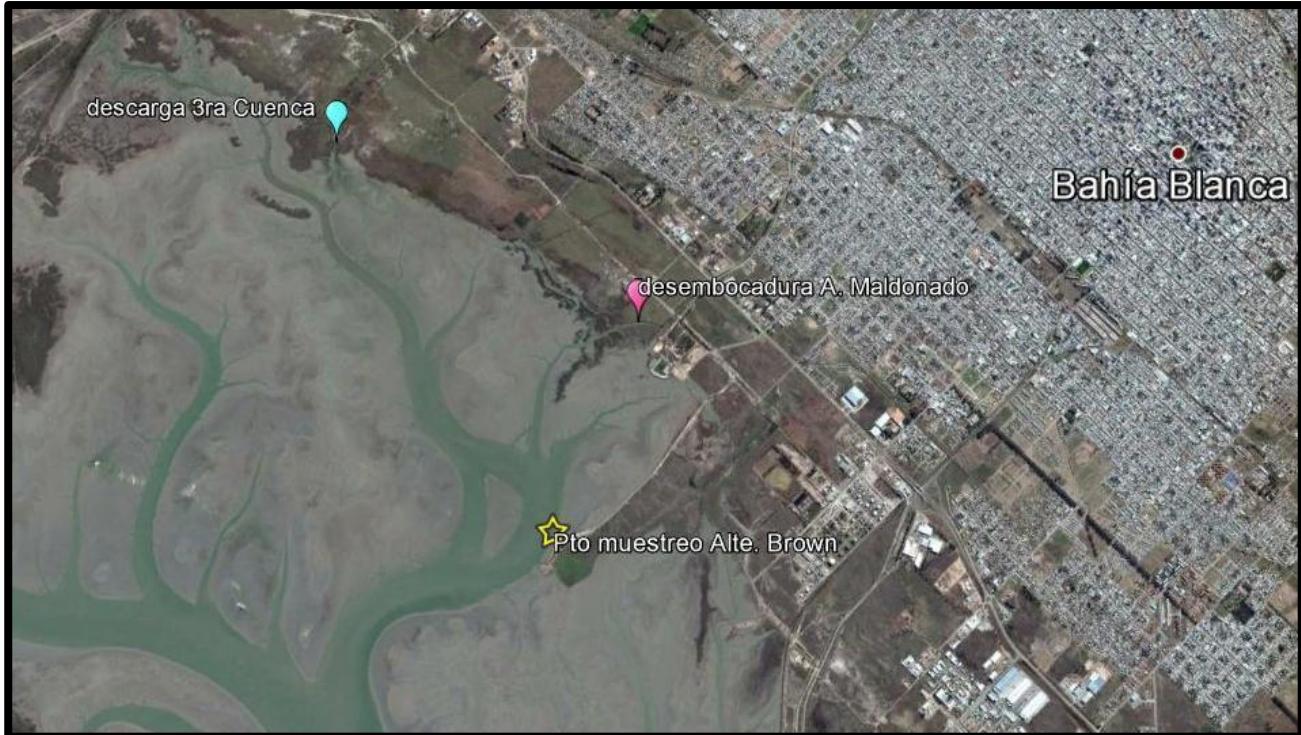
Se aplicó la metodología de toma de muestra recomendada en los "Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales", APHA-AWWA-WPCF, 17<sup>o</sup> edición.

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

<sup>18</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*/*Enterococcus*. [www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento46.pdf](http://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento46.pdf).

<sup>19</sup>U.S. EPA 2012. Water Quality Standards Handbook. Second edition. EPA-823-B-12-002.

<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.



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

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 86, 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 4 muestreos de agua y sedimento en el periodo muestreado.

#### • En Agua

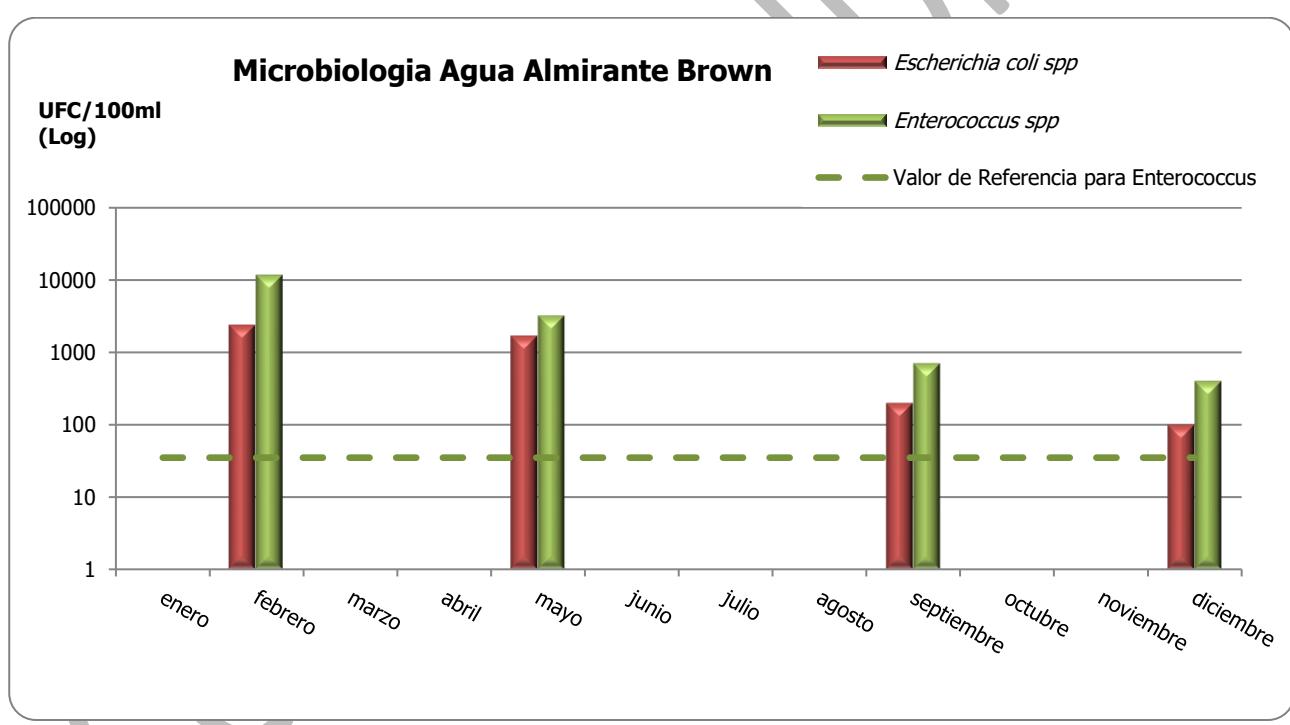
Las variables fisicoquímicas determinadas las confrontamos con los valores guía la Res. ADA N° 42/2006 (válida para el Río de la Plata y su frente marítimo), el límite de fósforo total de 0,025 (mg/l) fue superado siempre, dando la pauta de la influencia proveniente del continente.

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, a excepción de un valor de Ni y otro de Cu que se encontraron por encima del promedio histórico de dichos metales (ver páginas 29 y 32). Esta tendencia se viene observando desde el año pasado incluso en la fracción disuelta (ver página 21 y 24).

En cuanto a la microbiología, los recuentos de *Escherichia coli* en agua variaron entre 100 hasta 6100 UFC/100 ml. Por su parte, la cuantificación de *Enterococcus* spp. con recuentos entre 400 y 10800 UFC/100ml, con una media geométrica anual de 1863 UFC/100ml que superó el valor de referencia de los niveles guía de calidad de agua ambiente nacionales (35 colonias/100 ml para aguas marinas de recreación con contacto directo). Los valores de *Enterococcus* spp. durante el periodo de muestreo son mayores a la media geométrica histórica de 1031 UFC/100ml.

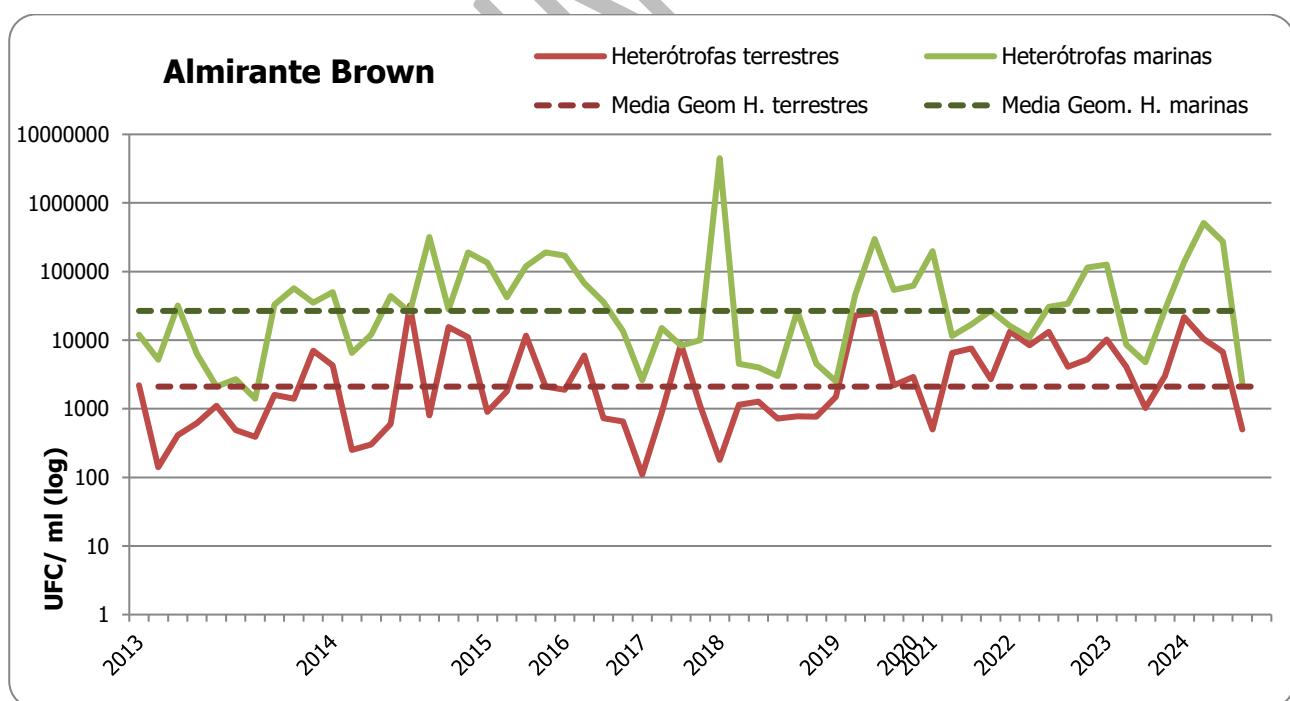
Esto puede visualizarse en el siguiente gráfico:



Así mismo el límite de confianza superior para este indicador fue de 581 UFC/100ml, superior al límite más estricto para muestras aisladas de uso infrecuente, que es de 496 UFC/100ml. En general, ambos indicadores tuvieron valores levemente mayores al año anterior, como puede visualizarse en el gráfico 1 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 87.

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 2 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 88, 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 2400 y 512000 UFC/ml, este máximo incluso por encima de la media geométrica histórica (23515 UFC/ml). 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 500 y 21600 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.

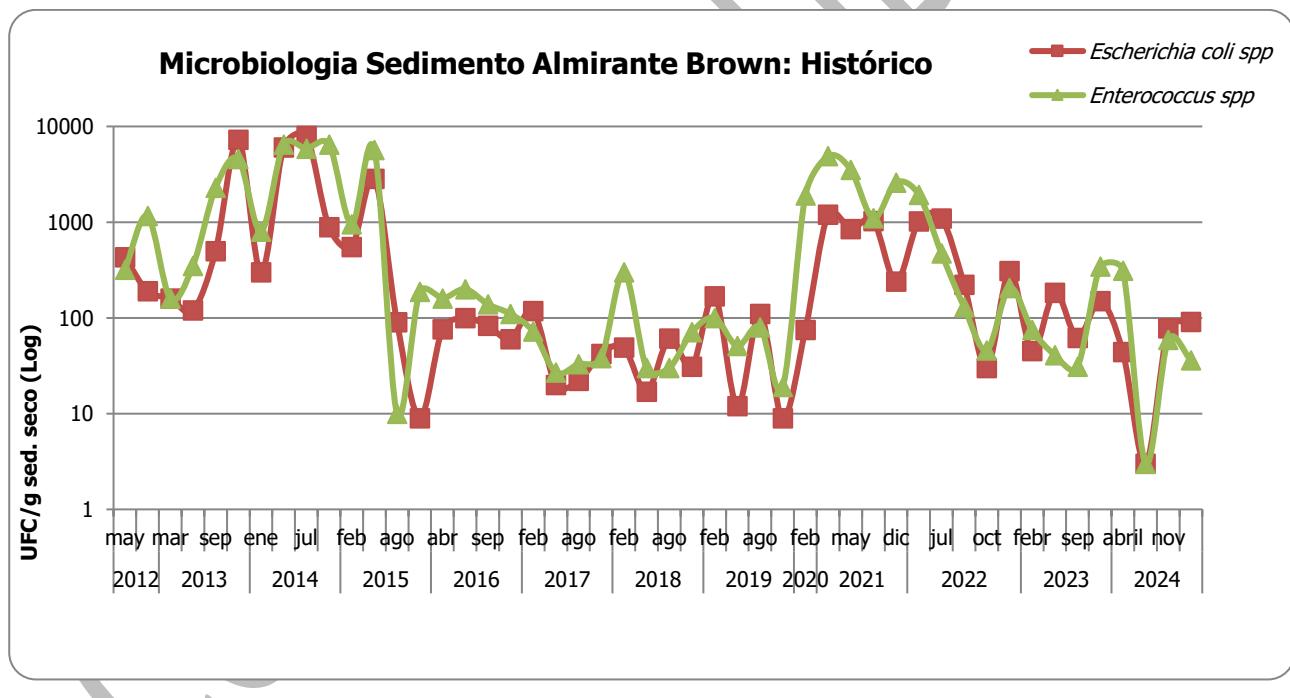


Estos recuentos observados son típicos de ambientes costeros.

- **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 C del ANEXO I- estuario de Bahía Blanca, página 71) para la protección de la vida acuática en sedimentos marinos. Solo se registraron 4 valores que los superen, en una oportunidad el níquel y en 3 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. Esta tendencia se viene observando desde el año pasado en los sedimentos (ver página 29 y 43)

Los recuentos de *Escherichia coli* en sedimento oscilaron desde no detectable hasta 91 UFC/grs y los de *Enterococcus* spp. lo hicieron desde no detectable y 313 UFC/grs de peso seco, ambos menores a los dos años anteriores.



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 durante el periodo 2021- 2022, 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 fueron intercalándose meses de mejor rendimiento con meses donde se evidencia una caída de régimen.

La falta de un tratamiento terciario en la planta depuradora (condicionamiento de la Res. N° 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 también a las variaciones de los mismos en el canal Maldonado y los que ya traen el arroyo Saladillo de García; potenciando el impacto de este indicador sobre el estuario.

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

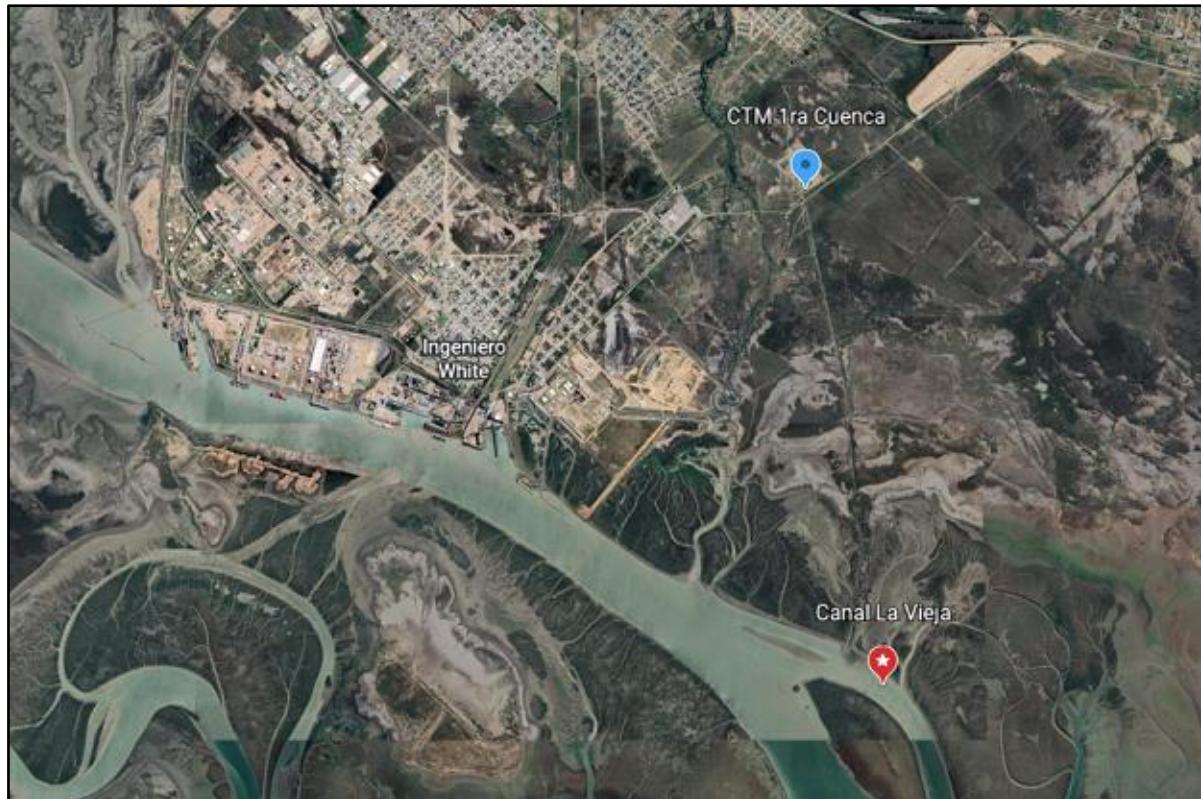
La Planta Depuradora Cloacal Primera Cuenca de ABSA, descargaba los residuos cloacales de gran parte de Bahía Blanca e Ing. White, a un canal de marea del estuario de Bahía Blanca. El CTE celebró convenios junto al Instituto Argentino de Oceanografía para realizar un estudio del impacto de la descarga cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca en 2003-2004 y 2018 y junto 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 1<sup>ra</sup> 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

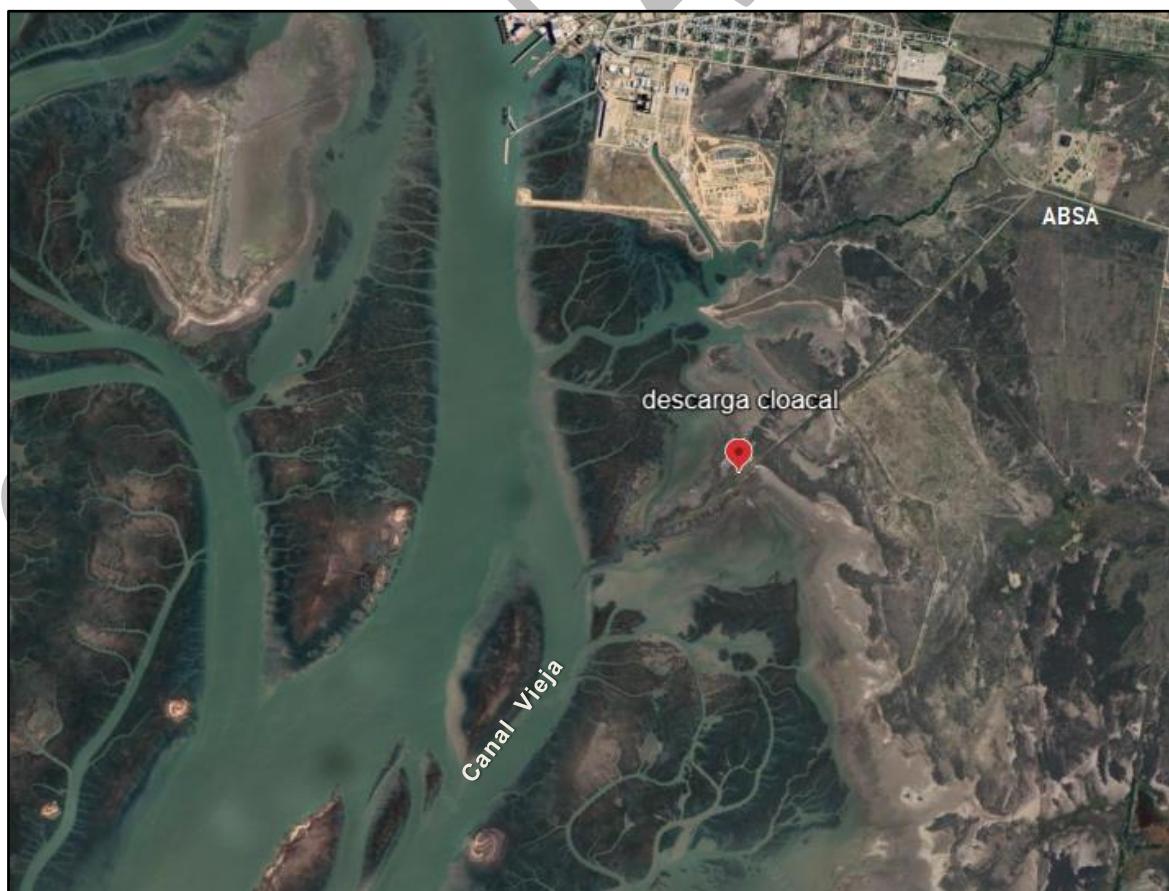
La PTLC para la 1<sup>ra</sup> Cuenca debe cumplir con los parámetros de calidad - límites admisibles para efluentes cloacales, establecidos en la Ley N° 11820 y sus modificatorias, para descargas a curso de agua, dado que el cuerpo receptor de vuelco de dicha descarga es un canal menor que se abre a 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 1<sup>ra</sup> Cuenca



Detalle de la ubicación de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales 1<sup>ra</sup> Cuenca y su descarga al estuario

La planta depuradora cloacal para la 1<sup>ra</sup> cuenca, durante gran parte de 2024 se encontró mayormente parada por no contar con electricidad gran parte de la misma debido a robos de los cables internos en sucesivos hechos vandálicos. Solo contó con el pretratamiento que retira sólidos previo al ingreso al tratamiento (sin funcionamiento). Desde esa cámara parshall, se desvió el líquido cloacal de la planta hacia el estuario, volcando el mismo a un brazo somero del canal de marea "La Vieja", el que se comunica con el canal principal de navegación del estuario. Para octubre pudieron energizar el reactor y los sedimentadores, pero luego se produjo una falla en el sistema de automatismo del tren primario, que en noviembre parecían haber subsanado, pero en diciembre nuevamente pararon para hacerle mantenimiento.

Por la falta de funcionamiento solo se tomaron 4 muestras durante 2024: las dos primeras desde la salida del pretratamiento (extracción físico-mecánica de sólidos) ya que de ahí se desvió el efluente fuera de planta (sin tratamiento) y las 2 últimas desde la CTM correspondiente, en momentos que la planta estaba depurando. Se aclara que el sector de cloración final nunca funcionó en el año, por lo tanto, no analizamos cloro libre en las muestras del efluente.

*In situ* se hicieron algunas mediciones (pH, T°, conductividad, sólidos sedimentables 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, 17<sup>o</sup> edición.

### 4.3 Resultados

En la tabla 1 del ANEXO V-Estuario de Bahía Blanca, página 89, se presentan los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos efectuados en las muestras tomadas en la PTLC para la 1<sup>ra</sup> Cuenca. Analizando los mismos, surgen como resultados más destacables durante 2024 lo siguiente:

- Los altos recuentos de bacterias fecales por encima de los niveles permitidos fue una constante que más allá de la falta o insuficiencia del tratamiento tiene también que ver con la falta de cloración.
- El nitrógeno total, amoniacoal y fósforo estuvieron altos en todas las muestras superando el límite permitido para descargas a lugares tendientes a la eutrofización como son los canales de la zona interna del estuario. La demanda biológica de oxígeno también superó el límite

prácticamente todo el año. 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. Además, las consecuencias sobre la biota de las concentraciones de nitrógeno amoniacal detectado, podrían ser severas dada su toxicidad.

- Los sólidos sedimentables en 10 minutos y el dos horas superaron lo esperado en las muestras sin tratamiento. Particularmente la primera muestra del año además presentaba gran turbidez y DQO alta.
- El pH, la temperatura, la conductividad y los metales 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 2024 la planta estuvo mayormente parada, tuvo periodos cortos e interrumpidos de funcionamiento sobre fin de año que no lograron evidenciar una depuración en el efluente volcado al estuario.

La desinfección de aguas residuales es sumamente importante, la falta de cloración conlleva el aporte de microrganismos patógenos al sistema.

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



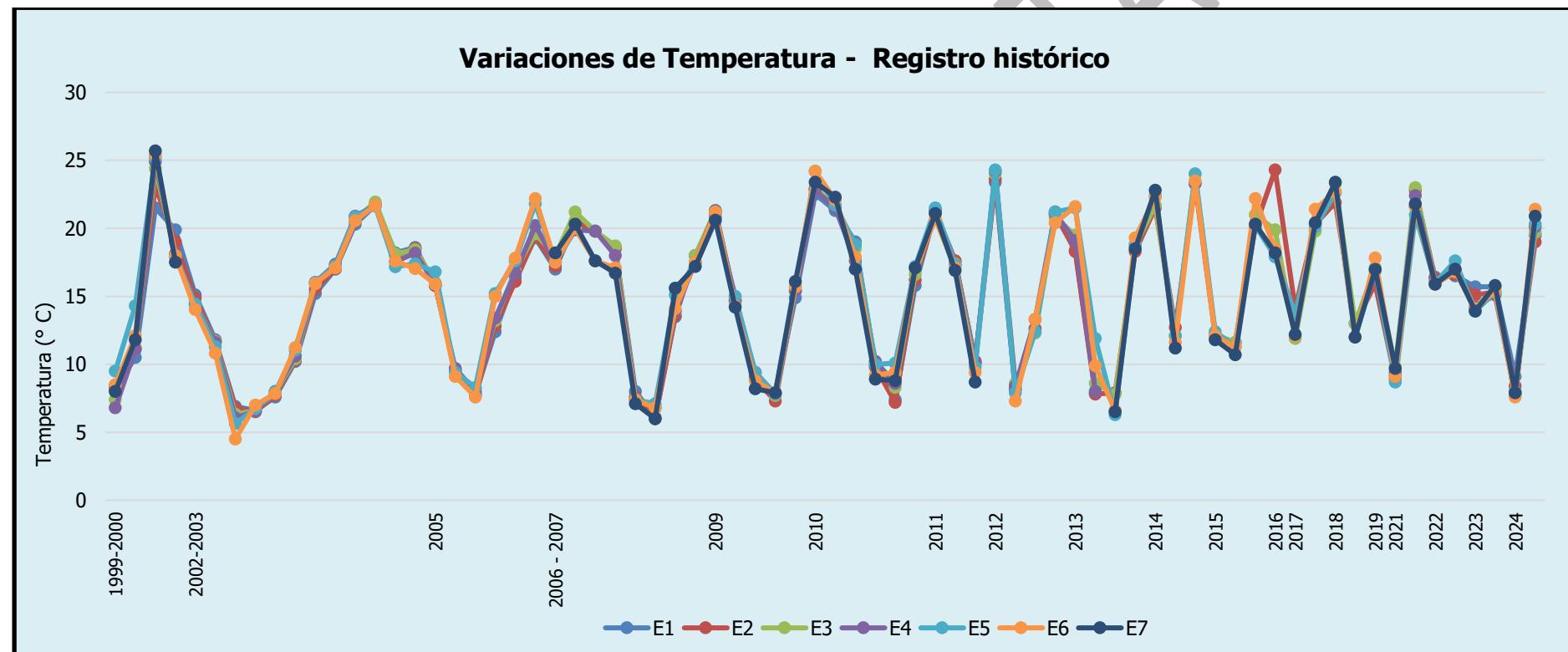
# ANEXOS

**Programa:** Monitoreo de Cuerpos Receptores

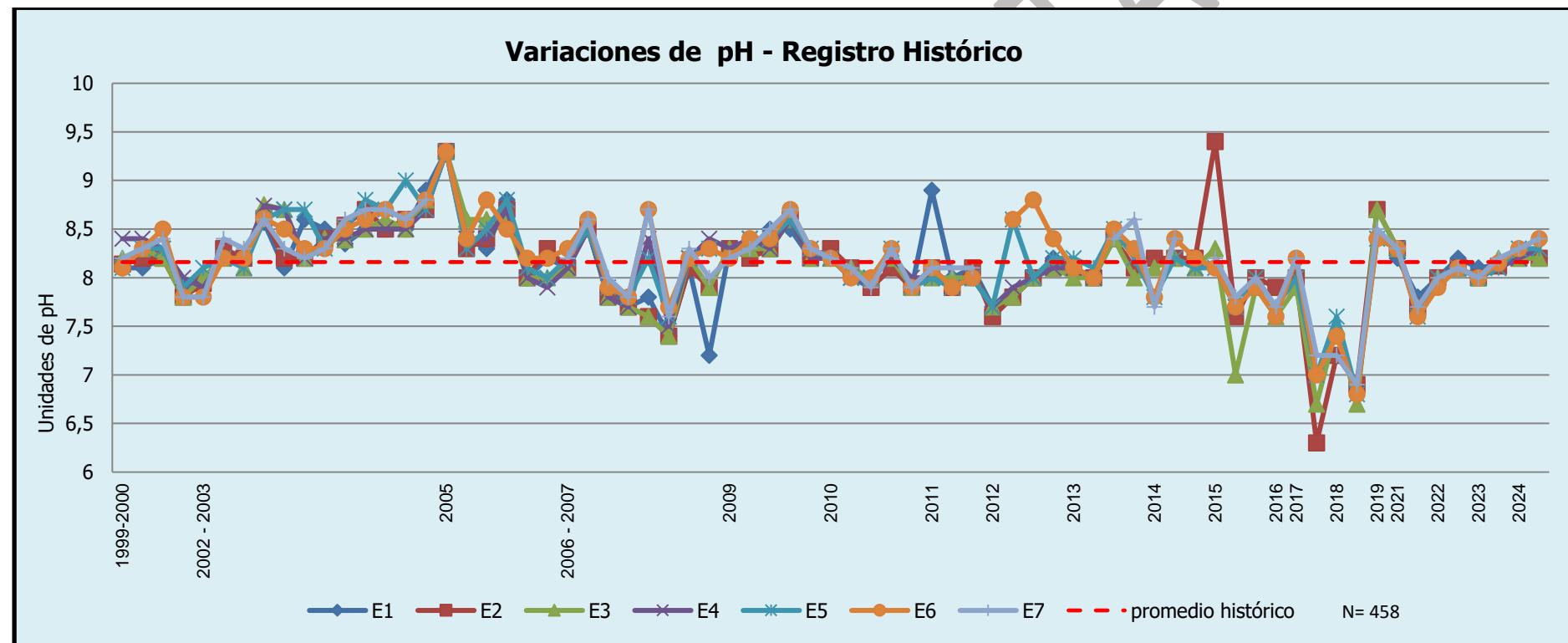
**Subprograma:** Estuario de Bahía Blanca

## 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
<b>Período</b>	<b>2015- 2016</b>	0,50 - 99,4	0,21 - 4,09	5,15 - 7,51	2,94 - 30,19	22,34 - 163,61
	<b>2017-2018</b>	nd - 58,20	0,17 - 3,84	nd - 662,80	0,67 - 5,50	24,25 - 140,78
	<b>2021</b>	6,45 - 23,12	0,11 - 5,23	2,73 - 12,78	1,05 - 3,96	17,14 - 133,59
	<b>2022</b>	9,88 - 62,39	0,97 - 7,01	2,13-18,45	2,05-5,08	36,26 - 157,46
	<b>2023</b>	12,3 - 45,3	0,43 - 4,40	1,97 - 23,50	2,30 - 6,61	20,42 - 145,16
	<b>2024</b>	8,94 - 18,10	0,05 - 1,16	2,89 - 8,64	1,00 - 8,12	32,81 - 79,63

nd: no detectable

**Tabla B.** Se presentan los valores establecidos por la USEPA<sup>21</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>	33	7,9	5
<b>Plomo</b>	210	8,1	10
<b>Cobre</b>	4,8	3,1	4
<b>Zinc</b>	90	81	0,2
<b>Cromo (total)</b>	No establecido	No establecido	No establecido
<b>Níquel</b>	74	8,2	7,1
<b>Mercurio</b>	1,8	0,94	0,1

<sup>21</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>22</sup> para metales pesados en sedimentos marinos superficiales. Las concentraciones están expresadas en mg/kg (ppm) en base seca.

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

<sup>22</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.

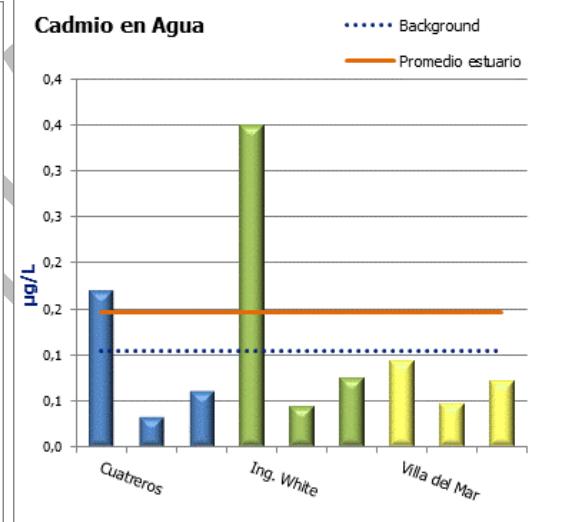
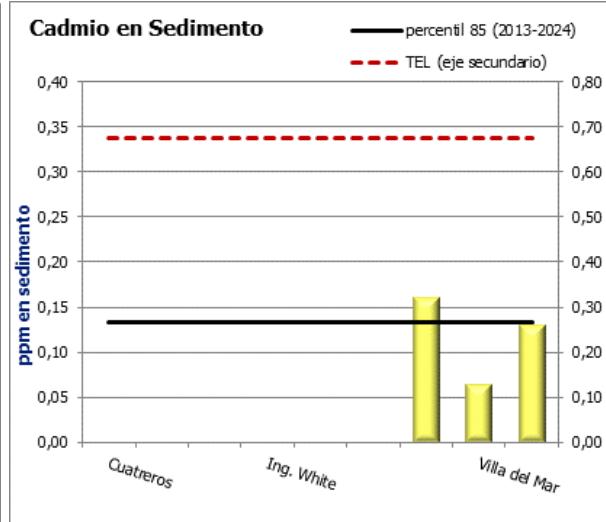
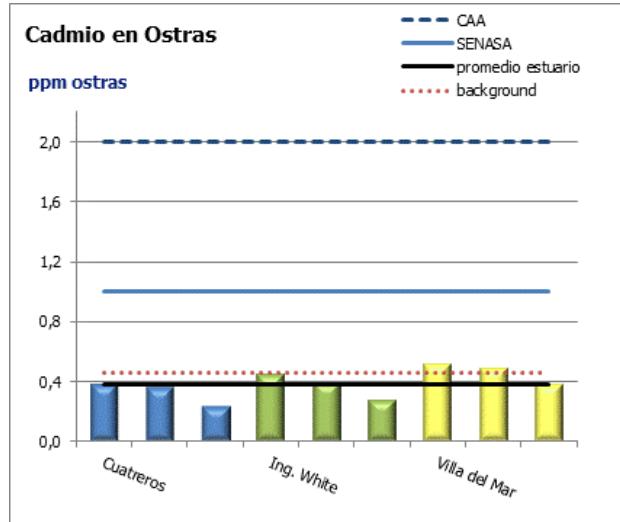
**SENASA:** Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Límite admisible para consumo.

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

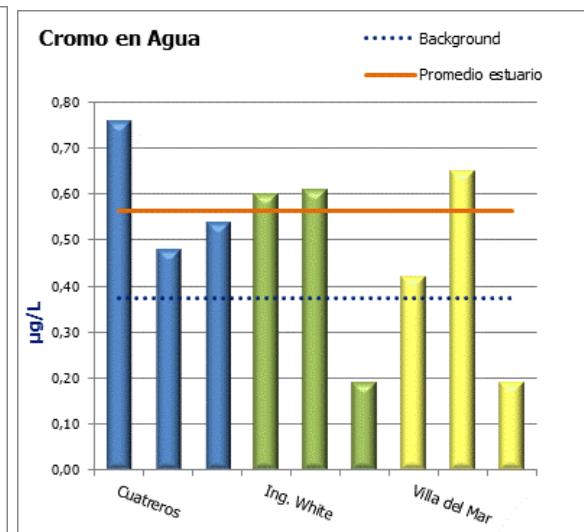
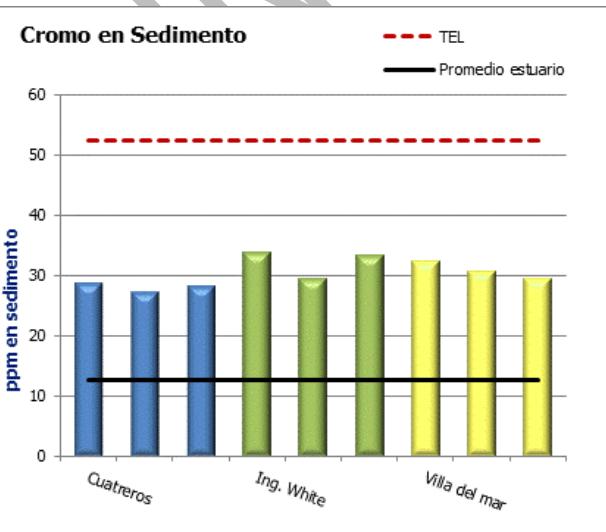
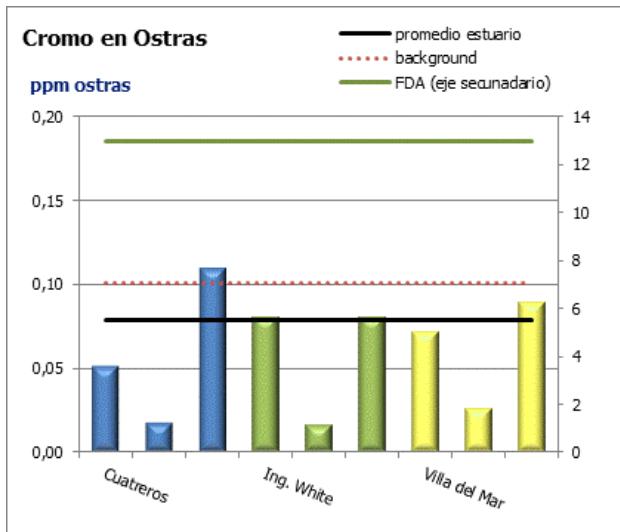
**TEL** (Threshold Effect Level): umbral de no efecto adverso.

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

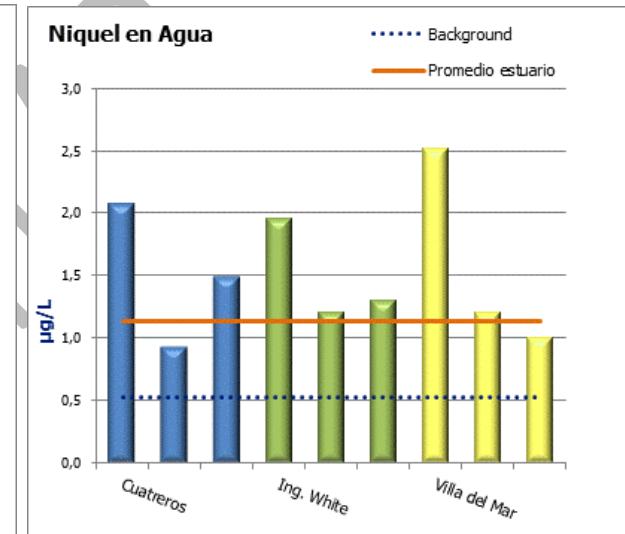
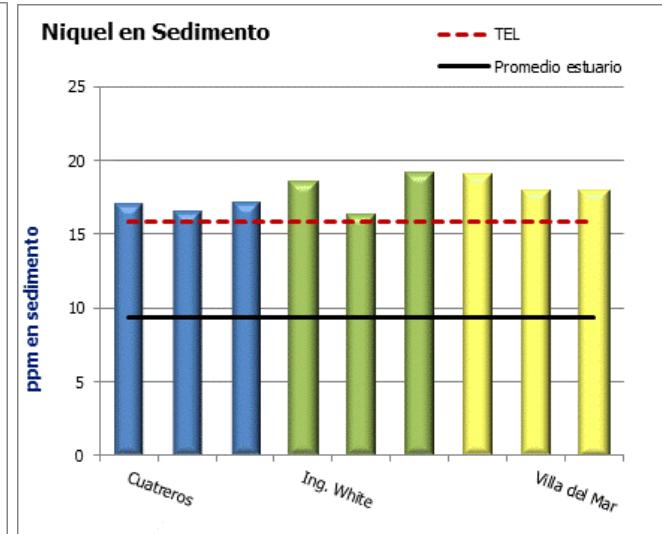
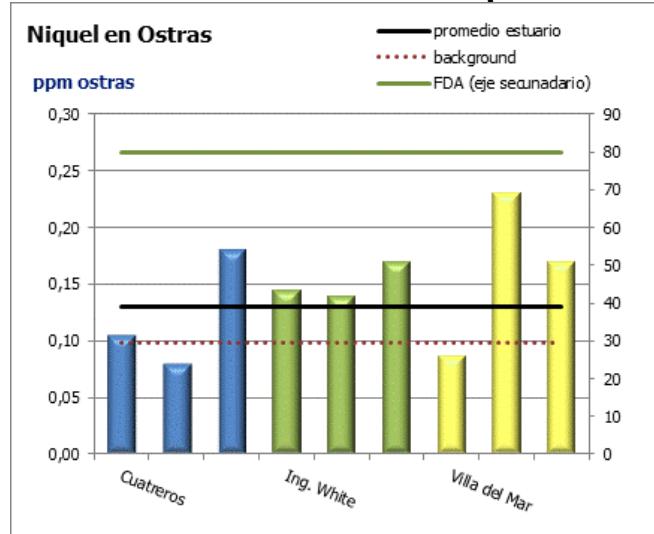
## Gráficos de concentración de Cadmio



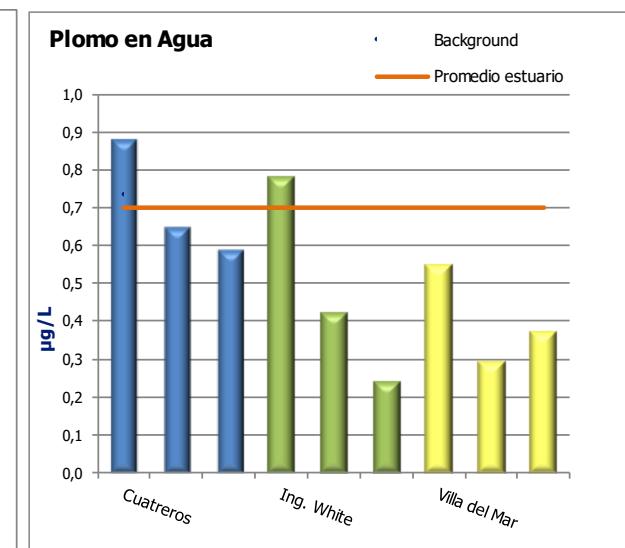
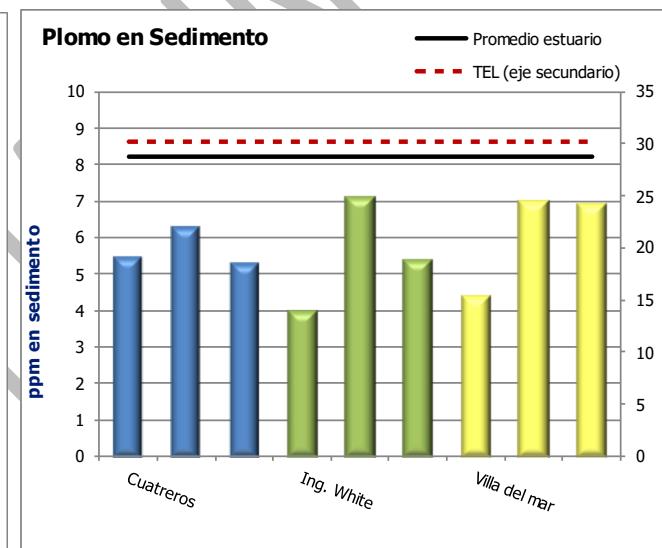
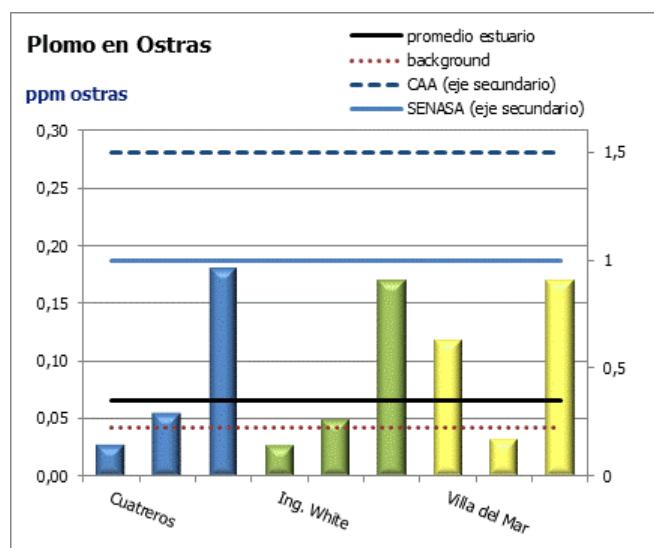
## Gráficos de concentración de Cromo



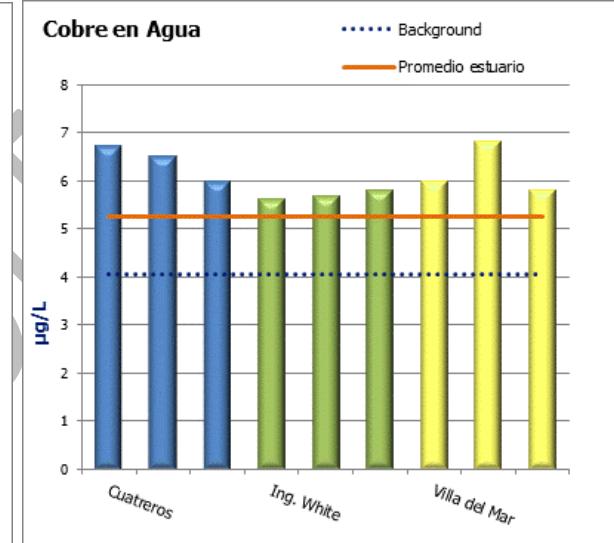
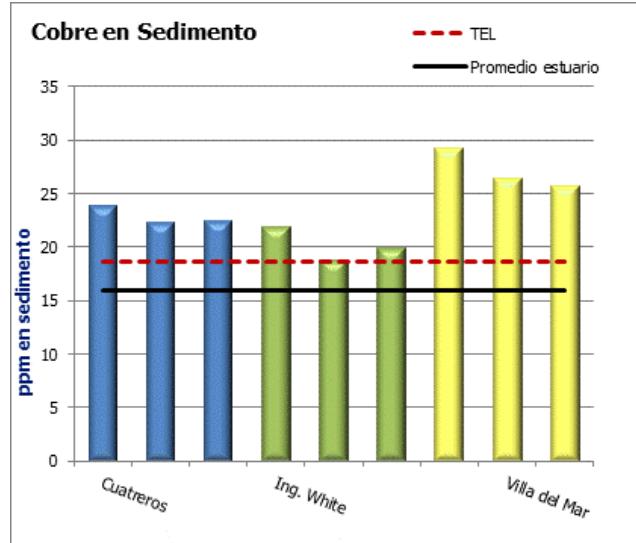
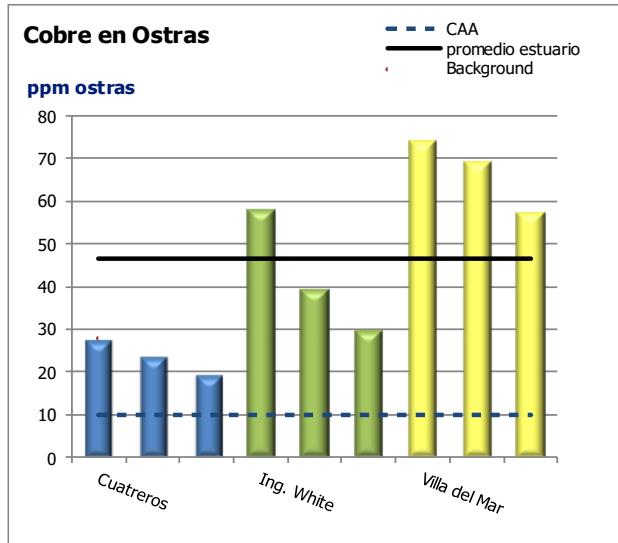
### Gráficos de concentración de Níquel



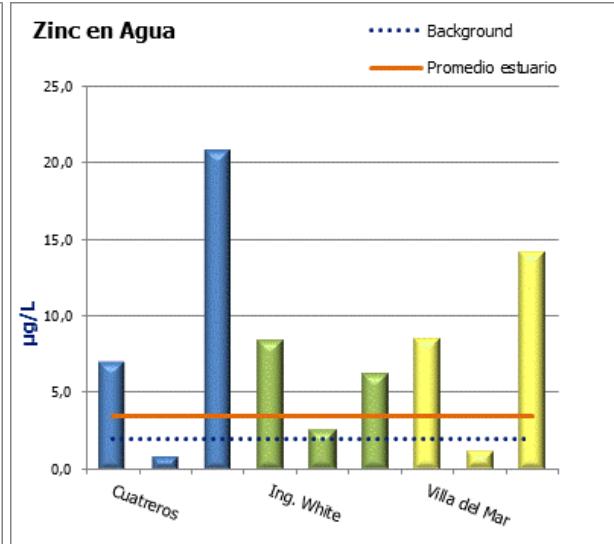
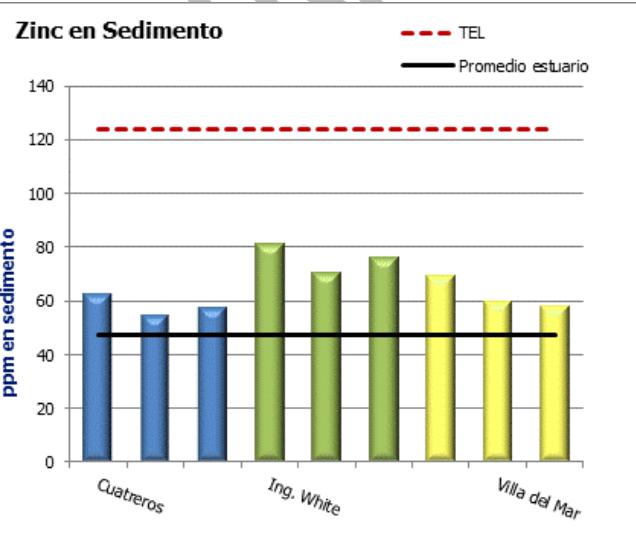
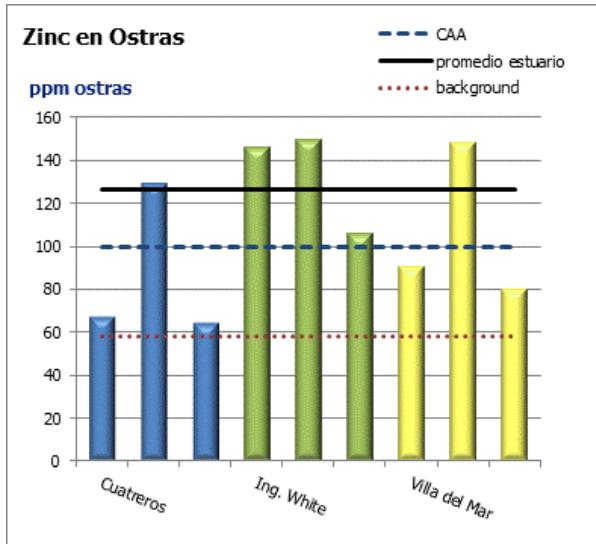
### Gráficos de concentración de Plomo



### Gráficos de concentración de Cobre

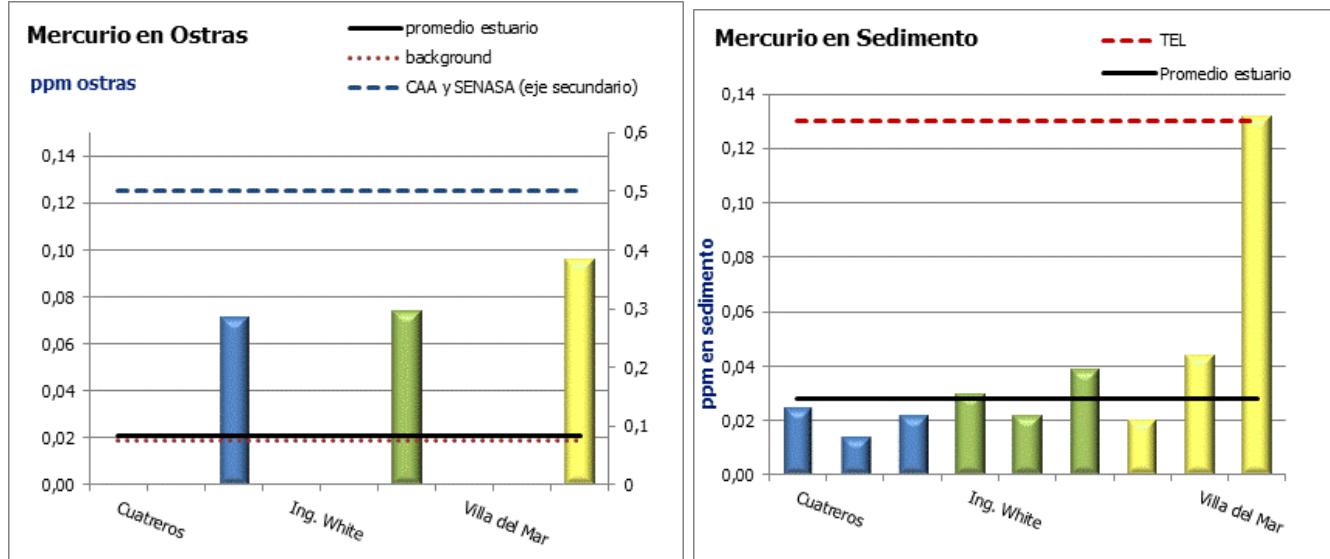


### Gráficos de concentración de Zinc





## 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	48,1	0,016	0,13	0,07	165	Promedio PIM 2013-2024
<i>Crassostrea gigas</i>	Cuatreros. Estuario de Bahía Blanca	0,35	0,07	36,8	0,017	0,12	0,06	111	Promedio PIM 2013-2024
<i>Crassostrea gigas</i>	Villa del Mar. Estuario de Bahía Blanca	0,42	0,10	55,2	0,036	0,14	0,06	94	Promedio PIM 2016-2024
<i>Crassostrea gigas</i>	Los Pocitos. Bahía Anegada	0,46	0,12	26,7	0,019	0,10	0,04	58	Promedio PIM 2013-2024
<i>Crassostrea gigas</i>	Taiwán (China)*	0,19	-	<b>23-410</b>	0,019	0,55	<b>1,29</b>	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	<b>3,8</b>	<b>74,9</b>	<b>0,146</b>	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	<b>446-2984</b>	Ayling (1974)
<i>Crassostrea gigas</i>	Knysna (Sudafrica)*	<b>1,8</b>	-	6,6	-	0,32	-	85	Watling y Watling (1976)
<i>Crassostrea gigas</i>	Isla Kyushu (Japón)*	<b>3,92</b>	-	<b>1022</b>	-	-	<b>2,9</b>	-	Szefer <i>et al.</i> (1997)
<i>Crassostrea gigas</i>	Costa Escosesa	0,32	0,5	13,8	-	<b>0,823</b>	0,12	231	McIntosh <i>et al.</i> (2002)
<i>Crassostrea angulata</i>	Estuario de Guadalquivir (España)*	-	-	<b>595,8</b>	-	-	-	<b>1946</b>	Cordon (1987)
<i>Crassostrea virginica</i>	Long Island Sound (EE.UU.)*	-	-	<b>114-216</b>	-	-	-	-	Zarogian (1979)
<i>Crassostrea virginica</i>	Bahía de St. Louis (EE.UU.)*	-	-	9,2-39,4	-	-	-	<b>52-1026</b>	Lytle y Lytle (1982)
<i>Crassostrea virginica</i>	Costa Atlántica (EE.UU.)	-	0,4	<b>91,5</b>	-	0,19	0,47	1428	Pringle <i>et al.</i> (1968)
<i>Crassostrea virginica</i>	Bahía Chesapeake (EE.UU.)	<b>3,41</b>	-	<b>10,9-273</b>	-	-	-	<b>505-3033</b>	Wright <i>et al.</i> (1985)
<i>Crassostrea virginica</i>	Veracruz (Méjico)	<b>7,32-11,77</b>	<b>20-33,6</b>	<b>202-280</b>	-	<b>7,62-14</b>	<b>21,42-11</b>	<b>157-3352</b>	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>	Méjico*	<b>0,82</b>	-	<b>65,2</b>	-	-	<b>1,76</b>	126	Vázquez <i>et al.</i> (1993)
<i>Crassostrea margaritacea</i>	Costa sur de Suráfrica*	-	-	119,4	-	-	-	<b>25-1303</b>	Watling y Watling (1974)
<i>Crassostrea madrasensis</i>	Estuario Ennore (India)*	0,53	<b>4,6</b>	47,6	-	<b>2,9</b>	<b>1,005</b>	150,5	Joseph y Srivastava (1993)
<i>Crassostrea brasiliensis</i>	Bahía Sepetiba (Brasil)*	<b>1,9</b>	<b>1,606</b>	4,9	-	<b>3,62</b>	<b>2,7</b>	<b>1900</b>	Lima <i>et al.</i> (1986); Gomes <i>et al.</i> (1991)
<i>Crassostrea brasiliensis</i>	Bahía Guanabara (Brasil)*	0,08	-	29,6	-	0,68	<0,26	260,6	Gomes <i>et al.</i> (1991)
<i>Crassostrea brasiliensis</i>	Estuario de Cananéia (Brasil)	<b>11</b>	-	2,6	0,02	-	0,08	393	Machado <i>et al.</i> (2002)
<i>Crassostrea iridescens</i>	El Salvador*	<0,24	<b>3,16</b>	<b>124,4</b>	-	<b>2,12</b>	<0,24	408	Michel y Zengel (1998)
<i>Crassostrea iridescens</i>	Mazatlán (Méjico)*	<b>3,6</b>	-	20	-	<b>1,7</b>	-	402	Paez-Osuna y Marmolejo Rivas (1990)
<i>Crassostrea rhizophorena</i>	Estuario Rio Cocó y Ceará (Brasil)*	<b>1,07</b>	0,35	3,7	-	-	-	236	Gonçalves <i>et al.</i> (2007)
<i>Saccostrea commercialis</i>	Puerto Jackson (Australia)	-	-	<b>149-175</b>	0,01-0,03	-	<b>0,9-1,1</b>	<b>861-1176</b>	Scanes y Roach (1999)
<i>Saccostrea commercialis</i>	Estuario Pittwater (Australia)	-	-	<b>308</b>	-	-	-	469	Birch y Hogg (2011)
Ostras	Promedio Mundial*	0,54	0,198	12,4	<b>0,078</b>	0,186	0,206	82	Cantillo (1998) NOAA (1997)
Ostras	Umbral de contaminación*	<b>0,74</b>	<b>0,50</b>	<b>60</b>	<b>0,046</b>	<b>0,68</b>	<b>0,64</b>	<b>800</b>	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 2024 y los niveles de referencia.

Arroyo Maldonado	2024						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	<b>8,6</b>	-	<b>9,1</b>	-	<b>9,1</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>	NE
Temperatura (°C)	13,5	-	13,9	-	22,13	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	4,32	-	2,13	-	1,84	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	75	-	19	-	12	-	<b>≤ 100</b>	NE
TDS (g/l)	n/a	-	1,35	-	1,18	-	NE	NE
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE
DQO (mg/l)	23	-	8	-	< LD	-	NE	NE
DBO (mg/l)	< LD	-	2	-	< LD	-	<b>≤ 10</b>	NE
N <sub>tot</sub> (mg/l)	1,6	-	5,3	-	1,7	-	NE	NE
N <sub>amon</sub> (mg/l)	n/a	-	n/a	-	0,08	-	<b>≤ 0,5</b>	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,38</b>	-	<b>0,14</b>	-	<b>0,18</b>	-	<b>≤ 0,025</b>	NE
HTP	n/a	-	n/a	-	< LD	-	<b>NE</b>	NE
BTEX	n/a	-	n/a	-	n/a	-	<b>NE</b>	NE
PAH	n/a	-	n/a	-	< LD	-	<b>≤ 4,375</b>	NE
Cadmio (ppm)	0,00019	0,39	< 0,0001	0,1	0,00011	0,12	<b>≤ 0,075</b>	<b>0,596</b>
Níquel (ppm)	0,0028	11,5	0,0010	1,6	0,0023	7,2	<b>≤ 0,05</b>	<b>18</b>
Zinc (ppm)	0,0330	151	0,0050	21,5	0,0207	98,6	<b>≤ 7,5</b>	<b>123,1</b>
Plomo (ppm)	0,0013	17,8	0,0011	1,8	0,0017	18,9	<b>≤ 0,025</b>	<b>35</b>
Cobre (ppm)	0,0069	40,1	0,0008	3	0,0069	20,9	<b>≤ 5</b>	<b>35,7</b>
Cromo (ppm)	0,0008	21,4	0,0006	0,8	0,0013	17,8	<b>≤ 0,125</b>	<b>37,3</b>
Mercurio (ppm)	0,0002	0,027	< LD	0,035	< LD	0,017	<b>≤ 0,025</b>	<b>0,174</b>
<b>bacteriológico</b>								
Escherichia coli (UFC/100ml)	<b>2700</b>		<b>3800</b>		<b>8600</b>		<b>≤ 126 (*)</b>	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	93600		49200		65600		NE	

n/a: no analizado

NE: no especificado

LD: Límite de detección

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

**Tabla 2.** Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Napostá, durante el 2024 y los niveles de referencia.

Arroyo Napostá	2024						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	24/4/2024	12/9/2024	16/12/2024		agua	sedimento		
	fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,5	-	8,0	-	<b>8,9</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>	NE
Temperatura (°C)	16	-	14,5	-	23,3	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	1,33	-	2,33	-	1,79	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	38	-	8	-	11	-	<b>≤ 100</b>	NE
TDS (g/l)	n/a	-	1,52	-	1,15	-	NE	NE
SS10' (ml/l)	< LD	-	< 0,1	-	< LD	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	< LD	-	< 0,1	-	< LD	-	NE	NE
DQO (mg/l)	14	-	6	-	< LD	-	NE	NE
DBO (mg/l)	5,1	-	9	-	< LD	-	<b>≤ 10</b>	NE
N <sub>tot</sub> (mg/l)	1	-	5,1	-	0,31	-	NE	NE
N <sub>amon</sub> (mg/l)	n/a	-	n/a	-	0,22	-	<b>≤ 0,5</b>	NE
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,35</b>	-	<b>0,41</b>	-	<b>0,31</b>	-	<b>≤ 0,025</b>	NE
HTP	n/a	-	n/a	-	< LD	-	<b>NE</b>	NE
BTEX	n/a	-	n/a	-	n/a	-	<b>NE</b>	NE
PAH	n/a	-	n/a	-	< LD	-	<b>≤ 4,375</b>	NE
Cadmio (ppm)	0,0001	0,23	< 0,0001	0,12	0,0001	0,13	<b>≤ 0,0076</b>	<b>0,596</b>
Níquel (ppm)	0,0018	6,9	0,0014	2,9	0,0026	4,4	<b>≤ 0,05</b>	<b>18</b>
Zinc (ppm)	0,0062	95,4	0,0131	6,2	0,0195	47,6	<b>≤ 7,5</b>	<b>123,1</b>
Plomo (ppm)	0,0004	11,6	0,0026	2,7	0,0008	34,9	<b>≤ 0,025</b>	<b>35</b>
Cobre (ppm)	0,0034	15,1	0,0018	3,2	0,0075	9,7	<b>≤ 5</b>	<b>35,7</b>
Cromo (ppm)	0,0005	14,5	0,0008	1,5	0,0008	9,3	<b>≤ 0,125</b>	<b>37,3</b>
Mercurio (ppm)	< LD	0,032	< LD	0,013	< LD	0,008	<b>≤ 0,025</b>	<b>0,174</b>
	bacteriológico							
Escherichia coli (UFC/100ml)	<b>4800</b>		<b>6900</b>		<b>9600</b>		<b>≤ 126 (*)</b>	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	79600		109600		194600		NE	

n/a: no analizado

NE: no especificado

LD: Límite de detección

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

**Tabla 3.** Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Sauce Chico, durante el 2024 y los niveles de referencia.

Arroyo Sauce Chico	2024						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)	
	24/4/2024		12/9/2024		16/12/2024				
fisicoquímico									
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	
pH (upH)	<b>8,8</b>	-	<b>9,2</b>	-	<b>9</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>	NE	
Temperatura (°C)	12,6	-	13,2	-	23,1	-	NE	NE	
Conductividad (mS/cm)	0,89	-	1,16	-	1,06	-	NE	NE	
Turbidez (NTU)	53	-	20	-	28	-	<b>≤ 100</b>	NE	
TDS (g/l)	n/a	-	0,74	-	0,673	-	NE	NE	
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE	
SS120' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE	
DQO (mg/l)	9	-	< LD	-	< LD	-	NE	NE	
DBO (mg/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	<b>≤ 10</b>	NE	
N <sub>tot</sub> (mg/l)	0,8	-	< LD	-	0,9	-	NE	NE	
N <sub>amon</sub> (mg/l)	n/a	-	n/a	-	0,21	-	<b>≤ 0,5</b>	NE	
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,32</b>	-	<b>0,06</b>	-	<b>0,12</b>	-	<b>≤ 0,025</b>	NE	
HTP	n/a	-	n/a	-	< LD	-	NE	NE	
BTEX	n/a	-	n/a	-	n/a	-	NE	NE	
PAH	n/a	-	n/a	-	< LD	-	<b>≤ 4,375</b>	NE	
Cadmio (ppm)	0,0001	0,18	< 0,0001	< 0,1	0,0001	0,11	<b>≤ 0,075</b>	<b>0,596</b>	
Níquel (ppm)	0,0016	6,7	0,0009	2,1	0,0025	7,2	<b>≤ 0,05</b>	<b>18</b>	
Zinc (ppm)	0,0096	32,6	0,0028	21,3	0,0085	32,7	<b>≤ 7,5</b>	<b>123,1</b>	
Plomo (ppm)	0,0004	2,2	0,0006	0,81	0,0011	1,2	<b>≤ 0,025</b>	<b>35</b>	
Cobre (ppm)	0,0012	9,1	0,0007	1,1	0,0065	11,4	<b>≤ 5</b>	<b>35,7</b>	
Cromo (ppm)	0,0005	12,9	0,0006	0,5	0,0007	18,4	<b>≤ 0,125</b>	<b>37,3</b>	
Mercurio (ppm)	<LD	0,005	<LD	0,004	<LD	0,005	<b>≤ 0,025</b>	<b>0,174</b>	
	bacteriológico								
Escherichia coli (UFC/100ml)	100		< 10		<b>1200</b>		<b>≤ 126 (*)</b>		
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	7290		11200		54100		NE		

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

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

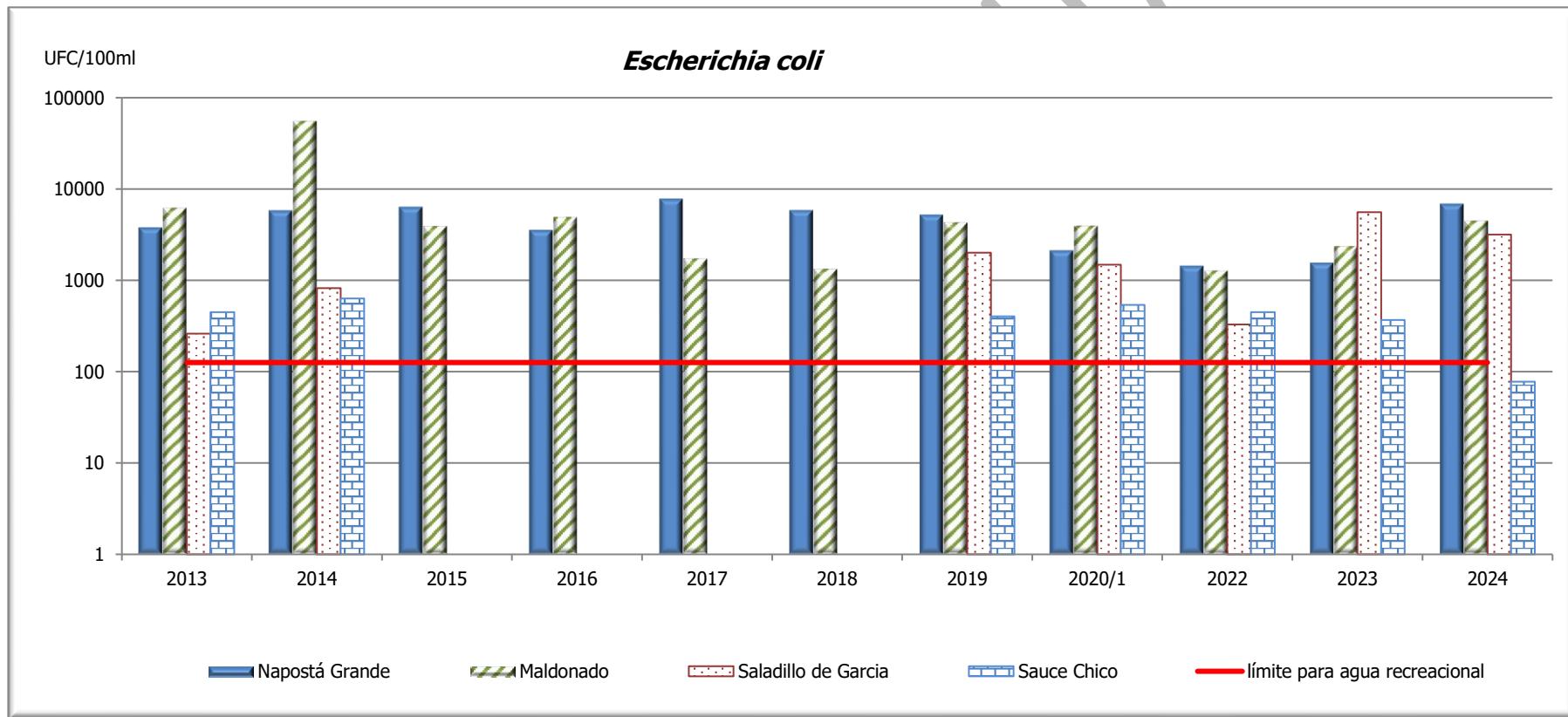
**Tabla 4.** Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Saladillo de García, durante el 2024 y los niveles de referencia.

Arroyo Saladillo de García	2024								Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)	
	24/4/2024		12/9/2024		16/12/2024						
fisicoquímico											
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento			
pH (upH)	<b>8,7</b>	-	<b>9,2</b>	-	<b>9,2</b>	-	<b>6,5 - 8,5</b>	NE			
Temperatura (°C)	10,8	-	12,1	-	20,2	-	NE	NE			
Conductividad (mS/cm)	5,5	-	5,5	-	5,12	-	NE	NE			
Turbidez (NTU)	68	-	39	-	16,2	-	<b>≤ 100</b>	NE			
TDS (g/l)	n/a	-	3,45	-	3,22	-	NE	NE			
SS10' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	0,3	-	NE	NE			
SS120' (ml/l)	< LD	-	< LD	-	1,2	-	NE	NE			
DQO (mg/l)	52	-	21	-	43	-	NE	NE			
DBO (mg/l)	< LD	-	3	-	<b>26</b>	-	<b>≤ 10</b>	NE			
N <sub>tot</sub> (mg/l)	< LD	-	0,3	-	0,7	-	NE	NE			
N <sub>amon</sub> (mg/l)	n/a	-	n/a	-	0,42	-	<b>≤ 0,5</b>	NE			
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>0,62</b>	-	<b>0,37</b>	-	<b>0,45</b>	-	<b>≤ 0,025</b>	NE			
HTP	n/a	-	n/a	-	< LD	-	NE	NE			
BTEX	n/a	-	n/a	-	n/a	-	NE	NE			
PAH	n/a	-	n/a	-	< LD	-	<b>≤ 4,375</b>	NE			
Cadmio (ppm)	0,0006	0,75	< 0,0001	< 0,1	0,0002	0,24	<b>≤ 0,075</b>	<b>0,596</b>			
Níquel (ppm)	0,0037	11,8	0,0028	3,4	0,0149	12,8	<b>≤ 0,05</b>	<b>18</b>			
Zinc (ppm)	0,0201	63,1	0,0061	5,5	0,0431	66,2	<b>≤ 7,5</b>	<b>123,1</b>			
Plomo (ppm)	0,0005	7,9	0,0018	1,5	0,0032	6,8	<b>≤ 0,025</b>	<b>35</b>			
Cobre (ppm)	0,0077	28,7	0,0024	3,1	0,0129	26,7	<b>≤ 5</b>	<b>35,7</b>			
Cromo (ppm)	0,0010	16,5	0,0008	1,5	0,0032	24,8	<b>≤ 0,125</b>	<b>37,3</b>			
Mercurio (ppm)	< LD	0,022	< LD	0,022	< LD	0,024	<b>≤ 0,025</b>	<b>0,174</b>			
	bacteriológico										
Escherichia coli (UFC/100ml)	<b>5200</b>		<b>600</b>		<b>10200</b>		<b>≤ 126 (*)</b>				
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	71600		106200		374400		NE				

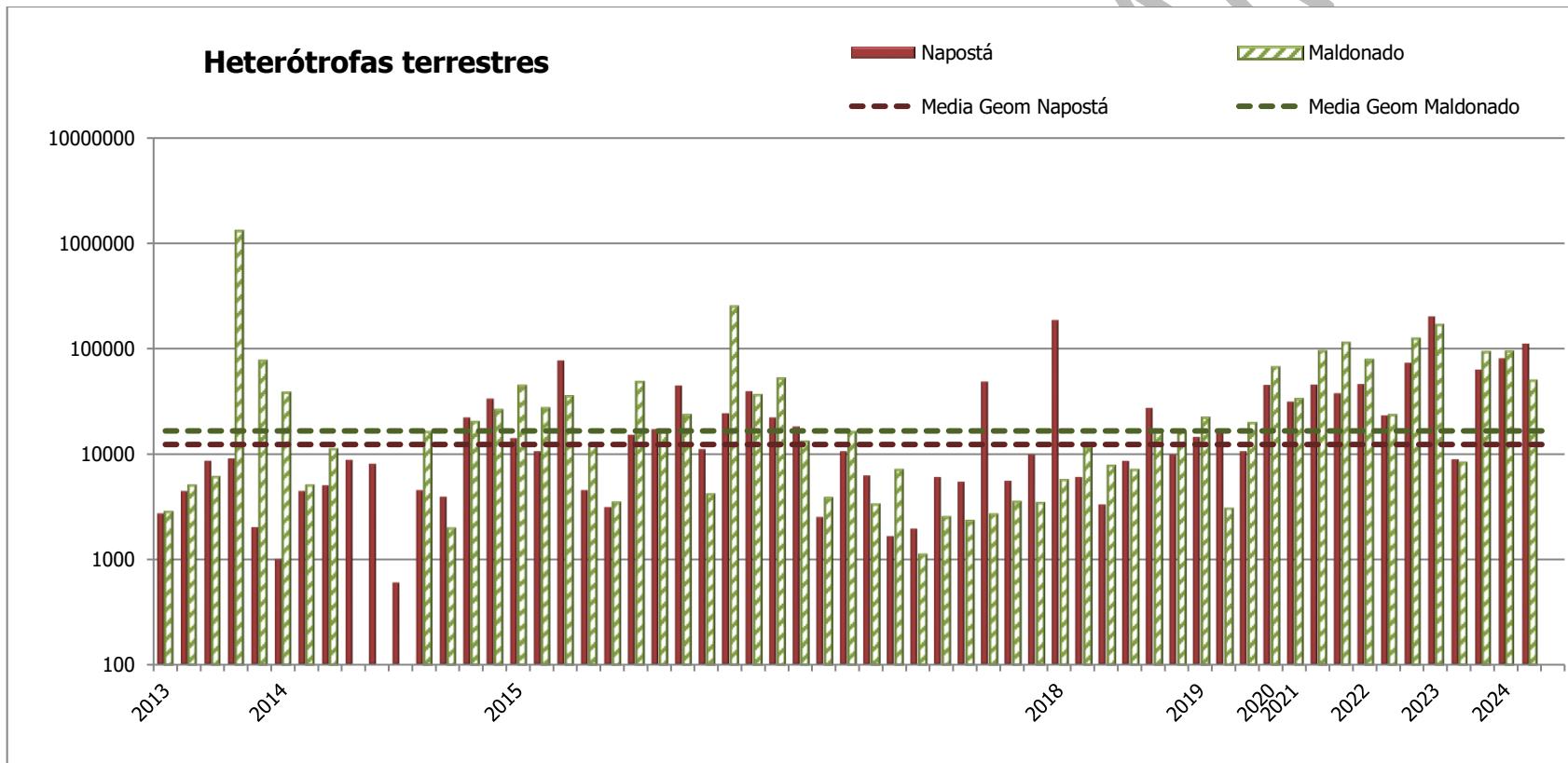
n/a: no analizado  
NE: no especificado  
LD: Límite de detección

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 Medias geométricas anuales de recuentos de *Escherichia coli* en el arroyo Napostá Grande Saladillo de García 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 2024.

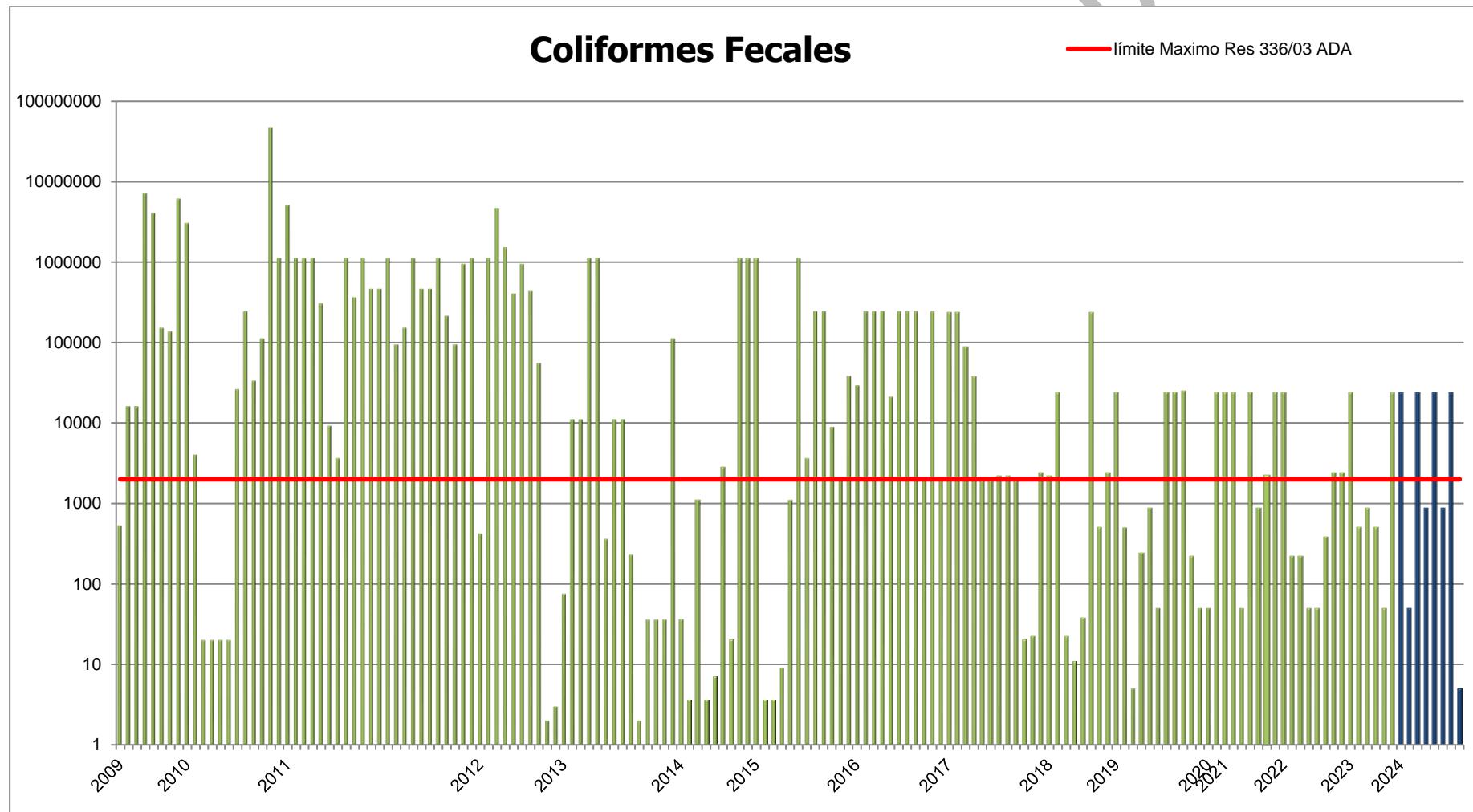
3ra Cuenca	2024								Límite Res. 336/03
	10-abr	6-jun	23-jul	27-ago	12-sep	22-oct	25-nov	13-dic	
<b>Fisicoquímico</b>	<b>Fisicoquímico</b>								
pH (upH)	7,7	7,9	7,7	8,2	8,1	7,9	8,1	7,7	6,5 - 10,0
Temperatura (°C)	20,9	17,8	16,4	17,4	17	21,6	23,4	23,4	≤ 45
Conductividad (mS/cm)	1,82	1,95	1,64	1,85	1,9	1,61	1,86	1,8	NE
Turbidez (NTU)	10,6	5,7	10,7	28,8	39	38	38	n/a	NE
TDS (g/l)	n/a	n/a	1,05	1,85	1,27	1,06	1,19	1,15	NE
SS10' (ml/l)	< LD	< LD	<b>0,1</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	ausente
SS120' (ml/l)	0,1	< LD	<b>0,8</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	≤ 0,1
Cloro residual (mg/l)	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,6</b>	≤ 0,5
DQO (mg/l)	26	48	53	99	76	56	113	10	≤ 250
DBO (mg/l)	11	< LD	42	23	<b>52</b>	24	30	< LD	≤ 50
N amoniacal (mg/l)	n/a	n/a	10,8	<b>28,8</b>	24	1,24	<b>32</b>	<b>26,25</b>	≤ 25
N <sub>tot</sub> (mg/l)	25,8	29,6	27	31,4	30	10,0	34	28,4	≤ 35
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>3,7</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>	<b>3,8</b>	<b>2,8</b>	<b>4,3</b>	<b>4,3</b>	<b>3,0</b>	≤ 1,0
BTEX (mg/l)	n/a	n/a	n/a	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	NE
PAHs (mg/l)	n/a	n/a	n/a	< LD	n/a	n/a	n/a	n/a	NE
HTP (mg/l)	n/a	n/a	n/a	< LD	n/a	n/a	n/a	n/a	≤ 30
Cadmio (mg/l)	0,00004	0,00005	0,00005	0,00007	0,00003	0,00002	0,00002	0,00009	≤ 0,1
Niquel (mg/l)	0,0015	0,0017	0,0032	0,0028	0,0015	0,0020	0,0016	0,0033	≤ 2,0
Zinc (mg/l)	0,0109	0,0179	0,0944	0,0908	0,0209	0,0207	0,0134	0,0313	≤ 2,0
Plomo (mg/l)	0,0006	0,0012	0,0012	0,0009	0,0012	0,0006	0,0024	0,0015	≤ 0,1
Cobre (mg/l)	0,0009	0,0009	0,0066	0,0086	0,0022	0,0008	0,0035	0,0074	≤ 1,0
Cromo (mg/l)	0,0006	0,0009	0,0001	0,0000	0,0005	0,0003	0,0004	0,0015	≤ 2,0
Mercurio (mg/l)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,0006	< LD	≤ 0,005
<b>Bacteriológico</b>	<b>Bacteriológico</b>								
Enterococcus spp. (UFC/100ml)	133400	200	185600	4600	388000	8200	164200	ausencia	NE
Coliformes fecales (NMP/100ml)	<b>&gt; 24000</b>	< 200	<b>&gt; 24000</b>	880	<b>&gt; 24000</b>	880	<b>&gt; 24000</b>	< 20	≤ 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 2024.

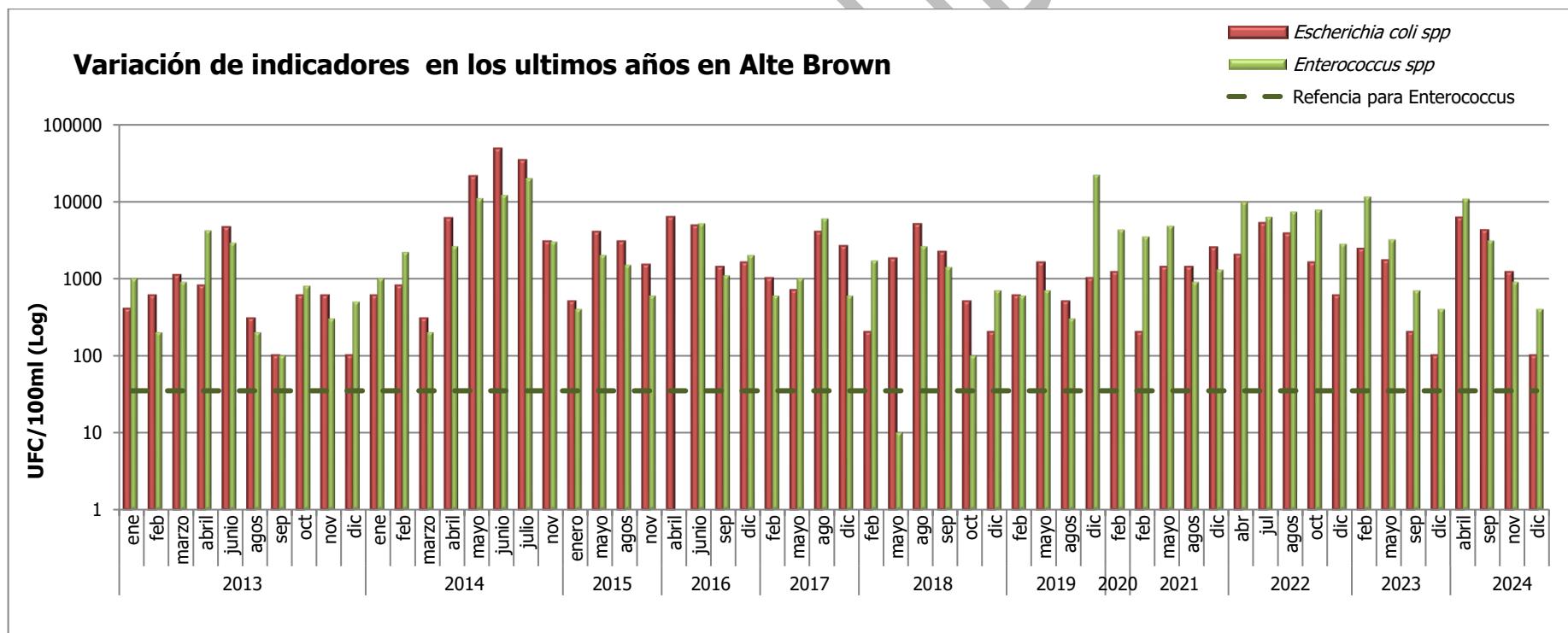
Alte Brown	2024							
	Fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,0	-	8,2	-	8,2	-	8,0	-
Temperatura (°C)	12,9	-	13,5	-	23,7	-	22,5	-
Conductividad (mS/cm)	37,8	-	56,5	-	62	-	61,2	-
Turbidez (NTU)	38	-	31	-	19	-	22	-
TDS (g/l)	22,7	-	33,6	-	37,2	-	36,8	-
DQO (mg/l)	n/a	-	210	-	n/a	-	200	-
DBO (mg/l)	n/a	-	6	-	n/a	-	n/a	-
N <sub>tot</sub> (mg/l)	< LD	-	< LD	-	< LD	-	1,2	-
N <sub>amon</sub> (mg/l)	n/a	-	n/a	-	n/a	-	0,33	-
P <sub>tot</sub> (mg/l)	0,5	-	0,1	-	0,2	-	0,3	-
HTP (ppm)	n/a	-	n/a	-	< 5	< 50	< 5	-
BTEX (ppm)					< 0,01	< 0,1	n/a	n/a
PAHs (ppm)					< 0,01	< 0,1	< 0,01	n/a
Cadmio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,101	0,16	0,061	0,11	0,092	0,063	0,052	0,1
Níquel en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	1,49	16,7	3,18	1	9,1	13,4	0,82	14,6
Zinc en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	4,10	71,5	5,35	2,8	10,8	60,2	3,5	67,3
Plomo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,18	7,6	0,99	0,9	2,76	8,4	0,41	6,1
Cobre en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	4,9	21,4	2,3	0,9	5,2	25	10,6	19,4
Cromo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,56	34	0,85	1,1	2,22	21,6	0,24	28
Mercurio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	< LD	0,005	< LD	0,082	< LD	0,022	< LD	0,009

Bacteriológico							
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml o g peso seco)	6100	44	4200	< 10	1200	78	100
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml o g peso seco)	<b>10800</b>	313	<b>3100</b>	< 10	<b>900</b>	59	<b>400</b>
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	21600	-	10500	-	6700	-	500
Heterótrofas marinas (UFC/ml)	137000	-	512000	-	275000	-	2400

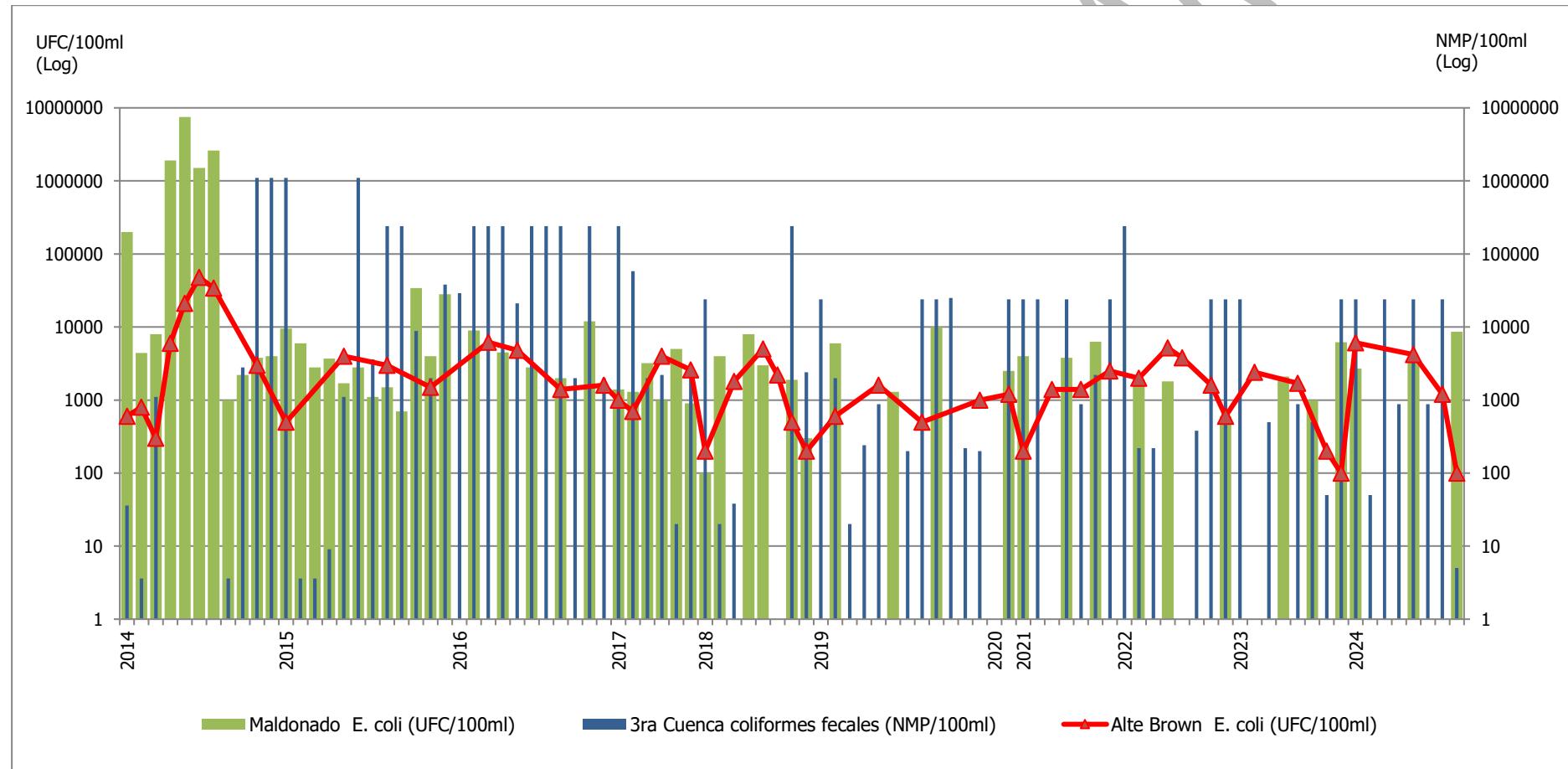
n/a: no analizado

LD: Límite de detección

**Gráfico 1:** Histórico de indicadores bacterianos en Almirante Brown.



**Gráfico 2:** 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 2024.

1ra Cuenca	2024				Límite Ley 11820
	27-mar	23-jul	29-oct	25-nov	
<b>Fisicoquímico</b>					
pH (upH)	8,1	8,4	8,2	8,1	6,5 - 10,0
Temperatura (°C)	23,7	16,6	21,6	23,6	≤ 45
Conductividad (mS/cm)	1,2	1,85	1,82	1,78	NE
Turbidez (NTU)	338	73	77	9	NE
TDS (g/l)	n/a	n/a	1,16	1,15	NE
SS10 <sup>1</sup> (ml/l)	<b>3</b>	<b>1</b>	< LD	< LD	ausente
SS120 <sup>1</sup> (ml/l)	<b>3,5</b>	<b>1</b>	< LD	0,1	≤ 0,1
Cloro residual (mg/l)	n/a	n/a	n/a	n/a	NE
DQO (mg/l)	<b>275</b>	122	230	76	≤ 250
DBO (mg/l)	<b>97</b>	<b>60</b>	<b>82</b>	16	≤ 50
N amoniacal (mg/l)	n/a	<b>19,9</b>	<b>27,3</b>	<b>26,8</b>	≤ 3
N <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>25,8</b>	<b>28,4</b>	<b>28,9</b>	<b>30,4</b>	≤ 10 *
P <sub>tot</sub> (mg/l)	<b>4,6</b>	<b>2,8</b>	<b>4,1</b>	<b>3,2</b>	≤ 1,0 *
HTP (mg/l)	0,7	n/a	n/a	< LD	≤ 30
Cadmio (mg/l)	< LD	0,0001	0,0001	0,0001	≤ 0,1
Níquel (mg/l)	0,008	0,003	0,002	0,002	≤ 2,0
Zinc (mg/l)	0,210	0,095	0,039	0,050	≤ 2,0
Plomo (mg/l)	0,088	0,002	0,003	0,003	≤ 0,1
Cobre (mg/l)	0,004	0,0001	0,0024	0,0073	≤ 1,0
Cromo (mg/l)	0,002	0,0001	0,0003	0,0002	≤ 2,0
Mercurio (mg/l)	< LD	0,0003	< LD	< LD	≤ 0,005
<b>Bacteriológico</b>					
Enterococcus spp. (UFC/100ml)	1182400	1072000	1009600	84200	NE
Coliformes fecales (NMP/100ml)	<b>&gt;240000</b>	<b>&gt;240000</b>	<b>&gt;240000</b>	<b>240000</b>	≤ 5000

n/a: no analizado

NE: no especificado

LD: Límite de detección